UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

LA ETAPA INTRA-DE LA CIRCADIOLOGÍA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)

PRESENTA

JOSÉ ASCENCIÓN VICCON PALE

Directora: Dra. BEATRIZ FUENTES PARDO

La belleza del cosmos no procede
sólo de la unidad en la variedad,
sino también de la variedad en la
unidad

Umberto Eco (1980)

Con todo mi cariño:

A mi madre Ernestina Pale de Viccon

A mi padre José Viccon Castillo

A Martha Signoret Poillon

En convergencia con el marco epistémico que enmarcó la indagación que dio lugar a esta fluctuación, que espero se amplifique hasta convertirse en una estructura disipativa, tengo el grato deber de ofrecer toda mi gratitud a todos aquellos amigos, compañeras, compinches, condiscípulos, familiares y profesores, que de una forma u otra, proporcionaron las condiciones del contorno para asistir su advenimiento. En particular:

A la Dra. Beatriz Fuentes Pardo, por su paciencia y por haber dirigido mi formación desde la tesis de licenciatura hasta la presente.

A la Dra. María Luisa Fanjul Peña, al Dr. Miguel Angel Campos Hernández, al Dr. Augusto Fernández Guardiola, al Dr. Jesús Gerardo Hernández Falcón, al Dr. Sergio F. Martínez Muñoz y al Dr, Juan José Saldaña González, por su preciada crítica al documento.

A Celia Bulit y Martha Signoret por las traducciones del alemán y del francés.

A Isabel Jaidar Matalobos por su patrocinio a la amplificación de las fluctuaciones subjetivas que hicieron posible esta realización.

A María Angélica Alucema Molina, quién me regaló el primer libro de Jean Piaget que leí.

Al Dr. Avedis Aznavurian Apajian, por haberme invitado a los ámbitos de la Etología, de la UAM-X y de la Epistemología genética.

Al Quím. Jaime Kravzov Jinich, Rector de la UAM -X, por el apoyo para la reproducción del documento.

A la familia Rondero López-Díaz, en especial la Sra. Carolina Rondero López-Díaz y la Sra. Soledad López-Díaz de Rondero (Q.P.D.), por el cariño y el apoyo, que siempre me ha brindado.

A la familia Signoret Poillon por los ratos que me brindó durante los años que ha durado esta construcción.

A los miembros de los grupos del Laboratorio de Cronobiología, Fac. de Medicina, UNAM y el Area Departamental Estructura y Funcionamiento de los Recursos Naturales Renovables, D. H. A., UAM-X, por todo lo que hemos compartido.

Al personal de la Sección de Información y Documentación de la UAM-X por el apoyo brindado en el acopio de la literatura consultada.

A el PRONAES-SEP (C86-01-0254) y la DGICSA-SEP (C90-01-0280) por su apoyo financiero para el proyecto: La dinámica temporal de la actividad motora del acocil *Procambarus* spp.

La esfera, móvil en el extremo de un largo hilo
sujeto de la bóveda del coro,
describía sus amplias oscilaciones
con isócrona majestad

U. Eco (1989)

I N D I C E

LA INTRODUCCION A LA TESIS

Al surgir la década de los ochentas, dos sucesos se enlazaron e hicieron necesario empezar el labrado de la investigación, cuyos resultados se postularán como tesis en un momento más. Por un lado, se emprendió la composición del marco teórico del proyecto 'La dinámica temporal de la actividad motora del acocil *Procambarus* spp.' que se desarrolla en la UAM-X y por otro, salió de la imprenta el libro 'Psicogénesis e historia de la Ciencia' escrito por Jean Piaget y Rolando García (1982).

Como los antecedentes, tanto directos, como indirectos, del citado proyecto acotaban que la actividad motriz del acocil muestra un ritmo circadiano (v. el capítulo I), hubo que estudiar algunas obras clásicas de la Circadiología. Por supuesto, varias de ellas, ya contenían propuestas de modelos construidos en torno a los ritmos circadianos[1].

En su libro, Piaget y García (1982) proponen que la génesis del Algebra, la Geometría y la Física, consiste en el paso de un estadio intra- a uno inter- y de allí a uno trans-[2].

---

[1] Colin S. Pittendrigh, 1954, 1960, 1966 y 1981; Pittendrigh y Victor G. Bruce, 1957 y 1959; Pittendrigh y col 1958; Ernest Naylor, 1960; Charles F. Ehret y T. Trucco, 1967; Arthur T. Winfree, 1967, 1970a, 1970b 1971, 1972, 1974, 1975a y 1975b; Theodosios Pavlidis y Walter Kauzmann, 1969; J. Woodland Hastings, 1970; Pavlidis, 1971, 1973, 1978a, y 1978b; A. Johnsson y H. G. Karlsson, 1972; John D. Palmer, 1973; D. Njus y col. 1974; D. S. Saunders, 1974; Beatrice M. Sweeney, 1974b y 1976a; J. T. Enright, 1975; Heinrich Kaiser y Ulrich Lehmann, 1975; Beatriz Fuentes Pardo, 1976; Pittendrigh y Serge Daan, 1976e; E. L. Peterson, 1980; Peterson y Saunders, 1980.

[2] "El intra- conduce al descubrimiento de un conjunto de propiedades en los objetos o en los eventos, pero sin que haya otras explicaciones que no sean locales y particulares. Las

La articulación de este trabajo con la literatura sobre los ritmos circadianos permitió observar que:

1) En las propuestas de los modelos sobre los ritmos circadianos que estaban en progreso, se incorporan relaciones trans- operatorias tanto del sujeto como de los objetos, se labran operaciones sobre operaciones, se forman estructuras sintéticas en las que las partes son relaciones, aspectos que Piaget y García (1982) situaron en el nivel trans- de la sociogénesis de los conocimientos que revisaron.

2) Como ya se procesaban operaciones sobre operaciones y estructuras sintéticas, debieron haber existido previamente operaciones sobre las que se podía maniobrar y componentes que articular en una síntesis. Lo que fue rebasado debería estar de alguna u otra forma incrustado en el rebasante (Piaget y García, 1982). Con antelación, en una etapa inter- de la Circadiología se tendrían que haber estudiado las relaciones y transformaciones (ib.) de las propiedades de los ritmos circadianos.

2.a) Una vez que se había comprendido la operación inicial (que Piaget y García denominan 'operación de base' -1982: 165), se debió haber dado la posibilidad de "deducir de ella las operaciones que [estaban][3] implicadas, o coordinarla con otras

---

'razones' que se pueden establecer no pueden encontrarse sino en las relaciones inter-objetales, lo que equivale a decir que deben encontrarse en las transformaciones que son, por su propia naturaleza, características del segundo nivel: **inter-**. Estas transformaciones, una vez descubiertas, demandan el establecimiento de vínculos entre ellas, lo que nos lleva a la construcción de las estructuras características del **trans-**. [Piaget y García, 1982: 251]". En tanto que cada uno de estos estadios es necesario para la sucesión, ya que "cada uno es, pues, resultado necesariamente del anterior -salvo el primero, y prepara el siguiente -salvo el último [Piaget, 1969: 17]", se está ante un carácter secuencial de los mismos.

[3] Con estos paréntesis cuadrados se señalarán las interpolaciones hechas por el autor de la tesis dentro de las citas textuales.

más o menos similares, hasta la constitución de sistemas que [involucraran] ciertas transformaciones [Piaget y García, 1982: 165]". Dentro de la trama del conocimiento tocante a los ritmos circadianos, uno de los sistemas que involucran algunas modificaciones a la estructura caracterizada por la operación de base fue el de la 'curva de respuesta de fase'. En ella se enlazan la propiedad que tienen los ritmos circadianos de ser sincronizados con las características (momento en el que se aplican, formas en que se suministran, intensidad, duración, etc.) de sus sincronizadores (cambios en la iluminación o en la temperatura)[4].

2.b) Otra de las relaciones de los ritmos circadianos, que se puede situar hipotéticamente como inter- objetal, es la que se postuló que mantienen con la temperatura[5].

2.c) En la composición de la Circadiología también se sintió la presencia del paradigma mendeliano. Es evidente que las cuestiones planteadas respecto a la heredabilidad de los ritmos circadianos no han tenido una respuesta contundente, pero en una

---

[4] De entre los trabajos en los que se percibe cuál fue el camino por el que creció la curva de respuesta de fase destacan los de Erwin Bünning, 1935, 1958 y 1959; Hans Kalmus, 1938 y 1940; Robert Bünsow, 1953; Jürgen Aschoff, 1954b, 1965a y 1965b; Pittendrigh, 1954 y 1965; Kenneth S. Rawson, 1956; Bünning y Masashi Tazawa, 1957; Pittendrigh y Bruce, 1957 y 1959; G. C. Stephens, 1957; Bruce y Pittendrigh, 1958; J. E. Burchard, 1958; Hastings y Sweeney, 1958 y 1960; Patricia J. DeCoursey 1959, 1960 y 1964; Ehret, 1959; Bruce, 1960; Ilse Moser, 1962; Malcolm B. Wilkins, 1962; Rose Zimmer, 1962; Sweeney, 1963; Pittendrigh y Dorothea H. Minis, 1964; J. T. Enright, 1965; Shepherd K. Roberts, 1965.

[5] Las principales reseñas de la historia de este canal que se puede denominar 'Los ritmos circadianos y la temperatura', son las de O. Wahl, 1932; Bünning, 1935; Kalmus, 1935, 1940a y 1940b; F, J. Ryan, 1941; Frank A. Brown Jr. y H. Marguerite Webb, 1948; Pittendrigh, 1954; Pittendrigh y Bruce, 1957; Brown 1958, 1959 y 1960; H. R. Highkin, 1960; Rawson, 1960; Berthold Schwemmle, 1960; Sweeney y Hastings, 1960; F. W. Went, 1960 y Wilkins, 1964.

etapa que acaso tenga la calidad inter- se debería haber avanzado mucho en este rubro[6].

2.d) En el estudio de los ritmos circadianos hay una creoda cognoscitiva[7] que es la búsqueda del lugar donde se genera la

---

[6] Cf. Aschoff, 1954; Pittendrigh, 1954; Klaus Hoffmann, 1957; Pittendrigh y Bruce 1957 y Bünning 1958.

[7] Con este vocablo se designará a las líneas de desarrollo del conocimiento que canalizan hacia una estructura global, hacia un sistema formado por un gran número de entidades. Estas sendas poseen un doble imperativo: el de la flexibilidad y el de la certeza. Por más que haya pequeñas inhomogeneidades en el entorno inicial o en el posterior, su efecto será el de canalizar la evolución hacia estructuras con un estado equifinal (Prigogine y Stengers, 1983 y Bertalanffy, von (1945-1950 y 1955-1956). Lo primero que hay que acotar es que las creodas son una forma de aquellas regulaciones que intervienen en la progresión hacia un estado que aún no se ha alcanzado, la cual corresponde en palabras de la Biología a la homeorresis.

C. H. Waddington introdujo esta idea de los 'creodos' en conexión con problemas en embriología y de él la retomaron Piaget y Prigogine para llevarla a las provincias de sus intereses. Al parecer de Waddington una creoda describe un derrotero en el que lo "que está siendo mantenido constante no es un parámetro aislado, sino un modo de cambio a lo largo del tiempo, es decir, una trayectoria. La situación queda descrita, más propiamente por esta razón, como una 'homeorhesis': cambio estabilizado, más bien que estado estabilizado [Waddington 1968: 30-31]". Para Piaget (1969) "la creoda y su homeorresis suponen un aspecto espacio-temporal y no exclusivamente espacial. La diferenciación de las creodas está regulada tanto en el tiempo como en el espacio, y las diversas rutas, así como las autocorrecciones que aseguran su equilibrio homeorrésico, están sometidas a un control temporal (...), del que diríamos de buen grado que es una regulación de las velocidades de asimilación y de organización [págs. 1969: 19-20]". Por su parte, Prigogine ha mencionado los creodos de Waddington y los ha "comparado a lo que sucede en las 'bifurcaciones asistidas' [Prigogine y Stengers, 1983: 183]". Pero los separa de las 'trayectorias' del lenguaje de la dinámica en donde "el sistema evoluciona sobre una trayectoria dada de una vez por todas, y guarda eterno recuerdo de su punto de partida (ya que las condiciones iniciales determinan de una vez por todas la trayectoria) [op. cit.: 127]". En otros lados, los sistemas olvidan sus condiciones iniciales, sólo cuenta la 'cuenca de atracción', en la que "todos los sistemas que tienen un estado perteneciente a esta cuenca se dirigen hacia el mismo estado final, caracterizado por el mismo comportamiento, el mismo conjunto de propiedades [ib.]. De ahí que no resulte

capacidad de oscilación de los organismos. Este cauce se puede designar como 'tras el reloj central'. Desde la Epistemología genética (Piaget y García, 1982) es posible considerar esta ruta como aquella en la que se buscaron las relaciones de los ritmos circadianos con el espacio donde deberían estar insertos, que es otra de las operaciones del periodo inter-[8].

3) Los límites entre la era inter- y la trans- en la sociogénesis del conocimiento que atañe a los ritmos circadianos, se sitúan en el lustro 1960-1964.

4) Como pasa con el estadio trans- que es resultado de las posibilidades abiertas por el inter- (Piaget y García, 1982), la etapa inter- del conocimiento de los ritmos circadianos debió resultar de un periodo intra-. Es decir, si la Circadiología ha alcanzado el periodo trans-, ha pasado, en consecuencia, por las eras intra- e inter-.

Sin embargo, debe aclararse que por diversas razones logísticas, el alcance de este trabajo quedo establecido sólo al estudio del nivel intra- de la evolución de la Circadiología. Esto es, el ámbito de la presente tesis lo constituye únicamente

---

contradictorio que para él haya "aparentemente dos mundos en conflicto, un mundo de trayectorias y un mundo de procesos [op. cit.: 202]". Y así, para Wagensberg (1985)" por diferentes pistas, en diversidad de formas y a través de distintas conciencias, el conocimiento se abre paso hacia la complejidad del mundo [p. 19]".

[8] Algunas bases para esto son detectables en las reseñas de Rudolf Bennitt, 1932a; B. Hanström, 1932 y 1937; Kalmus, 1934, 1935 y 1940a; L. H. Kleinholz, 1934, 1935 1936, 1937a, 1977b y 1938; Bünning, 1936; S. P. Carlson, 1936; A. A. Abramowitz, 1937; A. A. Abramowitz y R. K. Abramowitz, 1938; William Schallek, 1942; T. W. Roberts, 1944; Brown y col., 1952, 1953 y 1956; G. Kramer, 1952; Janet E. Harker, 1953, 1954, 1955, 1956 y 1960; J. L. Cloudsley-Thompson, 1956; Miriam F. Bennet y col. 1957; Milton Fingerman y Mildred E. Lowe, 1957; J. Bruce Guyselman, 1957; Dorothy E. Bliss y Patricia Cannon Sprague, 1958a y 1958b; E. Naylor, 1958, 1960, 1961 y 1963; Bliss, 1962; Franklin H. Barnwell, 1963; Palmer, 1963 y 1964; G. W. Green, 1964a y 1964b; B. L. Powell, 1965; Roberts, 1964a; Webb y Brown 1965.

la época que comienza con los primeros registros de los ritmos diarios en los organismos y llega al descubrimiento de la operación de base, con la que, a su vez, se descubren y analizan las propiedades de la propia operación y de los ritmos circadianos.

En el caso particular de la Circadiología, la citada operación de base consiste en colocar bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura a los organismos en los que se manifiestan ritmos diarios. Si estos ritmos se mantienen, se definen como circadianos. De modo que, éstos son observados en oscilación libre.

Como el presente trabajo de tesis trata la primera parte de la historia de nuestro diálogo con los ritmos circadianos desde una perspectiva epistemológica, se hace necesario advertir que, en lo sucesivo, los ritmos circadianos serán vistos como el 'dominio material' de una rama de la Cronobiología que bien se puede denominar Circadiología. Cabe aclarar que con esto para nada se pretende auspiciar la idea de que ésta se haya separado y tenga un objeto muy diferente a los de aquella. Más bien, con ello se procura puntualizar que, en congruencia con el marco epistémico que encuadró las operaciones realizadas y desde la escala seleccionada, al desarrollo del conocimiento que trata de la ritmicidad circadiana se le puede percibir como el desenvolvimiento de una de las creodas de la Cronobiología. En conveniencia, el sistema de conocimientos que se está construyendo alrededor de los ritmos circadianos será apreciado como el 'dominio conceptual' de la Circadiología.

Al tener en cuenta que, como escribiera Piaget: "una introducción es sobre todo una toma de posición en relación a los trabajos de los antecesores de los cuales se es deudor, incluso en aquellos puntos en que uno se aparta de ellos [1977: 21]", se hace esencial insistir en algunos de los legados que este epistemólogo y otros investigadores nos han dejado. Conforme se revisaban los

productos de la Epistemología genética, se descubrían algunos entrelazamientos, hechos explícitos por los mismos investigadores, de ésta con otras perspectivas teóricas. Es por ello que, con el afán de hacer un poco más completo el plano teórico, se decidió incluir ciertas herramientas provenientes de otros puntos de vista. En un momento más se hará un bosquejo de estos instrumentos y en el segundo capítulo se dará razón de ellos en forma más amplia.

En cuanto a la Historia de la ciencia:

Ciertamente, en coincidencia con Thomas S. Kuhn, "a veces parece haber dos clases distintas de historia de la ciencia, que ocasionalmente aparecen bajo la misma envoltura, pero que en rara ocasión se relacionan entre sí fructíferamente [1968: 133-134]". Una, era "la forma predominante, llamada a menudo 'enfoque interno', se ocupa de la sustancia de la ciencia como conocimiento [op. cit.: 134]". La otra, su rival más nuevo que cada vez cobra más auge, frecuentemente se le denomina 'enfoque externo'. Desde el plano epistémico (II) que guió las labores hechas para esta tesis, este enfoque trata del trabajo intelectual dentro de una estructura socio-económica determinada.

Lo óptimo habría sido poder enfrentar la gran tarea que, de acuerdo con Kuhn, es la de "unificar ambos enfoques [ib.]". Sin embargo, esto no es fácil. Este estudio del primer nivel del conocimiento de los ritmos circadianos aborda sobre todo, los factores internos del mismo y algunas de sus interrelaciones con las condiciones de su contorno, aunque todavía sin lograr inscribir su desenvolvimiento dentro de las estructuras económicas en que se sustentaron[9]. Las causas de esta carencia se

---

[9] Como cabe la posibilidad de que esto hará que, como le pasa a Kuhn, se de, sin que se quiera, "la impresión de creer que el desarrollo científico es inmune a las influencias de los medios social, económico, religioso y filosófico en que se desarrolla [1982: 15]", hay que aclarar que, a pesar de que, en esta tesis se manifiesta muy poco de "tales influencias externas, ello no debe interpretarse como negación de que éstas existan [ib.]".

deben a las restricciones de las categorías manejadas y a la escasez de los recursos temporales y materiales.

La mayor parte de las categorías de análisis empleadas en las operaciones desarrolladas en este trabajo se obtuvieron de la Epistemología genética. Como una primera aproximación a este marco teórico se debe decir que "coincide con la concepción de la historia de Kuhn en que no es un proceso continuo sino que va a saltos [García, 1980: 23]". En esto, la Epistemología genética también concuerda con el aparato cognitivo de la Termodinámica generalizada[10].

Una segunda coincidencia entre las teorías de Kuhn, Piaget e Ilya Prigogine se encuentra en la forma de percibir el inicio y el desenvolvimiento de los procesos que son su objeto de conocimiento. Para Kuhn "el descubrimiento comienza con la percepción de una anomalía o sea, con el reconocimiento de que en cierto modo la naturaleza ha violado las expectativas, inducidas por el paradigma, que rige a la ciencia normal [1971a: 93]". Para

---

[10] En ésta se advierte que:
"Comprender una historia no es reducirla a regularidades subyacentes ni a un caos de sucesos arbitrarios; es comprender a la vez coherencias y sucesos: las coherencias en tanto que pueden resistir a los sucesos y condenarlos a la insignificancia o, por el contrario, ser destruidas o transformadas por algunos de ellos; los sucesos en tanto que pueden o no hacer surgir nuevas posibilidades de historia [Prigogine y Stengers, 1990: 54]".

"La historia de la ciencia no es, sin duda, la de un desarrollo lineal de una serie de aproximaciones sucesivas siempre hacia una verdad última. Dicha historia está llena de contradicciones, de cambios de orientación inesperados ... La historia de las ciencias, como toda historia social, es un proceso complejo, en donde coexisten acontecimientos determinados por interacciones locales, y proyectos informados por concepciones globales sobre la labor de la ciencia y la ambición del conocimiento. Es también una historia dramática de ambiciones frustradas, de ideas decepcionadas, de realizaciones desviadas de la significación que debían revestir. [Prigogine y Stengers, 1983: ii y 275]".

Piaget "cuando surge un hecho nuevo, según los casos puede no producir ninguna modificación en el sistema [cognitivo] o por el contrario, constituir una perturbación [1978b: 73]". Y para Prigogine las pequeñas fluctuaciones que no remiten pueden dar lugar a una nueva evolución que cambiará drástica y totalmente el funcionamiento del sistema (Prigogine y Stengers, 1983).

Dentro de los fenómenos epistemológicos, los logros, cuando son el comienzo de una creoda o están cerca de un punto de bifurcación, cumplen con los tres postulados fundamentales de la serendipia que, en congruencia con Ruy Pérez Tamayo, "son: 1) hallazgo accidental, 2) debido a la sagacidad del involucrado, 3) que estaba buscando otra cosa [1975: 157]". Como lo ha escrito Isabelle Stengers: "hoy vamos poco a poco reconociendo cuán esencial es el papel del azar y de la irreversibilidad en cualquier nivel de descripción, desde el de las partículas elementales hasta el de la cosmología [Prigogine y Stengers, 1983: ii]"[11].

En ciertos sistemas existe un 'umbral', una distancia crítica respecto al equilibrio, a partir de la cual el sistema se hace inestable y una fluctuación puede eventualmente no remitir, sino aumentar y dar lugar a un proceso de auto-organización que se ha denominado 'estructura disipativa'[12]. De tal suerte que una estructura disipativa es una fluctuación amplificada, gigante,

---

[11] "Los procesos de autoorganización en condiciones muy alejadas del equilibrio corresponden a una influencia recíproca entre azar y necesidad, entre fluctuaciones y leyes deterministas. Esperamos que cerca de un punto de bifurcación las fluctuaciones, elementos al azar, jugarán un papel importante, mientras que entre bifurcaciones se harán importantes los aspectos deterministas. [Prigogine y Stengers, 1983: ii]".

[12] "Cuando, en vez de desaparecer, una fluctuación aumenta dentro de un sistema, más allá del umbral crítico de estabilidad, el sistema experimenta una transformación profunda, adopta un modo de funcionamiento completamente distinto, estructurado en el tiempo y en el espacio, funcionalmente organizado. [Prigogine y Stengers, s. f.: 88]".

que se ha estabilizado por sus interacciones con el medio (Prigogine y Stengers, s. f.).

Así, dentro del campo del conocimiento científico cabe la posibilidad de mirar a los 'obstáculos epistemológicos' de Gaston Bachelard, el 'modelo de sistema abierto' de Ludwig von Bertalanffy, los 'paradigmas' de Kuhn y los 'equilibrios cognoscitivos' de Piaget como 'estructuras disipativas'[13].

En el terreno cognoscitivo, igualmente, "se pueden distinguir, es cierto, creodas más o menos independientes, con sus homeorresis respectivas y formas de equilibrio finales (...) que serían el equivalente cognoscitivo de la homeostasis [Piaget, 1969: 24]".

---

[13] En conveniencia con Piaget (1978b), "excepto en lo que respecta a la existencia de trabajos virtuales, los equilibrios cognitivos son muy diferentes a un equilibrio mecánico ... Son aún más diferentes de un equilibrio termodinámico ... Por el contrario, se acercan más a esos estados estacionarios, pero dinámicos, de los que habla Prigogine, con intercambios capaces de "construir y mantener un orden funcional y estructural en un sistema abierto (Glansdorf et Prigogine, 1971: 271)", y sobre todo están más próximos a los equilibrios biológicos, estáticos -homeostasis- o dinámicos -homeorresis [págs. 5-6]".

Hay por lo menos cinco analogías estrechas entre las 'estructuras disipativas' de Prigogine y lo que Piaget considera como 'equilibraciones' o 'equilibrios cognoscitivos':

"En primer lugar se trata de equilibrios dinámicos que implican intercambios con el exterior y que son distintos de los equilibrios sin intercambio. En segundo lugar, son estos intercambios los que por medio de reglajes internos estabilizan las estructuras. En tercer lugar, la equilibración como tal está caracterizada en ambos casos por una 'auto-organización'. En cuarto lugar, como consecuencia de 'inestabilidades sucesivas', 'los estados que tienen lugar en un instante dado no pueden ser comprendidos sino a partir de su historia pasada -Prigogine, 1975: 312'. Finalmente y sobre todo, la estabilidad de un sistema es función de su complejidad. No hay que asombrarse por consiguiente de que Prigogine, al término del estudio que hemos citado, pueda sostener que su concepción se aplica a un gran número de situaciones 'que comprenden el funcionamiento de las estructuras cognoscitivas en el sentido de Piaget -op. cit.: 316' y que 'al incluir al observador, al hombre en la naturaleza, están en completo acuerdo con la idea de base de la Epistemología genética -ib.' [Piaget y García, 1982: 252]".

También en solidaridad con problemas en embriología. "Cuando una parte de un embrión transmite un estímulo químico que influye sobre otra para dar lugar a una estructura que, de otra manera, no se hubiera producido ... es un inductor u organizador [Arey, 1965: 177]". Por otra parte, "varias influencias pueden afectar adversamente el desarrollo de un embrión (de su fenotipo) ... tales factores causales son llamados agentes teratogénicos [op. cit.: 187]". Se puede dar cuenta de un paralelismo notable entre la función y el funcionamiento de estas partes de los sistemas embriológicos y los de los paradigmas y obstáculos epistemológicos del terreno cognitivo. Kuhn considera a los paradigmas "como realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica [1971a: 13]". Entonces, los obstáculos epistemológicos serán paradigmas[14] que debido a su gran eficacia adaptativa han llegado a establecerse dentro del desarrollo científico, de tal forma que, por su misma inmovilidad se han convertido en "causas de estancamiento y hasta retroceso [Bachelard, 1981: 15]" en alguna creoda de la ciencia.

Una vez que se hizo el acopio del instrumental, se pasó a desglosar la primera duda (cap. III) y a formular una primera hipótesis general: **el conocimiento respecto a los ritmos diarios se debió haber originado desde el paleolítico; su historia hasta la década de 1929-1938 tiene los rasgos de una etapa intra- y además, ésta se puede subdividir en dos épocas.** El sometimiento a prueba de esta proposición proporcionó los elementos para configurar la tesis que ahora se sustenta y que se describe someramente en el capítulo III.

---

[14] Ciertamente, por razones históricas, en 1938, Bachelard no definió su concepto de 'obstáculo epistemológico' en asociación con el de 'paradigma' de Kuhn (1962), como se está haciendo en este lugar.

De tal modo que el propósito de este trabajo fue el de averiguar: a) si es válido afirmar que el desarrollo del conocimiento sobre los ritmos circadianos desde el periodo paleolítico hasta los primeros años de la década de 1930 corresponde a un estadio intra-; b) cuáles fueron los observables[15] más importantes del objeto de conocimiento (O) y del sujeto cognoscente (S) rebasados y rebasantes y cuáles las principales coordinaciones[16] del sujeto

---

[15] De acuerdo a Piaget (1978b), "un observable es lo que la experiencia permite comprobar mediante una lectura inmediata de los hechos presentes por sí mismos, mientras que una coordinación entraña inferencias necesarias y supera de este modo la frontera de los observables. [p. 49]". Además, el mismo Piaget tomó el término a propósito de las interacciones, las que caracterizó como de tipos I y II (op. cit.: 53-71); un observable "es un hecho comprobable. Ahora bien, todo el mundo admite (...) que un hecho supera el dato perceptivo y siempre entraña, desde el mismo momento de su lectura, una conceptualización ya comprometida en la dirección de la interpretación ... Siendo así, no es menos cierto que todo observable entraña, a título de materia o contenido de esta conceptualización, un cierto dato perceptivo (...) y que, ya a este respecto, puede ser bien o mal observado en diferentes grados [op. cit.: 143]". Hay que definir, pues, a los observables "por medio de lo que el sujeto cree comprobar y no simplemente de lo que es comprobable. Lo cual equivale a decir que una comprobación nunca es independiente de los instrumentos de registro (y por tanto de una asimilación) de los que dispone el sujeto y que estos instrumentos no son puramente perceptivos, sino que consisten en esquemas preoperatorios u operatorios aplicados a la percepción actual, los cuales pueden modificar los datos en un sentido de precisión suplementaria o de deformación. Pero como, por otra parte, estos esquemas son los que utilizan las coordinaciones, los mismos observables se encuentran muy a menudo condicionados por anteriores coordinaciones ... distinguiremos los observables comprobados por el sujeto en sus propias acciones -Obs. S- y los observables registrados en el objeto -Obs. O [Piaget, 1978b: 49-50]".

En términos de la Teoría general de sistemas: "la percepción no es una reflexión de 'cosas reales' (...), ni el conocimiento una mera aproximación a la 'verdad' o la 'realidad'. Es una interacción entre conocedor y conocido, dependiente de múltiples factores [Bertalanffy, 1968: xvi-xvii]".

[16] "Una coordinación entraña inferencias necesarias y supera de este modo la frontera de los observables ... Conviene distinguir las coordinaciones entre las acciones, que son preoperaciones u operaciones del sujeto -Coord S, y las coordinaciones entre los

cognoscente (S) y del objeto cognitivo (O) superadas y superadoras, que se podían hallar; c) cómo se constituyó la etapa intra- y en qué consistió el pasaje de ésta al nivel inter; d) cuáles fueron las principales fluctuaciones cognitivas que se podían localizar en dicho periodo intra- y algunas de las cuestiones que atañen a éstas; e) cómo fue el paisaje epigenético de la circadiología; f) qué paradigmas estuvieron presentes en las creodas, cuáles actuaron como factores de crecimiento, cuáles como obstáculos epistemológicos y cuáles quedaron constituidos y g) cómo se entrelazaron los estudios realizados en el campo de los ritmos circadianos con las nociones generales que se describen en el subcapítulo II.15.

Para ilustrar las metas alcanzadas, la narración fue dividida en once capítulos. Estos se denominan de la siguiente forma: I acerca de los ritmos circadianos, II acerca de las categorías del análisis epistemológico, III los problemas planteados y la tesis que se sustenta, IV el método y las técnicas empleadas, V del paleolítico hasta finales del siglo XVII, VI el sueño en las plantas, VII los ritmos de actividad en los insectos, VIII los ritmos de migración vertical y de mareas, IX los ritmos de actividad en los decápodos, X ritmos en la migración de los pigmentos de los animales y XI discusión y conclusiones.

El primer capítulo, acerca de los ritmos circadianos, atañe a algunas definiciones y las características con las que, en estas fechas, se conoce a estos ritmos biológicos.

El capítulo II, acerca de las categorías del análisis epistemológico, se refiere, en forma más amplia, a un intento de

---

objetos en la medida en que se considera que actúan unos sobre otros -Coord. O. En este segundo caso, se trata de operaciones atribuidas a los objetos y, por lo tanto de un modelo causal [Piaget, 1978b: 49 y 51-52]".

reunir en un solo aparato cognitivo las herramientas usadas en la configuración de la tesis. La mayoría de ellas provinieron de la epistemología genética; otras, de la teoría de la estructura de las revoluciones científicas, de la termodinámica generalizada, de la teoría general de los sistemas y de la de los obstáculos epistemológicos; y algunas del materialismo histórico.

III Los problemas planteados y la tesis que se sustenta. Debido a la importancia de su contenido este capítulo se ha dividido en dos subcapítulos. El primero de éstos consiste de una pequeña lista de los problemas que fueron planteados utilizando los instrumentos nombrados en los capítulos que anteceden; lista que corresponde a la de las cuestiones, en torno a las cuales se realizó la investigación cuyos resultados se presentan al lector. En el III.2 se hace la exposición de la tesis en forma resumida.

Como en nuestro diccionario se establece que un método es un "modo de decir o hacer con orden una cosa", en el capítulo del método y las técnicas empleadas (IV), se incluye por una parte, la relación de la "forma o manera" en que se hicieron las maniobras de la presente obra y por otra, el "conjunto de procedimientos y recursos" que sirvieron para hacer aquéllas.

Fundamentalmente, se describen los siete métodos de enfoque aplicados: el de la comparación de las propuestas, las correspondencias funcionales, los isomorfismos estructurales, los modelos abstractos, la epistemología de los niveles de comportamientos, la epistemología de la biología y la interpretación biológica de los tipos de conocimiento (Piaget, 1969). Asimismo, en esta parte, se explican las técnicas usadas en las labores documentales y las deficiencias y obstáculos hallados durante su realización.

En el capítulo V, del paleolítico al siglo XVII, se avanzan algunas ideas muy hipotéticas acerca de cómo el hombre del paleolítico pudo haber enfrentado algunos ritmos diarios, no necesariamente circadianos.

En el inciso dedicado a la Antigüedad clásica se hace alusión al informe que hizo Heródoto acerca de la conducta de los cocodrilos del Nilo y a las relaciones hechas por Andróstenes y por Plinio en torno a los movimientos de las plantas. Estas tres narraciones pueden ser consideradas como las primeras fluctuaciones cognoscitivas en este campo. En este mismo inciso se incorporan algunas características muy generales del marco epistémico labrado por Aristóteles.

En este capítulo también se presenta el paradigma del tiempo y los ciclos, proveniente de otro marco epistémico, el de la antigua China.

Se alude también a la influencia del marco epistémico aristotélico durante la Edad media e igualmente, se menciona en forma breve, los cambios que experimentaron en aquel tiempo, la Anatomía, la Fisiología y la Patología.

Obviamente, a pesar de que tuvo un tratamiento superficial, el mayor espacio de esta sección se dedicó a la historia y algunas cualidades del marco epistémico newtoniano. Esto, debido a que sin este marco no existiría la Circadiología.

Cada uno de los siguientes capítulos se dedica a cada una de las creodas con mayor auge en el nivel intra- de la historia de los ritmos circadianos: el sueño en las plantas, los ritmos de actividad de los insectos, los ritmos de migración vertical y mareas en los organismos acuáticos, los ritmos de actividad de los decápodos y los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales.

En el capítulo seis se considera que, en la era moderna, el hecho nuevo del que se desprendió el sendero congnitivo del sueño en las plantas fue notificado por Jean B. de Mairan Dortous en 1729. Este insigne astrónomo se dió cuenta de que cuando el heliotropo está encerrado en un lugar oscuro, sus ramas y hojas se expanden "durante el día, se repliegan o se aprietan regularmente al anochecer y permanecen así toda la noche [p. 35]".

Este logro se fue amplificando poco a poco. Le siguieron otros. P. ej.: en 1758, Henri L. Duhamel Du Monceau se percató de que los movimientos de la sensitiva no dependen ni de la luz ni del calor; entre 1805 y 1835, Agustín P. de Candolle percibió que en condiciones de oscuridad constante, la sensitiva completaba sus ciclos diarios, no en 24 sino más bien en 22-22.5 horas, que cuando la *Mimosa pudica* estaba iluminada de noche y a oscuras durante el día a medida que los días pasaban, comenzaban a adecuarse a la fase rítmica del nuevo ciclo luminoso (Ward, 1977).

Las condiciones epistemológicas bajo las que se dieron éstos y otros hechos que conforman este camino son referidas en este capítulo. Es posible percatarse de la presencia de las lagunas cognitivas y obstáculos epistemológicos que necesariamente se incrustan en la constitución de las estructuras cognoscitivas, así como de algunos inductores que favorecieron su rebasamiento. Entre éstos destacan las realizaciones de los médicos materialistas alemanes.

Esta canalización llevó al paradigma formado por las hipótesis que formularon Erwin Bünning, Antonia Kleinhoonte y Kurt Stern entre 1929 y 1932.

En el séptimo capítulo se consignan las siete veredas[17] más notables de la vía de los ritmos de actividad en los insectos:

---

[17] Piaget y otros epistemólogos notaron que la organización cognoscitiva: "consiste en una construcción de estructuras operatorias, a partir de la coordinación general de las acciones, y que esta construcción se efectúa gracias a una serie de abstracciones reflexivas (o diferenciaciones) y de reorganizaciones (o integraciones) ... El interés de este pormenor es que nos pone en presencia de vías diferenciadas, cada una de las cuales, sin embargo, es relativamente regular y sigue su propio canal, aunque presenta interacciones variadas con las otras [Piaget, 1969: 78 y 19]". En este caso, a las rutas, relativamente secundarias que forman parte de una trayectoría más conspicua se les designará como veredas. Hay que destacar que éstas presentan no sólo interrelaciones entre ellas, sino también con los otros senderos.

los ritmos de actividad de las mariposas, de las abejas, de las moscas y mosquitos, de las polillas, de los cocuyos y otros escarabajos, y de los chapulines, grillos y langostas.

René A. F. de Reaumur fue el iniciador de las dos primeras veredas. Entre 1734 y 1742 colocó los ritmos de actividad de mariposas y abejas, bajo condiciones de oscilación libre. En lo que respecta a las otras cinco veredas, las primeras notificaciones de los ritmos de actividad de entre los distintos tipos de insectos fueron en sus moradas naturales.

Uno de los hechos epistémicos más nítidos en los ritmos de actividad en las abejas es la sítesis hecha por Ingeborg Beling en 1929.

En las veredas de los ritmos de actividad de las moscas y de los mosquitos, de los cocuyos y otros escarabajos se puede notar que las regulaciones cognitivas se vieron aceleradas por las condiciones del medio externo.

La puesta en oscilación libre del ritmo de actividad de los cocuyos por parte de S. O. Mast en 1912 y de otros escarabajos por Anna L. Hintze en 1925, permitió hacer una comparación entre el trabajo de estos autores y el de De Mairan Dortous en 1729.

En esta ruta los paradigmas más llamativos son los elaborados entre 1929 y 1935 por Beling, por el grupo de Orlando Park y por Frank E. Lutz.

Al sendero de los ritmos de migración vertical y de mareas en los organismos acuáticos está dedicado el capítulo VIII. Por este camino, por primera vez dentro del reino animal, se labra la operación de base de la Circadiología y confluye un grupo de creodas. A pesar de ello, tanto el descubrimiento de las propiedades de esta operación, como el de las cualidades de la periodicidad circadiana en los ritmos de la migración vertical y de mareas, fueron muy tardíos. Es más, hasta ahora siguen siendo un enigma (Huntley, 1983).

Una razón importante para que se haya dado este atraso se debe a que en esta senda surgieron a través de los 'tropismos', las 'causas determinantes' y los 'reflejos', como un obstáculo epistemológico. Otro obstáculo epistemológico fue una situación

del empirismo que se vislumbra en un exceso, tanto del esmero para el perfeccionamiento de las herramientas empleadas en la obtención de datos bajo condiciones naturales, como de la crítica a la información proveniente de los laboratorios. Además, esta situación fue promovida por las propias resistencias de la materia de conocimiento. En otras palabras, hubo dificultades para obtener los datos implicados en los ritmos de las migraciones verticales de cientos de metros en alta mar y para colocar a los organismos en los que se manifiestan estos ritmos bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura durante varios días.

Por otro lado, se puede prestar atención a dos ejemplos en los que se constata la relevancia que tiene la reflexión empírica. Se hicieron algunas deducciones acertadas que estaban implicadas en una 'operación de base' dada por la propia naturaleza y una operación de base incompleta.

La evolución del sendero de los ritmos de actividad de los decápodos se narra en el capítulo IX. Buena parte de este capítulo la ocupa un resumen dedicado a las acciones en las que se prestó atención al sistema nervioso de estos animales. Entre éstas sobresale la sección transversal de la cadena ganglionar, por medio de ella, se arribó a otro ritmo endógeno de mayor frecuencia que la diaria en la actividad de los pleópodos. Con todo y esto, se pueden vislumbrar a las 'condiciones actuales' y a los 'reflejos', como obstáculos epistemológicos. Igualmente, es notable la ausencia de la operación de base, que fue montada muy tardíamente.

El capítulo X está dedicado a la creoda de los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales. Dos son las veredas principales que forman este cauce, la de los ritmos en la migración de los pigmentos de los cromatóforos y la de los ritmos de migración de los pigmentos en los ojos compuestos de los invertebrados. En este capítulo se hace notar el efecto que tuvo sobre el conocimiento de los ritmos circadianos la consolidación del esquema conceptual de la Endocrinología.

En la producción de un solo Maestro, G. H. Parker, se hace evidente el paso del interés por el carácter histológico y la evolución filética de los tallos oculares, a las implicaciones funcionales.

A. Kiesel (1894) fue otro de los investigadores que descubrieron por casualidad la operación de base de la Circadiología. Por otra parte, sin embargo, se hace notar la influencia del determinismo sobre la evolución de esta ruta a través de las maniobras de los discípulos de Parker: E. B. Perkins, Edward C. Day, Rudolf Bennitt y John H. Welsh, cuyas operaciones contribuyeron necesariamente y paso a paso, a la amplificación de la fluctuación cognoscitiva. En las reflexiones empíricas de Welsh (1936), se puede ver el servicio que presta la homeorresis al desenvolvimiento del conocimiento. Con todo y que colocó el ritmo circadiano en la migración de los pigmentos distales de los ojos compuestos bajo oscilación libre y que halló los indicios de un mecanismo cíclico interno que es el responsable de los movimientos de los pigmentos en los ojos de los crustáceos, este autor no descubrió, de esta operación de base, que había hecho un experimento de sincronización a 24 horas.

Sin embargo, no es solamente por esto que, prácticamente, se cierra con los valiosos quehaceres de Welsh la senda de los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales. De la misma manera, son dignas de tomarse en cuenta sus tareas de abstracción y síntesis: con ellas se parte hacia la distinción entre 'ritmo diario' y 'ritmo diurno'; con ellas, en 1938, se reunen 5 tipos de ritmos diurnos. Y finalmente, con los resultados de sus averiguaciones se pasa a la ruta 'tras el reloj central', otro de los senderos de la era inter- de la Circadiología.

En el capítulo XI se incluyen la discusión y las conclusiones. Se revisan las herramientas utilizadas y se da una visión panorámica de las fluctuaciones al azar y determinantes que llevaron a la consolidación de la operación de base de la

Circadiología, la puesta en oscilación libre de los ritmos circadianos, desenvolvimiento dialéctico en el que se descubren las propiedades de la operación misma y de estos ritmos y en el que, obviamente, al poner en interrelación estas características, se llega a la formulación de la hipótesis del origen endógeno de la ritmicidad circadiana, hipótesis que se convierte en paradigma durante el siguiente periodo, la época inter- de la Circadiología.

Moreno, voy a decir.
Sigún mi saber alcanza:
El tiempo sólo es tardanza
De lo que está por venir;
No tuvo nunca principio
Ni jamás acabará

Martín Fierro (1878)

C A P I T U L O I

Acerca de los ritmos circadianos

Como ya se avisó en la introducción, este capítulo y el siguiente son una consecuencia del acopio de las herramientas para la composición de la presente tesis. En tanto que en ésta, el interés está dirigido al estadio intra- del conocimiento sobre los ritmos circadianos, se hace referencia a la amplitud de su presencia. De la misma manera, como ellos son ritmos de los valores que toman ciertas funciones biológicas, se han introducido algunas ideas que hacen alusión a la 'función' y al 'funcionamiento', con base en las cuales, se pretende su definición y caracterización.

I.1) De la ubicuidad de los ritmos circadianos

Desde que en 1729, de Mairan Dortous hizo notar que cuando una sensitiva como el heliotropo "está encerrada en un lugar oscuro, se expande también, de manera muy sensible durante el día, se repliega o se aprieta regularmente al anochecer y permanece así toda la noche [p. 35]" se ha encontrado que el fenómeno de ritmicidad biológica, conocida actualmente como circadiana, está presente en innumerables funciones y con excepción de los procariontes, en todos los demás seres vivientes.

I.2) Lo que corresponde a la función y al funcionamiento

El origen de los conceptos 'función' y 'funcionamiento' se remonta a la Grecia clásica. En su libro **Categorías**, Aristóteles enlista diez de ellas: "la sustancia, la magnitud (cantidad), qué clase de cosa es (cualidad), con qué se relaciona (relación), dónde está (lugar), cuándo (tiempo), en qué actitud está (posición o situación), cuáles son sus circustancias (condición), su actividad (acción), su pasividad (pasión) [s. f.: 44]".

Michael T. Ghiselin (1981) ha traducido a la categoría 'condición' como 'estado' y a la 'pasión' como 'afección', palabras que posiblemente sean más adecuadas. Las categorías, **acción** y **afección** difícilmente están derivadas de las otras. Una acción es lo que la substancia está haciendo, una afección es lo que se le está haciendo a la substancia.

Por su parte Galeno, después de haber aclarado que llama acción (**enérgeia**) al movimiento eficaz y facultad (**dynamis**), a la causa de ese movimiento, con respecto a la demostración científica, menciona (García Ballester, 1972):

> Es preciso basarla en principios tales como que la acción ejercida y sufrida recíprocamente por los cuerpos depende del calor, del frío, de lo seco y de lo húmedo, y que si las venas, las arterias, el hígado, el corazón, el estómago o cualquier otra parte ejercen cualquier acción, no hay más remedio que reconocer que dicha acción existe en el órgano en virtud de una cierta mezcla de las cuatro cualidades. [Galeno (1821-1830): II, 125-126 en García Ballester, 1972].

Con en este último párrafo se puede mirar, un poco, cómo las categorías 'acción' y 'afección' llegaron desde Aristóteles hasta Galeno.

William Harvey (1628), en el proemio de su **Estudio anatómico del movimiento del corazón y de la sangre en los animales**, escribió que "si queremos reflexionar acerca del movimiento, del pulso, de la acción, del uso y de las utilidades del corazón y de las arterias, precisa que en primer lugar repasemos lo que nos han dejado los demás en sus escritos [p. 275]". Uno de sus predecesores de quien más frecuentemente toma nota es, precisamente, Galeno, de quien parece tomar la idea de acción.

Ya en el siglo pasado, según Karl Ludwig (1852), en el tercer paso del **modus operandi** que él proponía para la Fisiología, habría que "intentar entender cualquier actividad como una función de las condiciones originantes [p. 11-13]". Esta tarea era para él "considerada como la suma de las investigaciones fisiológicas [ib.]".

Por otra parte, a las 'acciones de la materia viva', Thomas H. Huxley en 1875, las denominó **funciones** (Coleman 1983).

El sentido preciso con el que utiliza Piaget (1969) el término función en el capítulo IV de su libro **Biología y conocimiento**, es el de "la acción ejercida por el funcionamiento de una subestructura sobre el de una estructura total[18], independientemente de que ésta sea una subestructura que englobe a la primera o sea la estructura de un organismo en su conjunto [p. 130]". Para este autor, "las estructuras pueden ser estáticas o dinámicas, en el caso de estas últimas se puede hablar de la activación o de la actividad de una estructura [p. 129]" y emplea el término 'funcionamiento' para designar esta actividad misma[19].

I.3) Hacia una definición de los ritmos circadianos

De lo previamente anotado respecto a la idea de 'función', un 'ritmo biológico' significará un orden acompasado en la sucesión de los distintos valores que presenta una cierta característica de alguna función de la materia viva o de las diferentes magnitudes de su funcionamiento. De donde se puede definir a los ritmos circadianos "como aquellos ritmos biológicos cuyo periodo en oscilación libre se aproxima al periodo de la rotación de la tierra [Pittendrigh, 1960: 160]".

---

[18] Desde la lógica operatoria, Piaget (1977) llama 'estructura' a "toda relación lógica susceptible de desempeñar alternativa o simultáneamente, el rol de forma y contenido [p. 63]". La relación le permitía a Aristóteles comparar un sujeto con otro (Ghiselin, 1981) Para Piaget (1977) "una relación es aquello que caracteriza un término por intermedio de otro [p. 78]". Como para von Bertalanffy "ahora hemos aprendido que para comprender no se requieren sólo los elementos sino las relaciones entre ellos [1976: xiii]", él define a los sistemas como "conjuntos de elementos en interacción [op. cit.: 38]".

[19] Al parecer de Piaget (1969), "por lo que toca al término 'función', se le emplea frecuentemente en el sentido de un conjunto de estructuras, sin exceptuar su funcionamiento. Es en este sentido corriente cómo, según el uso, hablamos de 'función cognoscitiva' o utilizamos el término de 'función simbólica', etc. En otros casos el término función se toma en un sentido sinónimo casi del de funcionamiento [págs. 129-130]".

Lo que caracteriza a un ritmo circadiano es que, bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura, el mismo patrón de una acción de la materia viva, o de una característica de ésta, se repite de ciclo a ciclo diario (o casi diario). Es decir a intervalos consecutivos de tiempo que duran aproximadamente veinticuatro horas.

Con los vocablos 'oscilación libre' se designa a la operación de base para la definición de los ritmos circadianos. Esta operación consiste en colocar un ritmo biológico diario fuera de la influencia de los cambios de iluminación y temperatura que, de este modo, dejan de inducir en él, retardos o aceleraciones. El ritmo deja de estar encarrilado por estas señales externas. Esto es, el ritmo está en oscilación libre.

La relación entre los valores de la función y tiempo transcurrido permite elaborar la gráfica de una función $y=f(t)$ con el tiempo t como variable independiente y las magnitudes de la acción o los valores de la característica de ésta, como variable dependiente. "El intervalo constante será llamado el periodo y se denotará por l. Cada punto de la curva representa una fase particular del ritmo. Se dice que los puntos que difieren por uno, dos o más periodos, están en la misma fase [Batschelet, 1975: 90]"[20].

De esta definición de una función periódica se puede deducir otra para una función periódica circadiana si se acota: $l \neq 24$ hrs, pero, $30>l>18$ hrs.

---

[20] "Una definición de una función periódica menos intuitiva pero matemáticamente más precisa es la siguiente: sea x cualquier valor para el cual la función $y=f(x)$ está determinada, esto es, sea x un elemento perteneciente al dominio de la función. Sea l un número positivo constante. Supóngase que $x+l$, $x+2l$, $x+3l$, ... también están en el dominio. Los valores de y en estos puntos del eje x están dados por $f(x)$, $f(x+l)$, $f(x+2l)$, etc. Entonces la función $y=f(x)$ es llamada periódica con el periodo l si

$$f(x)=f(x+l)=f(x+2l)=\ldots$$

es válida para todos los valores posibles de x [Batschelet, 1975: 90-91]".

I.4) La función adaptativa de los ritmos circadianos

Claude Bernard, en su célebre diagnosis del sistema biológico consideró a éste como un "sistema que deslinda dentro del medio cósmico un medio interior ... y ... que tiende a darse a sí mismo las condiciones de su funcionamiento, condiciones que por otra parte son óptimas para él [Meyer, 1979: 15-16]". Ya sea como resultado de su propia actividad o como consecuencia de cambios en el medio provocados por otros agentes, este sistema se encuentra en constante estabilización[21].

Mientras el organismo está vivo, la estabilidad se logra mediante múltiples procesos de regulación. Según Ruyer, estos procesos adquieren antes que nada su forma dentro de los límites bastante estrechos de los recursos de un 'circuito interno' los que, cuando faltan, hacen necesario que el organismo pase al 'circuito externo' (Meyer, 1979).

---

[21] Cuanto más complejo es el organismo, tanto más finos, numerosos y variados son los elementos que participan en esta estabilización constante. "Concurren a tal fin los analizadores y las conexiones temporales y permanentes que establecen relaciones exactas entre los más minúsculos elementos del mundo exterior y las más sutiles reacciones del organismo ... De este modo, toda la vida, desde los organismos más simples a los más complicados -incluido el humano-, es una larga serie de sistemas de equilibrio, cada vez más complejos, con el mundo exterior [Pávlov, 1909: 140-141]".

Un modelo[22] que ha resultado ser un instrumento de mucha utilidad en la construcción de esquemas que permiten la asimilación de los procesos de regulación en su dimensión diacrónica, p. ej., el desarrollo de una disciplina científica, tal y como se podrá apreciar más adelante, es el de la equifinalidad[23]. En la otra mano, el modelo más usado para la dimensión sincrónica es el de la retroalimentación[24].

Philips (1976) ha propuesto que son tres modos con los que teóricamente se puede llevar a cabo el mantenimiento homeostático. Dentro de éstos, existe uno que se relaciona más directamente con la función y el funcionamiento de los ritmos circadianos y es aquel que se presenta cuando "el cambio ambiental se puede predecir y un sistema de tiempo cronometrado puede dar una respuesta interna periódica a la fluctuación conocida [p. 6]"[25].

---

[22] En esta obra, mientras no se aclare lo contrario, se considerará que, como lo hace Umberto Eco (1985), aunque un modelo "está elaborado siguiendo las pisadas de numerosos análisis concretos [es] una abstracción que, como tal, no existe en ninguna parte bajo forma concreta ... Se trata de una categoría explicativa elaborada para ejemplificar ... no indica tanto cómo se **resuelven** los problemas ... como su manera de **plantearlos** ... No se hace referencia a un modelo a no ser en la medida en que pueda ser maniobrado: es un procedimiento artesanal y operatorio. Se elabora un modelo para indicar una **forma común** a diversos fenómenos ... Precisamente por que es abstracto, este modelo resulta aplicable a diversos [fenómenos] que en otros planos (...) son exactamente diferentes [págs. 30, 33 y 34]".

[23] "La tendencia a un estado final característico a partir de diferentes estados iniciales y por diferentes caminos, fundada en interacción dinámica en un sistema abierto [Bertalanffy, 1955-1966: 46]".

[24] "El mantenimiento homeostático de un estado característico o la búsqueda de una meta, basada en cadenas causales circulares y en mecanismos que devuelven información acerca de desviaciones con respecto al estado por mantener o la meta por alcanzar. [Bertalanffy, 1955-1966: 46]".

[25] "Es perfectamente correcto ver en estos hechos procesos anticipadores si se comienza por caracterizar causalmente la

Desde este punto de vista, el significado adaptativo de los ritmos circadianos, es el de llevar al organismo a una situación que le permite recibir el cambio casi-periódico del medio en el momento más adecuado para él. Con este procedimiento, el sistema, al anticiparse al cambio, en tanto que lo puede preveer, logra que pierda su valor como estímulo; recibe, en mejores condiciones, las situaciones favorables o evita las acciones nocivas de las perniciosas.

Energéticamente, esta privación del carácter de estímulo de las variaciones casi-periódicas del ambiente resulta en un ahorro. El costo se limita a la construcción de la adaptación. La ganancia es la ausencia de la necesidad de un nuevo trabajo para el retorno al umbral idóneo después de cada respuesta y además, ya no se tiene que elaborar información demasiado compleja para tal reorganización, las respuestas individuales de cada uno de los elementos no serán tan diferentes e inestables[26].

---

anticipación como el resultado de la transferencia o la generalización de informaciones anteriores organizadas en forma de esquemas o de ciclos que se conservan en el curso del proceso (...). Ahora bien, aquí las informaciones anteriores son muy claras y también lo es su organización con autoconservación, puesto que se trata del programa genético conservado por la organización del genoma. También lo son la transferencia y la generalización, puesto que se trata de transmisión hereditaria en el curso de la 'reproducción' o multiplicación del modelo de partida. Así pues, no hay ninguna razón particular para invocar aquí el finalismo, salvo si se piensa en él a propósito de cualquier mecanismo vital [Piaget, 1969: 180]".

[26] "Los marcapasos que conducen estos programas temporales son un subconjunto particular de los osciladores biológicos que están caracterizados por varios rasgos relacionados con su función, misma que se asemeja a la de los relojes. Estos son relojes biológicos porque miden el tiempo de su medio en dos caminos conceptualmente distintos: a) proveyendo una fase apropiada entre el ciclo y el cambio ambiental, en efecto, reconocen el tiempo local y b) asegurando una secuencia temporal estable y apropiada de los eventos sucesivos del programa, ellos, ciertamente miden el lapso del tiempo -sideral [Pittendrigh, 1981: 58-59]".

I.5) Los órdenes de magnitud

Según Bligh y colaboradores (1976) los procesos adaptativos ocurren en tres escalas de tiempo[27]. La segunda escala concierne a las adaptaciones periódicas de los sistemas, desde células hasta ecosistemas, a los cambios ambientales regulares (cíclicos) impuestos por los movimientos del sistema solar[28]. En algunos casos la magnitud de estas respuestas es la que va variando en periodos que, como se mencionó en el I.3, para el caso de los ritmos circadianos en oscilación libre, tienen una duración cercana a las 24 horas. Es decir, los ritmos circadianos caen dentro del ciclo nycthemeral, la tercera subivisión de la segunda escala; representan las variaciones en la magnitud de respuestas que pertenecen a la tercera escala y es casi seguro que esta adaptación emergió dentro de la primera escala temporal, la de los 3×10^9 años. Por otra parte, dichas variaciones en la magnitud de las respuestas pueden ser muy evidentes o sólo ser detectables por medio de aparatos especiales (Fernández Guardiola, 1983).

I.6) Otras características de los ritmos circadianos

Los ritmos circadianos son innatos y endógenos en los sistemas vivos y usualmente (si no es que siempre) oscilaciones autosostenidas. Pueden ser sincronizados

---

[27] "La primera de estas es aquella de la adaptación de la vida en un lapso de 3×10^9 años a los diferentes ambientes de la corteza terrrestre. Esta es la escala de tiempo de la adaptación genotípica ...

El tercer tipo de escala temporal es uno muy corto y cubre las respuestas rápidas a cambios en el medio inmediato de un organismo [Bligh et al., 1976 6]".

[28] "Esta escala de tiempo tiene tres subdivisiones: los ciclos anuales estacionales gobernados por el movimiento de la tierra alrededor del sol; el ciclo mensual dirigido por el movimiento de la luna alrededor de la tierra y el ciclo nycthemeral (o de 24 horas) guiado por el movimiento de la tierra sobre su eje [Bligh et al. 1976: 6]".

por medio de una clase restringida de cambios periódicos del medio. Y como ha sido probado hasta ahora, sorpresivamente, no responden a las perturbaciones químicas.

El periodo de estos ritmos en oscilación libre: es dependiente de la intensidad luminosa; se caracteriza por variaciones notablemente pequeñas para una secuencia de ciclos en oscilación libre, es decir, el sistema subyacente despliega una precisión admirable, no es una característica fija del organismo individual, por el contrario, está abierto a la espontaneidad y a la inducción de cambios dentro de una cierta gama de valores. Esta gama de los valores posibles para el periodo del ritmo en oscilación libre difiere claramente entre algunas especies. Y como este periodo depende muy poco de la temperatura, es conveniente enfatizar esta casi-independencia de la temperatura.

La fase de un ritmo en oscilación libre puede ser modificada mediante una simple perturbación en los regímenes de iluminación o temperatura. Los transitorios [que aparecen en esta acción] siempre van a ser inmediatos predecesores de un nuevo estado estable.

El ritmo en oscilación libre puede presentar efectos posteriores causados por el régimen que inmediatamente precede al estado estable bajo estudio en oscilación libre. [Pittendrigh, 1960: 160-161].

C A P I T U L O I I

Acerca de las categorías del análisis epistemológico

Este capítulo se refiere a los conceptos que fueron empleados como medios de producción en el desarrollo de la presente tesis. Debido a que estos instrumentos no son originales se conservan algunos párrafos en los que se transcriben citas textuales.

Como en esta parte, con estas citas textuales sólo se pretende que el lector tenga la posibilidad de constatar directamente el contenido de los textos que contienen algunas de las categorías de análisis que serán empleadas y que pueda darse cuenta de que este conjunto de ideas, que quizá no están expresadas en los mismos vocablos y planteadas en distintos contextos, responden a problemáticas comunes, no se estimó necesario guardar el debido respeto, que merecen éstos.

También es necesario destacar que no se trató de hacer una revisión del desenvolvimiento de la Epistemología; apenas se procuró el acopio de las herramientas necesarias para ubicar la primera etapa en el desarrollo de la Circadiología, es decir, la primera época de una pequeña rama de la Cronobiología, la cual es a su vez una rama de la Biología. Se detallan algunas de los instrumentos conceptuales que fueron utilizadas y con ello probados, en las maniobras realizadas. En su mayoría, éstos provienen de una tradición epistemológica que aprovecha el método histórico-crítico y se apoya sobre el psicogenético. Una tradición que considera "que la epistemología 'debe permanecer como ciencia abierta' [Inhelder, 1982]" y que está convencida de que una epistemología científica debe ser comunicable independientemente de las tradiciones de escuela. Además, los autores de los párrafos transcritos, son figuras a las que, de

acuerdo con lo que expresa Guillermo Díaz-Plaja (1991), se les puede atribuir "una cotización que podríamos llamar intemporal ... sus realizaciones mantienen una vigencia sin desmayo y cada generación -...- fabrica a su modo un contorno nuevo, tiene una manera de descubrir y de interpretar aquella permanencia [p. IX]".

De acuerdo con el plano epistémico en el que se realizó este trabajo, "la significación de un objeto 'es lo que podemos hacer con él' [y] en cuanto a las acciones mismas, su significación se define 'por lo que se logra con ellas' [Piaget y García, 1989: 148]". Debido a ello fue necesario orientar las preocupaciones hacia lo que se podía hacer y el producto de este quehacer, con los instrumentos intelectuales que a continuación serán brevemente enunciados.

Por último, hay que hacer notar que algunas de las herramientas de la lista (p. ej. los medios de producción intelectual y la ideología) fueron empleadas, más que en la constitución de los hechos epistémicos que se advirtieron, como palancas para la comprensión de otras categorías. Es por ello que no debe extrañar su ausencia en el resto de la narración.

II.1) De la termodinámica generalizada a los procesos orgánicos y de acá a los cognoscitivos.

Como en consistencia con el plano espistémico constructivista que proporcionó las herramientas, se estima que la identificación de aquellos procesos que serán catalogados como básicos, depende fundamentalmente del marco teórico y que, a su vez, la forma como se ven el origen, los cambios y las características de los sistemas termodinámicos, orgánicos y cognoscitivos afectan a dicho marco, es que se empieza con esta temática.

Tal y como se ha hecho ver en la termodinámica generalizada, "tanto el azar como la necesidad juegan un papel esencial en los procesos de autoorganización [Prigogine y Stengers, 1983: 166]". Dentro de esta corriente se considera "a las estructuras

disipativas como fluctuaciones[29] gigantes mantenidas con flujos[30] de materia y de energía [ib.]" En el caso de las estructuras cognoscitivas, el mantenimiento se logra mediante los flujos de información. Las estructuras disipativas que ciertamente son el resultado de fluctuaciones, una vez formadas pueden ser estables frente a una amplia gama de perturbaciones (II.6). Prigogine y Stengers (1983) intuyen que "cerca de las bifurcaciones[31] las fluctuaciones deben ser 'más grandes' de lo que son usualmente [págs. 166-167]". En este caso, el sistema puede 'escoger' entre varias posibilidades. De aquí que "la presencia de fluctuaciones 'anormalmente grandes' caracteriza los puntos de cambio [II.8], incluso en la tecnología o en la historia de la humanidad [págs. 166-167]"[32].

---

[29] Anteriormente y en lo que sigue, una fluctuación será el alejamiento de un estado que, por tiempos y distancias muy pequeños suele presentar un sistema. De otra forma, mientras aquella no se amplifique, éste "no dejará de fluctuar alrededor del estado atractor [Prigogine y Stengers, 1983: 130]".

[30] "Las velocidades de los procesos irreversibles reciben también la denominación de flujos y se simbolizan con la letra J ... La termodinámica de los procesos irreversibles introduce una segunda clase de magnitud: simultáneamente a las velocidades, o flujos J, también utiliza 'las fuerzas generalizadas' X, 'causantes de los flujos' [Prigogine y Stengers, 1983: 183]".

[31] "En el punto de bifurcación aparecen dos nuevas soluciones simétricas estables ... Tenemos aquí la 'elección' entre dos posibilidades ... estamos ante acontecimientos al azar similares al lanzamiento de un dado ... Sale a relucir aquí una cuestión interesante: en el mundo que nos rodea parecen romperse las simetrías básicas [Prigogine y Stengers, 1983: 138 y 159]".

[32] "El problema de la estabilidad y de las fluctuaciones está muy relacionado con la aparición de novedades, de innovaciones. La estabilidad de un sistema viene puesta a prueba no solamente por fluctuaciones de magnitudes ya presentes sino también de magnitudes (...) que no habían existido antes ... Ningún sistema es estable respecto a todas las posibles perturbaciones. No habrá ningún final para la historia.

En condiciones muy alejadas del equilibrio [los] mecanismos selectivos tienen una presión de un orden de magnitud diferente

Por su lado, aun y cuando en conveniencia con esta caracterización general del progreso de la materia, Piaget confirmó que "**Los procesos cognoscitivos se nos manifiestan ... simultáneamente como la resultante de la autorregulación orgánica** [I.4], **cuyos mecanismos esenciales reflejan, y como los órganos más diferenciados de esta regulación en el seno de las interacciones con el exterior**, de manera que terminan, con el hombre, por extender éstas al universo entero [1969: 26]".

Se está sugiriendo que, como lo ha concretado Gordon Childe (1954): "la prehistoria es una continuación de la historia natural, y [que] existe una analogía entre la evolución orgánica y el progreso de la cultura [p. 26]".

"La Revolución Neolítica ocupó miles de años. La revolución científica sólo empezó hace tres siglos [y] proporciona un ejemplo único de una bien documentada sucesión de acontecimientos con esta mezcla específica de 'azar' y 'necesidad' que probablemente caracteriza cada uno de los aspectos de la historia [Prigogine y Stengers, 1983: 17]".

Se desprende de aquí, entre otras cosas, que además de existir una cierta continuidad, debida al origen, entre los grupos de procesos inorgánicos, orgánicos (filogenéticos y ontogenéticos) y cognoscitivos (los de la psicogénesis del conocimiento y los de la sociogénesis de la ciencia[33], entre

---

[a la de] cerca del equilibrio. Expresándolo en términos algo antropomórficos: muy lejos del equilibrio la materia empieza a 'percibir' su entorno, a distinguir entre pequeñas diferencias que serían insignificantes en el equilibrio. La razón es bien simple: en el equilibrio o cerca de él sólo tenemos una estructura que puede alterarse cuando cambiamos su entorno; las fluctuaciones muy alejadas del equilibrio nos permiten utilizar las diferencias en el entorno para producir estructuras diferentes [Prigogine y Stengers, 1983: 167]".

[33] Por más que, ciertamente, se reconoce la contribución de las condiciones externas e internas en la evolución de los procesos cognoscitivos, a no ser que se especifique lo contrario, abajo, cuando sea empleado el término 'sociogénesis' se designará un dominio de aplicabilidad restringido a los rasgos internos del

otros), también existen semejanzas y otras ligas entre ellos, p. ej., su carácter epigenético[34], sus correspondencias funcionales e isomorfismos[35] estructurales, etc.

Así, es posible encontrar: a) un "paralelismo harto notable en los problemas que plantea la embriogénesis orgánica y esa embriología mental que es el estudio del desarrollo individual de la inteligencia [Piaget, 1969: 14]"; b) identidades evidentes entre los problemas que se plantean en la psicogénesis y en la

---

desenvolvimiento del conocimiento dentro del nivel de la organización social.

[34] Hacia 1947, Waddington introdujo "la palabra 'epigenética', derivada del término aristotélico 'epigénesis' ... para la rama de la Biología que estudia las interacciones causales entre los genes y sus productos, interacciones que dan el ser al fenotipo [Waddington, 1976: 27]". Para Piaget el dominio de aplicabilidad de este concepto es mucho más amplio. Ya que, un desarrollo epigenético "no es una simple mezcla de elementos innatos y adquiridos, sino una organización que busca su equilibrio [1969: 35]". Es con esta última designación que se emplea este vocablo en la presente memoria.

[35] "La noción de isomorfismo o, como dice von Bertalanffy, de 'homolología formal' permite introducir grados de correspondencia, lo cual casi no es inteligible en el campo de las comparaciones funcionales. Hablaremos a este respecto, de 'isomorfismos parciales' ... Los isomorfismos parciales adquieren ... una significación instructiva si se satisfacen las dos condiciones siguientes:

a) Posibilidad de indicar los procesos de transformación que pueden llevarnos de una de las estructuras comparadas a la otra.

b) Posibilidad de hacer que estas transformaciones correspondan a un proceso real y observable, de naturaleza histórica o genética-epigenética, etc. [Piaget, 1969: 54 y 55]"

"Esto es expresable así: si un objeto es un sistema, debe tener ciertas características de los sistemas, sin importar de qué sistema se trate ... La homología de características de sistemas no implica reduccción de un dominio a otro inferior. Pero tampoco se trata de mera metáfora o analogía; es antes bien, una correspondencia formal fundada en la realidad, en la medida en que puede considerarse constituida de 'sistemas' de la índole que sea [Bertalanffy, 1945-1950: 87 y 88]".

sociogénesis del conocimiento; y que, c) los mecanismos[36] de pasaje de un período histórico al siguiente en dicho desarrollo social de la inteligencia, son análogos a los del pasaje de un estadio psicogenético al otro.

> Estos 'mecanismos de pasaje' ... presentan por lo menos dos caracteres comunes a la historia de la ciencia y a la psicogénesis ... El primero ... consiste en que, cada vez que hay un rebasamiento, lo que fue rebasado está de alguna manera integrado en el rebasante (...). El segundo ... que parece también de naturaleza completamente general: es [que] el proceso ... conduce de lo intra-objetal (o análisis de los objetos), a lo inter-objetal (o estudio de las relaciones y transformaciones) y de allí a lo trans-objetal (o construcción de las estructuras). [Piaget y García, 1982. 33].

De estos caracteres comunes en los mecanismos de pasaje resulta que el producto de cada uno de estos estadios de la psicogénesis o de la sociogénesis del conocimiento es completamente distinto al de las otras etapas. Así, aunque existe continuidad[37] en el origen, se presentan discontinuidades cualitativas: en el primero, la construcción es intra-objetal; en el segundo, inter-objetal y en el tercero trans-objetal. Por su lado, Kuhn considera que, en la evolución de la ciencia, los conocimientos nuevos reemplazan a otros conocimientos de tipo

---

[36] "La secuencia de la serie de cambios en la configuración de [los sistemas] que tienen como efecto su reacción [Mast, 1918: 584]"

[37] "Esa continuidad de los mecanismos que regulan el desarrollo cognoscitivo, no excluye las discontinuidades en el proceso, sino que por el contrario las determina ... los únicos factores realmente omnipresentes en los desarrollos cognoscitivos -tanto en la historia de la ciencia como en la psicogénesis- son de naturaleza funcional y no estructural. Dichos factores funcionales están vinculados a la asimilación de lo que es nuevo a las precedentes estructuras, así como a la acomodación de éstas a lo que es nuevo objeto de conocimiento.

Está claro que el pasaje de una estructura a otra constituye una discontinuidad, un salto. Está claro también que dicho pasaje no es predecible, ni está sujeto a normas [Piaget y García, 1982: 242]".

distinto e incompatible (1971a), así como que se puede dar "por sentado que las diferencias entre paradigmas sucesivos son necesarias e irreconciliables [op. cit.: 165]". La forma en que fue atisbada la existencia de un posible contacto entre estas caracterizaciones se comenta en el capítulo XI.

En otras palabras. El pasaje de una etapa cognoscitiva a otra resultará en una obra elaborada con base en los productos de las etapas anteriores. Dicha aportación contiene aquellas contribuciones, de las eras de antaño, pero es diferente a ellas. Está claro que dicho conocimiento es impredecible, pero dotado de propiedades estructurales definidas que, a pesar de que "cuyo cierre garantiza la estabilidad local, esta realización se abre constantemente a nuevos problemas debidos a las operaciones virtuales que sigue siendo posible construir sobre las anteriores [Piaget, 1978b: 181]". Y que, en tanto que es una estructura, es un sistema de relaciones.

La naturaleza funcional de los factores comunes a los procesos enunciados en los párrafos anteriores conduce a proponer la existencia de otra forma de continuidad y de otra característica compartida por ellos: la forma de continuidad es aquella que se basa en el hecho de que estos procesos implican una adaptación del organismo a su ambiente, en todos los casos, esta adaptación involucra un equilibrio[38] entre la asimilación y la acomodación. De otra manera: "tanto la evolución como el cambio cultural, pueden ser considerados como adaptaciones al medio ambiente. Desde luego, el medio ambiente significa el conjunto de la situación en la cual tiene que vivir una criatura [Gordon Childe, 1954: 31]"[39].

---

[38] Aun y cuando es posible que este tipo de 'equilibrio' se confunda con el 'equilibrio termodinámico' que, de la misma forma, es muy mencionado en este escrito, se seguirá utilizando el mismo vocablo en las citas textuales.

[39] "Esta sensibilidad de los estados de no equilibrio, no solamente a las fluctuaciones generadas por su actividad interna sino también a aquellas procedentes de su entorno, nos reafirman

II.2) De la casualidad de la causalidad

Como los entrelazamientos entre el azar y el determinismo dan lugar al origen, a la desestructuración y a la reestructuración de las fluctuaciones amplificadas, habrá que revisar, por más que someramente, como se ha constatado esta interacción en los planos epistémicos que orientaron las actividades llevadas a cabo.

> Aproximadamente hasta 1600, la principal tradición dentro de la física fue aristotélica, y fue predominante el análisis de la causa dentro de esta corriente. Este, sin embargo, continuó en uso mucho tiempo después de que la primera fue descartada y, por consiguiente, merece que al principio se le considere por separado. De acuerdo con Aristóteles, todo cambio, incluido el de comenzar a ser, tiene cuatro causas: material, eficiente, formal y final. [Kuhn, 1971b: 49].

En 1865 apareció la Introduction à l'étude de la médicine expérimentale de Bernard. En ella, a su autor, para quién no había "más que fenómenos con relación a los cuales hay que determinar sus condiciones, es decir, cuáles son las circustancias que juegan el papel de causa próxima con relación a estos fenómenos [1987: 290]". Entre otras cosas, a este experimentador le bastaba con "haber probado que las investigaciones científicas o las ideas experimentales pueden nacer con ocasión de observaciones fortuitas y en cierto modo involuntarias, que se nos presentan espontáneamente u ocasionadas durante una experiencia hecha con otro objeto [op. cit.: 210]". Como esta disyunción del papel del azar en los procesos naturales

---

en la idea de que las estructuras disipativas son en cierto sentido 'traducciones' de los flujos que las alimentan. No es, por lo tanto, extraño descubrir una 'organización adaptativa' de la actividad del sistema como una función de las condiciones de contorno fluctuantes, ya que esto no es sino un aspecto más de su participación en su propio entorno [Prigogine y Stengers, 1983: 172]".

y cognoscitivos será tratada un poco más en el inciso dedicado a la influencia de Bernad sobre la evolución de la Circadiología (VI.14), es preferible pasar a una breve alusión "a la solución teórica que Engels da al problema del fundamento de la determinación 'en última instancia' por la economía [Althusser, s. f.: 96]".

En conveniencia con Althusser, la solución de Engels al problema de la determinación en última instancia de la economía sobre la historia, "hace intervenir un mismo modelo a dos niveles diferentes de análisis [ib.]". El primero, es el de las superestructuras que, "lejos de ser un puro fenómeno de la economía, tienen una eficacia propia [op. cit.: 97-97]". En este nivel: el papel de 'última instancia' de la economía "es un juego mutuo de acciones y reacciones entre [los factores], en el que a través de toda la muchedumbre infinita de casualidades (...), acaba siempre imponiéndose como necesidad el movimiento económico [Engels, 1890: 717-718]"; el movimiento económico, que es la necesidad, su necesidad, se abre paso a través de una infinidad de azares "cuya trabazón interna es tan remota, o tan difícil de probar, que podemos considerarla como inexistente, no hacer caso de ella [ib.]". Esta "'pulverización' de la eficacia de las formas de la superestructura (...) en el infinito de los efectos microscópicos (azares ininteligibles) no corresponde a la concepción marxista de la naturaleza de las superestructuras [Althusser, s. f.: 99]". En el segundo nivel de su análisis, Engels abandona las superestructuras y lleva su modelo a otro ámbito, "que esta vez sí le corresponde: la combinación de las voluntades individuales[40]. [Con esto, responde] al problema a

---

[40] "La historia se hace de tal modo que el resultado final siempre deriva de los conflictos entre muchas voluntades individuales, cada una de las cuales, a su vez, es lo que es por una multitud de condiciones especiales de vida; son, pues, innumerables fuerzas que se entrecruzan las unas con las otras, un grupo infinito de paralelogramos de fuerza, de los que surge una resultante -el acontecimiento histórico-, que, a su vez, puede considerarse producto de una potencia única, que, como un todo,

través de la relación entre los azares y la necesidad, es decir, **fundándolo ... la necesiad se encuentra fundada al nivel de los azares mismos, sobre los azares mismos como su** resultante global: es, por lo tanto, sin duda, **su necesidad** [op. cit.: 99-100]".

Por otra parte y ya en este tiempo, Piaget dice que debemos considerar el concepto de causa en dos sentidos, uno estrecho y otro amplio:

> El concepto estrecho proviene de la noción, egocéntrica al principio, de un agente activo, que empuja o jala, ejerce una fuerza o manifiesta un poder[41] ... El concepto amplio es, a primera vista, muy diferente. Piaget lo describe como la noción general de la explicación. Describir la causa o causas de un acontecimiento es explicar por qué ocurrió. Las causas figuran en las explicaciones que se dan en física, y éstas son por lo general causales ... Para que una explicación causal sea eficaz puede ser condición necesaria una estructura deductiva específica, pero ésta no es una condición suficiente. Al analizar la causación, debe uno preguntarse, pues, acerca de las respuestas particulares que, no tratándose de una causa mayor, le pondrán punto final a una cadena regresiva de preguntas causales. [Kuhn, 1971b: 47-48].

Estas fueron algunas de las definiciones piagetianas de causa con las cuales, quizá, Kuhn (1971b) no estaba completamente de acuerdo, pero se sentía orgulloso de reconocer las huellas indelebles de su influencia sobre él mismo.

---

actúa **sin conciencia** y sin voluntad .... De este modo, hasta aquí toda la historia ha discurrido a modo de un proceso natural y sometida también, sustancialmente, a las mismas leyes dinámicas. Pero del hecho de que las distintas voluntades individuales ... no alcancen lo que desean, sino que se fundan todas en una media total, en una resultante común, no debe inferirse que estas voluntades sean iguales a cero. Por el contrario, todas contribuyen a la resultante y se hallan, por tanto, incluidas en ella [Engels, 1890: 718-719]".

[41] Este concepto "está muy cerca del concepto aristotélico de la causa eficiente, noción que tuvo un papel muy importante en la física técnica durante el siglo XVII, cuando se analizaron los problemas de los choques [Kuhn, 1971b: 47]". 'a

Ahora, habrá que percatarse de cómo la comunidad de la Termodinámica generalizada percibe el punto final de la cadena regresiva de preguntas causales. En consistencia con dicha teoría: "el azar nació, es verdad, del concepto de ignorancia, de la idea de falta de información. En este sentido original, surge una definición que para muchos sigue siendo la única razonable: un fenómeno aleatorio es todo aquél que se resiste a ser descrito por un formalismo, que no permite ser reducido por un proceso algorítmico conocido [Wagensberg, 1985: 22]". Esta es "una definición subjetiva del azar [ib.]". Con la que, por un lado, "los subjetivistas tienen ya su respuesta, el azar es un concepto complementario del conocimiento [ib.]"; y por otro, hay una cierta similitud con la ininteligibilidad de las relaciones íntimas de los azares cuando alcanzan el extremo de lo infinitesimal (Althusser, 1968), que se constata en la elaboración de una parte de la solución engeliana al problema de la determinación en 'última instancia' de la economía sobre la historia.

> Atendiendo a la termodinámica de los procesos irreversibles ... el azar muestra al menos dos aspectos o comportamientos distintos. Existe un azar corrosivo y deshacedor contra el que luchan las leyes termodinámicas de la adaptación; es un azar disciplinado por la componente rutinaria y conservadora de la esencia del cambio. [Este] azar creador representa el aspecto innovador y revolucionario de los sistemas complejos y, muy en particular, de los sistemas vivos. Es un azar necesario como suministrador inagotable de complejidades nuevas. El azar creador (Wagensberg, 1982) es -algunos así lo pretenden- una idea para una nueva cosmología en la que determinismo y azar no sólo son compatibles, sino aliados en la tarea de explicar la naturaleza. [Wagensberg, 1985: 51-52].

Dentro de esta labor, se puede dirigir la atención a un concepto de azar asociado con la ausencia de causa[42]. Uno que es

---

[42] "Ayer (1972) propone una clasificación de causas ... Casos en los que es posible una generalización por inclusión a una teoría más amplia ... Casos en los que el comportamiento de un sistema es explicable en función de su composición o estructura. Por este procedimiento la causa se puede ir desplazando hacia sistemas

para aquellos "casos en los que existe una conexión entre dos estados ordenados en el espacio o en el tiempo [con los que] podemos también componer líneas causales cuyo último suceso llamaremos, una vez más, azaroso ... aquel que ya no contiene información sobre su causa [op. cit.: 55]". Esta es todavía una idea muy vaga, "pero parece claro que, primero, sólo puede abordarse un concepto de azar que sí esté relacionado con la ignorancia (o el conocimiento) y, segundo, que el azar hay que buscarlo siempre en el último eslabón de una cadena de conocimientos. [op. cit.: 56]".

Con esta idea en mente Jorge Wagensberg intentó dar una mejor definición formal y científica que es posible del azar: "**una serie de dígitos es aleatoria si el menor algoritmo capaz de generarla contiene aproximadamente los mismos bits de información que la propia serie** [op. cit.: 58]". Más allá del horizonte temporal de un sistema[43], la información necesaria para preparar un estado que escape a la flecha del tiempo está perdida irreversiblemente.

"En consecuencia y por definición, los programas mínimos son azarosos con independencia de si lo son o no las series que

---

cada vez más elementales. Las propiedades de los últimos conocidos se calificarían, naturalmente, como contingentes ... Casos a los que el estado de ánimo se considera causa de sus manifestaciones ... Casos en los que existe una conexión entre dos estados ordenados en el espacio o en el tiempo. Así podemos también componer líneas causales cuyo último suceso llamaremos, una vez más, azaroso. Es aquel que ya no contiene información sobre su causa [Wagensberg, 1985: 54-55]".

[43] "El tiempo de Lyapounov permite definir una verdadera 'escala de tiempos', la escala de tiempo con respecto a la que la expresión 'dos sistemas idénticos -dos sistemas que corresponden 'a la misma descripción inicial' conservan un sentido efectivo. después de un tiempo de evolución grande frente al tiempo de Lyapounov, el conocimiento que teníamos del estado inicial del sistema ha perdido su pertinencia y ya no nos permite determinar su trayectoria. En este sentido, los sistemas caóticos se caracterizan por un **horizonte temporal** definido por el tiempo de Lyapounov, horizonte que eventualmente podemos desplazar pero nunca anular [Prigogine y Stengers, 1990: 84]".

generan. Nos encontramos pues aquí coherentemente con la casualidad de la causalidad, con el azar como última causa. [op. cit. 58-59]".

Unas simulaciones numéricas que hicieron Prigogine y sus colaboradores mostraron que, "incluso en el equilibrio, las colisiones crean correlaciones[44] [Prigogine y Stengers, 1990: 131]". Y para ellos el significado de la aparición de correlaciones de largo alcance es "el nacimiento de un comportamiento macroscópico nuevo que no está originado por nuevas interacciones elementales sino que se refiere a la población como tal, a lo que estas unidades elementales hacen 'en conjunto' [op. cit.: 61]". Se sitúa aquí otro paralelismo ostensible con la respuesta que faltaba en el primer análisis de Engels. Respuesta que obtuvo cuando partió "no ya de las superestructuras y de su interacción, y finalmente de sus efectos microscópicos, sino de las voluntades individuales, afrontadas y combinadas en relaciones de fuerza [Althusser, s. f.: 100]": la determinación de la economía en última instancia sobre las formaciones sociales "esta vez no es exterior a los azares entre los cuales se abre paso, sino que es la esencia interior de estos azares [ib.]".

---

[44] "Mientras que la definición de las interacciones, es decir, de las relaciones efectivas entre constituyentes, forma parte de la misma definición de un sistema y por lo tanto, precede en este sentido al estudio de sus diferentes regímenes de actividad, las correlaciones se definen con respecto entre el 'todo' y las 'partes' que caracterizan a cada uno de ellos. Las partes en cuestión pueden ser simplemente las diferentes regiones del sistema, y entonces nos preguntamos cómo un determinado suceso local afecta a su entorno, sobre que alcance y en que medida [Prigogine y Stengers, 1990: 60]".

II.3) La asimilación y la acomodación en los sistemas cognitivos.

Como ya se anticipó, lejos del equilibrio, existen nuevos estados de la materia, estados de no-equilibrio caracterizados por la aparición de las correlaciones de largo alcance[45]. "En tal régimen el sistema constituye un 'todo' del que cada parte es 'sensible' a todas las demás [Prigogine y Stengers, 1990: 66]" y con una cierta autonomía con respecto a las condiciones de contorno "que permite hablar de las estructuras lejos del equilibrio como de fenómenos de 'autoorganización' [ib.]" y por lo mismo, de 'asimilación'. La actividad del sistema dirige la transformación de su definición.

Piaget, al inicio de su libro: **Biología y conocimiento**, expresó que "el hecho esencial del cual conviene partir es el de que ningún conocimiento, ni siquiera perceptivo, constituye una copia de lo real, puesto que supone siempre un proceso de **asimilación** a estructuras anteriores [1969: 6]". El entendía "el término asimilación en la acepción amplia de una integración en estructuras previas [ib.]"

Los componentes en todo estado estable de los sitemas cognitivos son: a) "la asimilación o incorporación de un elemento exterior (objeto, acontecimiento, etc.) en un esquema sensorio-motor o conceptual del sujeto y b) la acomodación, la necesidad en que se encuentra la asimilación de tener en cuenta las particularidades propias de los elementos que hay que asimilar [Piaget, 1978b: 8]".

La presencia de estos componentes en la estabilidad cognoscitiva obliga a la incorporación en este marco teórico de a) una analogía más entre el mundo orgánico y el de las ideas, la

---

45 "La enorme diferencia de escala entre correlaciones de alcance del amstrong (10^{-8} cm), que caracterizan los estados de equilibrio, y las correlaciones sobre distancias macroscópicas, por ejemplo del orden del centímetro, que aparecen lejos del equilibrio, expresa la diferencia entre el equilibrio y el no equilibrio [Prigogine y Stengers, 1990: 59-60]".

de la asimilación biológica y la cognitiva y b) un punto de contacto más entre Piaget, Kuhn y Prigogine. El segundo ha expresado al respecto:

> La asimilación de un hecho de tipo nuevo exige un ajuste más que aditivo de la teoría y en tanto no se ha llevado a cabo ese ajuste -hasta que la ciencia aprende a ver a la naturaleza de una manera diferente-, el nuevo hecho no es completamente científico ... Pero si tanto la observación y la conceptualización, como el hecho y la asimilación a la teoría, están enlazadas inseparablemente en un descubrimiento, éste, entonces es un ... proceso extenso, aunque no necesariamente prolongado, de asimilación conceptual ... Es por esto por lo que una nueva teoría, por especial que sea su gama de aplicación, raramente, o nunca, constituye sólo un incremento de lo que ya se conoce. Su asimilación requiere la reconstrucción de teoría anterior y la reevaluación de hechos anteriores; un proceso intrínsecamente revolucionario, que es raro que pueda llevar a cabo por completo un hombre solo y que nunca tiene lugar de la noche a la mañana. [1971a: 93, 97-98 y 29].

Prigogine y Stengers han externado que:

> Ciertamente, como subrayan los críticos, cualquiera que sea la respuesta, sí o no, la naturaleza se ve siempre forzada a confirmar el lenguaje teórico en el cual se le dirige la palabra. Pero este mismo lenguaje evoluciona según una compleja historia en donde intervienen a la vez el balance de las respuestas obtenidas de la naturaleza, la relación con otros lenguajes teóricos, y también la exigencia que renace sin cesar bajo nuevas formas, en nuevas preguntas, de comprender a la naturaleza según lo que cada época define como pertinente. [1983: 46-47].

Retornando a Piaget (1969). Habrá que recordar, que él escribió que la asimilación "definida en términos funcionales muy generales, desempeña un papel necesario en todo conocimiento [p. 6]". Ya que, "cualquier conocimiento trae consigo siempre y necesariamente un factor fundamental de asimilación, que es el único que confiere una significación a lo que es percibido o concebido[46] [p. 7]".

---

[46] "La importancia de la noción de asimilación es doble. Por un lado, implica ... la de significación, lo cual es esencial,

II.4) Los medios de producción intelectual y la asimilación

Lo planteado por Piaget en las notas precedentes y el haber leído que Marx y Engels (1847-1848), en el **Manifiesto del Partido**

---

puesto que todo conocimiento versa sobre significaciones (...). Por otro lado, expresa el hecho fundamental de que todo conocimiento está ligado a una acción y de que conocer un objeto, o un acontecimiento, es utilizarlos asimilándolos a esquemas de acción ... Llamaremos esquemas de acciones a lo que, en una acción, es de tal manera trasponible, generalizable o diferenciable de una situación a la siguiente, o dicho de otra manera, a lo que hay de común en las diversas repeticiones o aplicaciones de la misma acción ... Conocer un objeto implica su incorporación a esquemas de acción, y esto es verdad desde las conductas sensorio-motrices elementales hasta las operaciones lógico-matemáticas superiores [Piaget, 1969: 7 8-9 y 9]".

"Así pues, diremos que la primera función del conocimiento es la de ser una asimilación, precisamente en el sentido de una interacción entre el objeto y el sujeto, tal que haya, a la vez, acomodación lo más completa posible a los caracteres del objeto, pero incorporación igualmente esencial a estructuras anteriores (cualquiera que sea el modo de construcción de éstas). En esta asimilación el sujeto se convierte en el objeto tanto como se quiera, puesto que le acomoda a sus esquemas; pero para convertirse en tal no sale de sí mismo, ni cambia su naturaleza, la 'comprende', la 'capta' o la 'conoce'; otros tantos términos que, etimológicamente, implican a la vez una toma de posesión y una colaboración ... la asimilación no es sino una noción funcional, y no estructural, es decir, que existe gran número de estructuras diferentes de asimilación, lo cual permite, precisamente, englobar las estructuras cognoscitivas ... Así pues, es evidente que la asimilación cognoscitiva debe representar formas totalmente diferentes aún: es una incorporación funcional y no material ... a partir de la asimilación, cierto número de otras funciones o de propiedades funcionales son comunes a las formas de conocimiento y a la vida orgánica, en particular todas aquellas que abarcan la noción global y mal analizada de finalidad antes de que los cibernéticos modernos hubiesen logrado proporcionarnos los llamados modelos teleonómicos (y ya no teleológicos) o equivalentes mecánicos de la finalidad: como las propiedades de utilidad funcional y adaptación, de variación dirigida, y, sobre todo, de anticipación. En efecto, la anticipación es, junto con las retroacciones, uno de los caracteres más generales de las funciones cognoscitivas [Op. cit. 1969: 53]".

Comunista, hacen alusión a la producción intelectual y a los productos de trabajo intelectual, llevaron a la detección de algunas convergencias entre las estructuras cognoscitivas que corresponden a las operaciones de Piaget y los medios de producción que le interesaron a Marx. Como se podrá recordar, para éste "el **medio de trabajo** es aquel objeto o conjunto de objetos que el obrero interpone entre él y el objeto que trabaja y que le sirve para encauzar su actividad sobre este objeto[47] [1867: 131]".

Un tiempo después del citado descubrimiento, gracias a una muy buena recomendación, se leyó el artículo **Sobre la dialéctica materialista** de Louis Althusser que apareció en 1963. En él este académico concreta una definición general de la práctica[48] que"encierra en sí la posibilidad de la particularidad: existen prácticas diferentes, realmente distintas aunque pertenecientes orgánicamente a una misma totalidad compleja [Althusser, 1963: 136]". De esto se deriva que el materialismo dialéctico-histórico de la **praxis** es "una teoría de los diferentes **niveles** específicos de la **práctica humana** (práctica económica, práctica política,

---

[47] De tal manera que para Marx (1867) "el hombre se sirve de las cualidades mecánicas, físicas y químicas de las cosas para utilizarlas, conforme al fin perseguido, como instrumentos de actuación sobre otras cosas. El objeto que el obrero empuña **directamente** -si prescindimos de los víveres aptos para ser consumidos sin más manipulación ... en cuyo caso los instrumentos de trabajo son sus propios órganos corporales- no es el objeto sobre que trabaja, sino el instrumento de trabajo. De este modo, los productos de la naturaleza se convierten en **órganos** de la actividad del obrero, órganos que él incorpora a sus propios órganos corporales [pág. 131]]".

[48] Por práctica en general, Althuser entiende "todo proceso de **transformación** de una materia prima dada determinada en un producto determinado, transformación efectuada por un trabajo humano determinado, utilizando medios (de 'producción') determinados. En toda práctica así concebida el momento (o elemento) determinante del proceso no es la materia prima ni el producto, sino la práctica en sentido estricto: el momento mismo del trabajo de transformación, que pone en acción, dentro de una estructura específica, hombres, medios y un método técnico de utilización de los medios [Althusser, -1963: 136]".

práctica ideológica, práctica científica) en sus articulaciones propias, fundada sobre las articulaciones específicas de la unidad de la sociedad humana [Althusser, 1964: 189]". Asimismo se desprende que la práctica científica se ejerce sobre un objeto propio (desde un suceso[49] hasta una teoría) y desemboca en un producto propio: un conocimiento científico. Lo que supone en consecuencia, que hay 'medios de producción' en el trabajo científico.

Por todo lo anterior, se consideró que no habrá objeciones para que se pueda indicar a las estructuras cognoscitivas, con todos los rasgos que han descubierto en ellas Bachelard, Kuhn, Piaget y Prigogine, como medios de producción intelectual. Sobre todo que es muy notable el paralelo entre la intensión, que se ha expuesto de la idea de 'asimilación' y la 'absorbencia' que, según Marx (1867), hace el proceso de trabajo, en concepto de medios de producción, de otros valores de uso. Además, así como los medios de producción y el producto del trabajo manual, en el modo de producción capitalista, operan como mercancías, los medios de producción y el producto del trabajo intelectual

---

[49] Por más que un suceso "es algo que ocurre en un punto particular del espacio y en un instante específico de tiempo [Hawking, 1988: 44]", "no puede, por definición, ser deducido de una ley determinista: implica, de una u otra manera, que lo que se ha producido 'hubiera podido' no producirse y, por ello, remite a posibilidades que ningún saber puede reducir. El modo de inteligibilidad de los posibles es, por definición, la descripción probabilista. No obstante, las leyes probabilistas, por sí mismas, no son todavía suficientes. Toda historia, toda narración supone sucesos, supone que se ha producido lo que hubiera podido no producirse, pero ella sólo tiene interés si estos sucesos son portadores de sentido [Prigogine y Stengers, 1990: 53]".

funcionan de la misma forma[50], aún y cuando, en el detalle existan ciertas diferencias que no es posible abordar en este lugar.

En los capítulos del V al X se planteará en qué consistió la era intra- del proceso de trabajo involucrado con los ritmos circadianos.

II.5) La estabilidad cognoscitiva

Piaget (1978b) explica "el desarrollo e incluso la formación de los conocimientos recurriendo a un proceso central de equilibración [p. 5]". Como ya se notificó en la introducción, la estabilidad cognitiva resultante se acerca mucho "a esos estados estacionarios, pero dinámicos, de los que habla Prigogine, con intercambios capaces de 'construir y mantener un orden funcional y estructural en un sistema abierto -Glansdorf et Prigogine, 1971' [p. 6]". Además, conviene añadir la afirmación de que dichos estados "se basan entre otras cosas en una solidaridad de la diferenciación y de la integración [ib.]". Para Piaget (1978b) existe la necesidad de tres clases de equilibración cognoscitiva:

> II.5.1 En función de la interacción fundamental de partida entre el sujeto y los objetos, existe en primer lugar una equilibración entre la asimilación de éstos a esquemas de acción y la acomodación de estos últimos a los objetos. [p. 10].
>
> II.5.2 En segundo lugar hay que asegurar una equilibración en las interacciones entre los subsistemas ... Los subsistema se construyen normalmente a velocidades diferentes, con desfases temporales más o menos importantes: hay, pues, razones para posibles desequilibrios y necesidad de una equilibración. [p 11].

---

[50] "El proceso de apropiación desigual de la cultura se comprende al observar que el conocimiento científico es un producto que se valora en un mercado propio, y de hecho circula de manera parecida al capital económico, lo que lo hace concentrarse en algunas manos dejando sectores desposeídos [Barajas, E., 1991: 107]".

II.5.3 Además hay que considerar aparte el equilibrio progresivo de la diferenciación y de la integración, y, por lo tanto, de las relaciones entre los subsistemas y la totalidad que los engloba[51] ... En efecto, una totalidad se caracteriza por sus propias leyes de composición, que constituyen un ciclo de operaciones[52] interdependientes y de rango superior a los caracteres particulares de los subsistemas. [p. 11].

Las tres clases de equilibraciones que acabamos de distinguir presentan en común el doble aspecto de ser todas relativas al equilibrio entre la asimilación y la acomodación y de referirse sin más a los caracteres positivos que pertenecen a los esquemas, subsistemas o totalidades en juego ... Pero hay que añadir, porque esta observación será esencial más adelante, que la equilibración de cada una de las estructuras consideradas conlleva, además, una cierta correspondencia, cuya naturaleza se tratará de determinar, entre las afirmaciones y las negaciones, o los caracteres positivos y negativos siendo éstos necesarios para la delimitación de los caracteres positivos. [p. 12].

II.6) Las perturbaciones

Como en lo que sigue se va a insertar a las perturbaciones como elemento motor del conocimiento, como su estímulo, vale la pena adelantar aquí otras consideraciones sobre el conocimiento y sus estímulos. En otras palabras, en este sitio, se vuelve a insistir en el problema de la estabilidad y de las fluctuaciones (II.1).

---

[51] "Esta tercera forma de equilibración no se confunde con la segunda, ya que añade una jerarquía a las simples relaciones entre colaterales [Piaget, 1978b: 11]".

[52] "Las operaciones son acciones coordinadas en sistemas reversibles tales que cada operación corresponde a una posible operación inversa que la anule [Piaget, 1971: 49]". En otros términos, se llama 'operación' a "la transformación reversible de una estructura en otra, ya sea por modificación de la 'forma' o bien por sustitución en relación al 'contenido' [Piaget, 1977: 79]".

Problema que está muy relacionado con la aparición de novedades e innovaciones en los sistemas cognoscitivos.

La conciencia humana emprende, en convergencia con Wagensberg (1985), "la conquista del conocimiento como respuesta a ciertos estímulos, que pueden ser duros o blandos. Un estímulo blando es el que proviene de otra conciencia ... El estímulo duro es el que proviene de la propia conciencia ... Es la súbita perplejidad ante lo hasta entonces natural y cotidiano [pág. 17]". Estos estímulos empujan la creación y la aventura del conocimiento continuará según devenga la inquietud inicial. Esta, si no se entierra apresuradamente, se correrá hacia una pregunta o una imagen finita. "Es cuando los impulsos blandos derivados de otras conciencias se endurecen en la nuestra; crear y comunicar ... La respuesta puede ser luego obvia, necesariamente provisional o del todo inexistente ... Crear es traducir inquietudes en problemas y contemplar es asistir a tal ejercicio [op. cit.: 18]". De suerte que el "conocimiento se levanta pues sobre un sistema de preguntas en las que se reconocen vestigios de su origen duro y la huellas de ciertos impactos blandos [ib. 17-18]".

En la termodinámica generalizada, "una conclusión general se hace casi obvia: una fluctuación no puede dominar todo el sistema de una sola vez. Debe establecerse en una región limitada. Dependiendo de que la talla de esta región esté por debajo o por encima de un cierto valor crítico (...)[53] la fluctuación bien se

---

[53] "Puede mostrarse que el tamaño crítico ... aumenta cuanto más importante sea la difusión que conecta las distintas regiones del sistema ... En otras palabras, cuanto mayor sea la velocidad de comunicación dentro del sistema, mayor será el porcentaje de fluctuaciones insignificantes que son incapaces de cambiar el estado del sistema, i. e. mayor será la estabilidad del sistema ... el 'mundo exterior', el entorno de la región fluctuante, siempre tiende a amortiguar las fluctuaciones. Estas últimas serán entonces o destruidas o amplificadas, según la efectividad de las comunicaciones entre la región fluctuante y el mundo externo ... La talla crítica viene en consecuencia determinada por una competición entre el 'poder integrante' del sistema y los mecanismos ... que amplifican la fluctuación dentro de la subregión fluctuante [Prigogine y Stengers, 1983: 170-171]".

amortigua bien se expande a todo el sistema [Prigogine y Stengers, 1983: 170]".

Kuhn (1971a) se ha fijado en que:

> El descubrimiento comienza con la percepción de la anomalía; o sea, con el reconocimiento de que en cierto modo la naturaleza ha violado las expectativas, inducidas por el paradigma, que rigen a la ciencia normal. [p. 93].
>
> [En] la ciencia normal se suprimen frecuentemente innovaciones fundamentales, debido a que resultan necesariamente subversivas para sus compromisos básicos [y en que,] sin embargo, en tanto esos compromisos conservan un elemento de arbitrariedad, la naturaleza misma de la investigación normal asegura que la innovación no será suprimida durante mucho tiempo[54]. [p. 26-27].

> [En la Epistemología genética]. Si se define una perturbación como aquello que constituye un obstáculo para una asimilación ... todas las regulaciones son, desde el punto de vista del sujeto, reacciones a perturbaciones. Pero hay aún que precisar las variedades de éstas e insistir en el hecho de que lo recíproco no es cierto, es decir, que toda perturbación no implica una regulación (y por lo tanto, una equilibración).
>
> En lo que respecta a las variedades de perturbaciones, hay que distinguir en ellas dos grandes clases. La primera comprende las que se oponen a las acomodaciones: resistencia del objeto, obstáculos para las asimilaciones recíprocas de esquemas o de subsistemas, etc. En una palabra, constituyen las causas de fracasos o de errores, en la medida en que el sujeto se hace consciente de ellos, y las regulaciones que les corresponden entrañan entonces retroalimentaciones negativas. La segunda clase de perturbaciones, fuente de desequilibrios, consiste, por el contrario, en lagunas que dejan las necesidades insatisfechas y se traducen en

---

[54] "A veces, un problema normal, que debería resolverse por medio de reglas y procedimientos conocidos, opone resistencia a los esfuerzos reiterados de los miembros más capaces del grupo dentro de cuya competencia entra. Otras veces, una pieza de equipo, diseñada y construida para fines de investigación normal, no da los resultados esperados, revelando una anomalía que, a pesar de los esfuerzos repetidos, no responde a las esperanzas profesionales ... ordinarias que conducen por fin a la profesión a un nuevo conjunto de compromisos, una base nueva para la práctica de la ciencia [Kuhn, 1971a: 27]".

> la alimentación insuficiente de un esquema. Pero conviene precisar, y esto es esencial, que cualquier laguna no constituye una perturbación ... Por el contrario, una laguna se convierte en una perturbación cuando se trata de la ausencia de un objeto o de unas condiciones de una situación que serían necesarias para realizar una acción, o incluso de la carencia de un conocimiento que sería indispensable para resolver un problema. La laguna en cuanto perturbación es, pues, siempre relativa a un esquema de asimilación ya activo, y el tipo de regulación que le corresponde entraña entonces una retroalimentación positiva, como prolongamiento de la actividad asimiladora de ese esquema (...). [Piaget, 1978b: 22].

En la teoría de la formación del espíritu científico, también se incorporó la noción de perturbación. Por ejemplo, Bachelard (1938) captó bastante fácilmente que para la intuición del siglo XVIII "la elipse es ya una perturbación, es el resultado de un verdadero accidente [p. 274]".

II.7) El papel de las negaciones y de la ausencia de paradigmas en la alta frecuencia de los desequilibrios cognoscitivos iniciales.

Piaget (1978b) mostró que los conflictos cognoscitivos "son mucho más frecuentes en los estadios iniciales y sobre todo estos desequilibrios son superados mucho más difícilmente [p 17]". Esto, por lo tanto, no podía "deberse a la naturaleza de los problemas encontrados, ya que estos son elementales, y a cuestiones simples deberían corresponder sólo conflictos igualmente simplificados. [ib.]". La razón que encontró, que tuvo que ser entonces de un orden muy general y depender de métodos comunes de razonamiento del sujeto, más que del contenido de las soluciones a las que éste tenía que caer, le vino dada a Piaget por sus observaciones precedentes en cuanto a la negación y sobre todo por sus anteriores investigaciones que atendieron a la contradicción:

> Se trata de que como la actuación espontánea del espíritu consiste en centrarse en las afirmaciones y los caracteres positivos de los objetos, de las acciones o incluso de las operaciones, las negaciones son entonces

descuidadas o sólo se construyen de un modo secundario y laborioso; como son necesarias para todas las formas de equilibración, éstas sólo se realizan a través de múltiples dificultades, y su elaboración ocupa largos períodos[55]. [Piaget, 1978b: 17].

Por otro lado y a nivel de los procesos sociogenéticos, la historia también le ha sugerido a Kuhn (1971a), algunas razones que explican el porqué de las dificultades encontradas para un concenso firme de investigación:

> A falta de un paradigma o de algún candidato a paradigma, todos los hechos que pudieran ser pertinentes para el desarrollo de una ciencia dada tienen probabilidades de parecer igualmente importantes. Como resultado de ello, la primera reunión de hechos es una actividad mucho más fortuita que la que resulta familiar, después del desarrollo científico subsiguiente. Además, a falta de una razón para buscar alguna forma particular de información más recóndita, la primera reunión de hechos y datos queda limitada habitualmente al caudal de datos de que se dispone. El instrumental resultante de hechos contiene los accesibles a la observación y la experimentación casual, junto con algunos de los datos más esotéricos procedentes de artesanías establecidas, tales como la medicina, la confección de calendarios y la metalurgia. [Kuhn, 1971a: 41].

---

[55] "Los únicos casos en que la negación es precoz son aquellos en que el sujeto no tiene que construirla, porque le viene impuesta desde el exterior: por ejemplo, un desmentido de los hechos como respuesta a una falsa previsión (...). Pero incluso cuando un acontecimiento falsea una previsión, o una forma general, cuando fracasan los intentos de acomodación a un objeto, queda el hecho de que para comprender las razones de la falta de éxito y sobre todo para cambiarla en éxito, hay que distinguir las propiedades positivas a y su ausencia no-a con justificación de esta negación ...

Perceptivamente sólo se registran observables positivos y la percepción de la ausencia de un objeto se produce sólo de un modo secundario y en función de expectativas o de previsiones que dependen de la acción completa y superan la percepción. En lo que respecta a las acciones, se centran en el fin que hay que alcanzar y no en el alejamiento a partir de su punto de origen.

[Concretando:] durante los períodos iniciales existe una razón sistemática de desequilibrio, que es la asimetría de las afirmaciones y de las negaciones, lo cual compromete el equilibrio entre el sujeto y los objetos, entre los subsistemas y entre el sistema global y las partes [Piaget, 1978b: 19 y 20]".

Pocas veces se ha publicado en forma tan detallada y condensada, las situaciones de azar durante el principio de alguna Ciencia, como lo hace Kuhn en estas frases. Una coincidencia más, pero ahora, con la formulación de Prigogine que concierne a esa compleja integración "entre azar y necesidad que caracteriza el orden a través de fluctuaciones [Prigogine y Stengers, 1983: 183]". Con todo y que, como ya se avisó, Kuhn y Piaget hicieron sus arribos en procesos de niveles distintos, en tanto que no se atisban contradicciones, sus descubrimientos se pueden mirar como complementarios. Para plantear otro parecido entre las elaboraciones de estos dos autores sólo falta considerar que un paradigma inicial, como puede ser una operación de base, entre otras cosas, tendrá la ocupación de un cimiento para las previsiones que despierten la percepción de observables negativos o la ausencia de los objetos.

II.8) Las tres respuestas a las perturbaciones cognoscitivas

Luego del subcapítulo en el que se hizo alusión a las inquietudes cognitivas y enseguida del que estuvo implicado con el papel de las negaciones y de la ausencia de paradigmas en la alta frecuencia de los desequilibrios iniciales, se impone concretar un poco más la caracterización de las bifurcaciones y del tamaño de las fluctuaciones cognitivas (II.1); de las tres conductas centrales acerca de los enlaces entre las modificaciones y las compensaciones en las estructuras cognoscitivas.

II.8.1) La conducta de tipo α

> Cuando surge un hecho nuevo, según los casos puede no producir ninguna modificación en el sistema (...) o por el contrario, constituir una perturbación: ... la reequilibración que se produce después del desequilibrio así provocado se obtendrá mediante una conducta clasificada como de tipo α en los dos casos siguientes. Si se trata de una pequeña perturbación próxima al punto de equilibrio, se obtendrá la compensación mediante una simple modificación introducida por el sujeto en sentido inverso a la perturbación en cuestión ... La segunda

reacción de tipo α intervendrá si la perturbación es más fuerte o es considerada implícitamente como tal por el sujeto: en este caso, la anulará despreciándola sin más o simplemente eliminándola ... Es evidente que estas reacciones de tipo α sólo son parcialmente compensadoras y que, en consecuencia, el equilibrio que resulta de ellas sigue siendo muy inestable. [Piaget, 1978b: 73-74].

II.8.2) La conducta de tipo β

Por el contrario, la segunda conducta β consistirá en integrar en el sistema el elemento perturbador surgido del exterior, consistiendo entonces la compensación no en anular la perturbación o en rechazar el nuevo elemento, para que no intervenga en el interior del conjunto ya estructurado, sino en modificar el sistema por 'desplazamiento de equilibrio' hasta hacer asimilable el hecho inesperado: ... lo que era perturbador se convierte en variación en el interior de una estructura reorganizada, gracias a nuevas relaciones que unen el elemento incorporado a los que ya estaban organizadas, y esas novedades de la estructura garantizarán la compensación, porque también aquí se trata de una forma de compensación ... Aquí la modificación de nueva dirección no trata de anular la que introduce el objeto perturbador: por el contrario, modifica el esquema de asimilación mismo para acomodarlo al objeto y seguir su orientación. [op. cit.: 74-75].

Por su lado Kuhn (1971a) dio con que a continuación de un descubrimiento, "se produce una exploración más o menos prolongada de la zona de anomalía [y que este reconocimiento] sólo concluye cuando la teoría del paradigma ha sido ajustada de tal modo que lo anormal se haya convertido en lo esperado [p. 93]".

II.8.3) La conducta γ

La conducta de tipo superior [γ] consistirá entonces (...) en anticipar las posibles variaciones, las cuales pierden, en la medida en que son previsibles y deducibles, su carácter de perturbaciones y vienen a insertarse en las transformaciones virtuales del sistema...estas transformaciones conllevarán igualmente un juego de compensaciones, pero de acuerdo con un nuevo significado ... el sentido de la compensación es el de una simetría inherente a la organización del sistema, y no ya el de una eliminación de las perturbaciones ... Más precisamente, este último caso es aquel en que,

> debido a la misma composición de la estructura en juego, hay entonces anticipación de todas sus transformaciones posibles, Su simetría equivale, pues, a una compensación completa que corresponde a la de los 'trabajos virtuales' y el cierre de la estructura elimina así toda contradicción que emane del exterior, o del interior, mientras que su necesidad intrínseca supera el nivel de las simples resultantes entre factores opuestos pero contingentes. [op. cit.: 76].

De nueva cuenta, es posible que este tipo de conducta, igualmente, haya sido notada por Kuhn (1971a):

> La observación y la conceptualización, como el hecho y la asimilación a la teoría, están enlazadas inseparablemente en un descubrimiento, éste, entonces, es un proceso y debe tomar tiempo. Sólo cuando todas las categorías conceptuales pertinentes están preparadas de antemano, en cuyo caso el fenómeno no será de un tipo nuevo, podrá descubrirse sin esfuerzo qué existe y qué es, al mismo tiempo y en un instante. [p. 97].

El empleo de esta herramienta es uno de los casos típicos en los que, en esta investigación, se va a trasladar a la escala sociogenética, un instrumento que proviene de la psicogenética. Se estima que es la primera vez que se hace un análisis de un proceso de sociogénesis del conocimiento a la luz de estas tres conductas.

II.9) Las regulaciones

A continuación de que se ha insistido en la importancia de las negaciones y de la ausencia de paradigmas en la alta frecuencia de los desequilibrios iniciales y de que se ha narrado como se manifiestan las tres conductas centrales que atañen a las interacciones entre las modificaciones y las compensaciones en las estructuras cognoscitivas, se tratará "de precisar el 'cómo' de la equilibración y de las equilibraciones recurriendo al proceso de las regulaciones [Piaget, 1978b: 21-22]":

> Se habla de regulación, de forma general, cuando la repetición **A'** de una acción **A** se ve modificada por los resultados de ésta, y, por lo tanto, por un efecto de rebote de los resultados de **A** sobre su nuevo desarrollo **A'** ...

> Desde el punto de vista del sujeto ... un esquema de asimilación confiere un cierto significado a los objetos asimilados y ... asigna de este modo objetivos definidos a las acciones que tienen relación con él (...). Si se define una perturbación como aquello que constituye un obstáculo para la asimilación ... todas las regulaciones son, desde el punto de vista del sujeto, reacciones a perturbaciones ... [op. cit.: 21-22].

En un próximo capítulo se dedicará más espacio a estas perturbaciones, las que constituyen uno de los puntos de mayor convergencia entre los distintos puntos de vista epistemológicos sobre los que se ha basado el presente encuadre teórico. Pero antes habrá que examinar las diferentes variedades de regulaciones.

> Observemos en primer lugar que la dualidad clásica de las retroalimentaciones positivas y negativas no es dicotómica en realidad más que cuando se trata de sectores aislables (mediante análisis) de un comportamiento de conjunto, tal como la formación de una estructura, sino que en esta formación como tal intervienen una y otra. En efecto, la primera consiste en refuerzos y la segunda en correcciones ...
>
> II.9.1 Una dicotomía que, por el contrario, interesa a las conductas consideradas cada una en su totalidad, es la de las regulaciones que tratan de conservar un estado y las que intervienen en la progresión hacia un estado que aún no se ha alcanzado, lo cual corresponde en términos biológicos a la homeostasis y a la homeorresis (entrañando estas últimas la mezcla, señalada hace un momento, de las retroalimentaciones positivas y negativas).
>
> II.9.2 Otra dicotomía esencial es la de las regulaciones que afectan a las relaciones del sujeto con los objetos a los que tiene que adaptarse (...) y las que conciernen a las relaciones entre esquemas o entre sistemas de esquemas ...
>
> II.9.3 La tercera dicotomía atañe a los medios empleados y a este respecto distinguiremos las regulaciones casi automáticas de las regulaciones activas. Las primeras se presentan en los casos sensorio-motores simples, cuando los medios se encuentran poco sujetos a variaciones, salvo en la precisión de las acomodaciones o ajustamientos (...). Por el contrario, hablaremos de regulación activa en el caso en que el sujeto se ve obligado a cambiar de medios

o puede dudar entre varios (...) y en que, por lo tanto, interviene una necesidad de efectuar elecciones[56].

De ahí surge un nuevo principio de clasificación de las regulaciones, de acuerdo a su jerarquía: regulaciones simples, regulaciones de regulaciones, etc., hasta las autorregulaciones con autoorganización, susceptibles de modificar y de enriquecer su programa inicial mediante diferenciación, multiplicación y coordinación de los fines a conseguir, e integración de los subsistemas en un sistema total. [op. cit.: 23-25].

---

[56] "Aunque la frontera entre las dos categorías es difícil de trazar, su distinción es importante porque las regulaciones automáticas no implican sin más toma de conciencia, mientras que las regulaciones activas la provocan y son, por lo tanto, la fuente de una representación o conceptualización de las acciones materiales, lo que llevará a subordinar sus regulaciones a un control por una instancia superior, lo cual constituye un inicio de regulación de segundo grado [Piaget, 1978b: 25]".

II.10) Algo más sobre las creodas

En los sistemas abiertos, como bien pueden ser los cognoscitivos, en la medida en que se alcanza un estado uniforme, "puede alcanzarse [un] mismo estado final partiendo de diferentes condiciones iniciales y por diferentes caminos". Es lo que von Bertalanffy (1945-1950: 81 y 1955-1956: 40) ha llamado equifinalidad[57].

> Waddington ha puesto el nombre de 'creodas' (es decir, rutas necesarias) para caracterizar [los] desarrollos particulares de un órgano o de una parte del embrión, llama sistema epigenético (o también 'paisaje' epigenético) al conjunto de las creodas, concebidas como si estuviesen más o menos profundamente canalizadas. [Piaget, 1969: 21].

"La importancia de comprender la naturaleza de los mecanismos de los que deriva el comportamiento creódico deriva del hecho de que un creodo, según [se ha] definido, es simplemente la descripción más general del tipo de procesos biológicos que han sido calificados como 'regidos por la finalidad' [Waddington 1968: 32-33]". Para describir tales fenómenos Waddington ha usado el término 'cuasi-finalístico'; y ha utilizado la expresión 'teleonómico' (introducida, cree él, por Pittendrigh -1958) para reemplazar a 'teleológico'. "En conjunto, no obstante, es preferible usar palabras tales como 'creodo', que no cargan el acento sobre el estado final, sino recaban la atención sobre toda la duración de la trayectoria [op. cit.: 33]".

---

[57] [Se trata de una] finalidad en el sentido de **dependencia con respecto al futuro** ... los aconteceres pueden de hecho ser considerados y descritos como determinados no por las condiciones del momento sino también por el estado final que ha de alcanzarse ... En otras palabras, la direccción del proceso hacia un estado final no es cosa que difiera de la causalidad, sino otra expresión de ella. [Bertalanffy, von, 1945-1950: 78 y 79].

Como anteriormente se mencionó, mediante la homeostasis se mantiene constante el valor de algunos parámetros, mientras que en la homeorresis lo que se mantiene como "constante no es un parámetro aislado, sino un modo de cambio a lo largo del tiempo, es decir, una trayectoria. La situación queda descrita, más propiamente por esta razón, como una 'homeorhesis': cambio estabilizado, más bien que estado estabilizado [Waddington 1968: 30-31]". Cuando una trayectoria canalizada actúa como orientadora de las rutas vecinas, recibe el nombre de creoda. Metafóricamente, como el camino real al que se dirigen sus veredas. Dentro de un cierto contexto, una vía regia podrá ser la vereda de otra y un sendero transformarse en ruta principal.

> Las diversas creodas que caracterizan el desarrollo epigenético y sus regulaciones espacio temporales en forma de homeorresis desembocan en un estado adulto más o menos equilibrado, caracterizado por su homeostasis ... una de ellas, en cierta manera, temporal o histórica, y la otra no menos dinámica en sus procesos, pero sincrónica ... La homeorresis hace posible la homeostasis al asegurar la construcción estructural de los órganos, pero la homeostasis resulta de que se pongan a funcionar estos últimos por efecto de nuevas interacciones, siendo éstas sincrónicas, y ya no diacrónicas ... En este terreno cognoscitivo se pueden distinguir, es cierto, creodas más o menos independientes, con sus homeorresis respectivas, y formas de equilibrio finales (en el sentido de que subsisten en estado estable, aunque pueden integrarse después en campos de equilibración más grandes) que serían el equivalente cognoscitivo de la homeostasis (...). Más, a grandes rasgos, el equilibrio es un producto de la equilibración, es decir que hay continuidad y, en todo caso parentesco estrecho entre el proceso formador y el equilibrio que resulta. [Piaget, 1969: 23 y 24].

> Este equilibrio se basa entre otras cosas en una solidaridad de la diferenciación y de la integración ... de los subsistemas jerarquizados, cuyas estructuras son análogas y que están unidos unos a otros mediante conexiones igualmente cíclicas. [Piaget, 1978b: 6].

II.11) Las abstracciones empíricas y reflexivas

De acuerdo a Piaget (1978a) "todo conocimiento nuevo supone una abstracción, porque, a pesar de la reorganización que entraña, nunca constituye un comienzo absoluto, sino que extrae sus elementos de alguna realidad anterior [p. 138]" ya sea externa o interna al sujeto. De acá que distinga dos clases de abstracciones según sus fuentes exógenas o endógenas [ib]":

> Existe un tipo de abstracción que [Piaget denomina] 'empírica' (...) porque extrae su información de los objetos mismos ... Pero, además de esta primera forma, que corresponde en general a lo que se denomina 'abstracción' cuando no se precisan sus condiciones, existe una segunda, que es fundamental, porque abarca todos los casos de abstracciones lógico-matemáticas: la denominaremos 'abstracción reflexiva' por que se extrae no de los objetos, sino de las coordinaciones de acciones (u operaciones), y por lo tanto de las propias actividades del sujeto, que es algo completamente diferente y conlleva una fuente endógena[58] [Piaget, 1978a: 138].
>
> La evolución de estas dos formas de abstracciones es bastante diferente en el curso del desarrollo. En primer lugar hay que observar que la abstracción empírica no interviene por sí misma en ningún nivel; en efecto, para extraer cualquier información de un objeto, e incluso si no se extrae más que de ese objeto, es indispensable utilizar aparatos de asimilación ... Todo un conjunto de instrumentos necesarios para la misma 'lectura' de la experiencia, independientemente de las

---

[58] A esta variedad de abstracción, Piaget la designa con el nombre de 'reflexiva' "por dos razones complementarias en que se basan las dos: se trata del sujeto y no ya de objetos. En primer lugar es reflexiva en un sentido de proyección física o geométrica, es decir, supone siempre un 'proceso de reflexión' en un plano superior de lo que se toma en un plano inferior ... Pero, en segundo lugar, esta abstracción 'reflexiva' entraña además una 'reflexión' en el sentido de una reorganización mental, y esto de un modo necesario, por el hecho de que el 'proceso de reflexión' aboca a un plano superior en el que se trata ante todo de reconstruir lo que se ha abstraído del plano inferior, a fin de ajustarlo a la estructura de este plano superior [Piaget, 1978a: 138-139]".

restantes interpretaciones que seguirán[59]. [op. cit.: 139-140].

El mecanismo de la abstracción reflexiva "interfiere continuamente con la formación de las regulaciones de regulaciones, hasta tal punto que parece tratarse en este punto de un solo y mismo mecanismo analizado en dos lenguajes y desde dos puntos de vista diferentes[60] [Piaget, 1978b: 40]".

II.12) Los productos de la reflexión o del proceso deproducción intelectual científico

Con el propósito de construir más instrumentos para asimilar el desarrollo del conocimiento sobre los ritmos circadianos, en este apartado se continúa con la reunión de elementos contiguos. Estos pertenecen a seis distintos sistemas epistemológicos.

Primero se agrupa un cuarteto constituido por un miembro que proviene de la Teoría general de los sistemas (la categoría de sistema), otro de la Epistemología genética (el concepto de sistema cognitivo), el tercero del Materialismo histórico (la definición de medios de producción) y el cuarto de la Termodinámica generalizada (la idea de estructura disipativa). Se añade un quinto constituyente (la noción de paradigma) dado por la Teoría de la estructura de las revoluciones científicas. Para

---

[59] "De esto se deduce que en realidad el dato, en la medida en que es proporcionado por la experiencia en cuestión constituye una propiedad de los objetos que se alcanza, en este sentido, mediante una abstracción empírica. Pero sólo lo es en su contenido, y presenta desde el principio una 'forma' lógico-matemática [Piaget, 1978a: 140-141]".

[60] "La abstracción reflexiva conlleva dos momentos indisolubles: un 'proceso de reflexión' en el sentido de una proyección en un nivel superior de lo extraído del nivel precedente (...) y un 'producto de la reflexión' en el sentido de una reconstrucción o reorganización cognitiva (más o menos consciente o no) de lo que de este modo ha sido transferido [Piaget, 1978b: 40]".

formar el sexto sistema se incluye un ingrediente (la definición de obstáculo epistemológico) que llega de la Teoría de la formación del espíritu científico.

II.12.1.- Los sistemas cognitivos, medios de producción intelectual y estructuras disipativas

En una primera aproximación, se llamará 'sistema' a un conjunto de elementos con interacciones entre ellos. Como esta concepción es bastante parecida a la caracterización de sistema que se localiza en los escritos de von Bertalanffy y no requiere más explicaciones, se pasará a transcribir lo que entiende Piaget (1978) por 'sistemas cognitivos', tomando este término en el sentido más amplio.

> En primer lugar pueden ser simples descripciones, como cuando se trata de observables **Obs. O** o **S**, conceptualizados por el sujeto con ocasión de una acción o de un acontecimiento particular. También serán los instrumentos cognitivos de los que (implícita o explícitamente) se sirve el sujeto en sus conceptualizaciones: clasificaciones, sistemas de relaciones, seriaciones, números, medidas, etc., en todos los niveles preoperatorios u operatorios. Igualmente serán, y esto a propósito de las coordinaciones **Coord. S** y **O**, bien las composiciones operatorias paticulares elaboradas por el sujeto con ocasión del problema planteado, bien sus explicaciones causales. Finalmente, tanto estas composiciones locales como estas explicaciones se referirán a estructuras más amplias (agrupamientos, grupos, etc.), que constituyen el nivel superior de estos diversos tipos de sistemas. [Piaget, 1978b: 72-73].

Hasta donde fue posible entender, en concordancia con sus criterios, von Bertalanffy hubiera incluído a estos sistemas en la clase de los 'sistemas conceptuales'.

Por otra parte, como se habrá podido percibir, es muy conspicua la solidaridad que existe entre la concepción de 'medio de trabajo' o 'instrumento de trabajo' de Marx (1867) que ya fue sumada a la presente información en el II.4 y la connotación que le da Piaget (1978b) al 'instrumento cognitivo'. Incluso a través de la categoría 'valor de uso', se puede entender fácilmente cómo en ambos procesos de trabajo, "para engendrar un valor de uso

como producto, el proceso de trabajo absorbe, en concepto de **medios de producción**, otros valores de uso, productos a su vez de procesos de trabajo anteriores [y que] no son solamente el resultado, sino que son, al mismo tiempo, la **condición** del proceso de trabajo [Marx, -1867: 133]". En el dominio cognoscitivo la abstracción reflexiva utiliza una sucesión de niveles jerárquicos cuya formación no le es ajena: "ella es quien los engendra mediante interacciones alternadas de 'procesos de reflexión' y 'productos de reflexión', pero precisamente en una unión tan estrecha con el afinamiento de las regulaciones que se trata de un solo y mismo mecanismo de conjunto [Piaget, 1978b: 40]". Como se ve, "el que **un valor de uso** represente el papel de **materia prima, medio de trabajo o producto**, depende única y exclusivamente de las **funciones concretas** que ese valor de uso desempeña **en el proceso de trabajo** [op. cit.: 135]". De suyo, entonces, a un sistema cognitivo se le podrá considerar como herramienta o como producto, en función de su actuación dentro del proceso deL trabajo intelectual.

II.12.2) Paradigmas

Tomando como base: a) la caracterización anterior de sistema cognitivo proporcionada por Piaget (1978b); b) que Kuhn (1971a) considera a los paradigmas "como realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica [p. 13]"; y c) que bajo los paradigmas "tanto la reunión de datos y hechos como la formulación de teorías se [han convertido] en actividades dirigidas [p. 45]". Un sistema cognitivo que corresponda a una realización científica que tenga estas características será considerado un paradigama.

"Por hablar como Kuhn, [von Bertalanffy -1976: xv] sostiene que] el concepto de 'sistema' constituye un nuevo paradigma". Hay que recalcar que en este lugar se plantea que los paradigmas pueden ser percibidos como sistemas.

Es posible que esta consideración no sea ilícita, si se toman en cuenta: a) las coincidencias mencionadas en la introducción,

en el II.1, en el II.3 y en el II.7, entre los sistemas de donde provienen los conceptos de sistema y paradigma; b) que Kuhn (1971a) sugiere "que algunos ejemplos aceptados de la práctica científica real -ejemplos que incluyen al mismo tiempo, ley, teoría, aplicación e instrumentación- proporcionan modelos de los que surgen tradiciones particularmente coherentes de investigación científica [p. 34]"; c) que "en su uso establecido, un paradigma es un modelo o patrón aceptado [p. 51]"; d) que Piaget y García (1982) llaman "'modelo' de la realidad física (o más precisamente, del dominio de la realidad física que se intenta explicar) al conjunto del sistema abstracto con su interpretación [p. 189]" o como ellos expresan, "dicho de otra manera: el marco teórico es un modelo adecuado a la situación dada [ib.]"; e) que parte de lo que Kuhn (1971b) sabe "sobre la forma de interrogar a los científicos que ya han muerto lo aprendió examinando la forma en que Piaget interrogaba a los niños que estudiaba [p. 46]" y f) "incluso en terrenos como el de la causalidad, acerca de la cual quizá no se esté completamente de acuerdo, [Kuhn se] siente orgulloso de reconocer las huellas indelebles de la influencia de Piaget [ib.]".

Además, "como debe ser obvio ya, los científicos nunca aprenden conceptos, leyes y teorías en abstracto y por sí mismos. En cambio esas herramientas intelectuales las encuentran desde un principio en una unidad histórica y pedagógicamente anterior que las presenta con sus aplicaciones y a través de ellas [Kuhn, 1971a: 85]".

Otras dos propiedades de los paradigmas que Kuhn (1971a) ha publicado son: a) "que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible [p. 149]", de la misma forma, "las diferencias entre paradigmas sucesivos son necesarias e irreconciliables [p. 165]" y b) que "los cambios de paradigma hacen que los científicos vean el mundo de investigación, que les es propio, de manera diferente [p. 176]".

Lo anterior habrá que matizarlo por tres grupos de razones:

> [El primero.] Ningún lenguaje teórico que articule las variables a las cuales se puede atribuir un valor

bien definido puede agotar el contenido físico de un sistema. Los posibles diferentes lenguajes y puntos de vista sobre el sistema son complementarios. Todos ellos tratan la misma realidad aunque es imposible reducirlos a una única descripción[61].

La verdadera enseñanza que se puede extraer de este principio de complementariedad[62], y que puede ser, tal vez llevada a otros campos del conocimiento, consiste en recalcar la riqueza de la realidad, la cual sobrepasa todo posible lenguaje, toda estructura lógica. Cada lenguaje puede expresar, si **bien satisfactoriamente**, únicamente parte de ella. [Prigogine y Stengers, 1983: 219]".

[El segundo.] La historia de las ciencias no tiene la sencillez atribuida a la evolución biológica hacia la especialización, es una historia más sutil, más retorcida, más sorprendente. Es siempre susceptible de volver atrás, de volver a encontrar, en el seno de un paisaje intelectual transformado, preguntas olvidadas, de demoler los tabiques que ha constituido, y sobre todo, de estar por encima de los prejuicios más enraizados, incluso de aquellos que parecen serle constitutivos.

Tal descripción se encuentra en claro contraste con el análisis [de] Kuhn ... No nos compete poner en duda lo bien fundado de [su] descripción de la actividad científica. De todas maneras, nos basta subrayar aquí su

---

[61] "Es concebible un mundo caótico o un mundo demasiado complicado para permitir aplicarle los esquemas relativamente sencillos que conseguimos construir con nuestro limitado intelecto. El que no sean así las cosas constituye el requisito previo de posibilidad de la ciencia. La estructura de la realidad es tal que permite la aplicación de nuestras estructuras conceptuales. Nos damos cuenta, sin embargo, de que todas las leyes científicas no representan más que abstracciones e idealizaciones que expresan ciertos aspectos de la realidad. Toda ciencia es una imagen esquematizada de la realidad, en el sentido de que determinada construcción conceptual está inequívocamente vinculada a ciertos rasgos de la realidad [Bertalanffy, von, 1945-1950: 85]".

[62] "Una de las consecuencias del teorema de incompletitud de Göedel es precisamente la no existencia de proposición, lenguaje formal o axiomática que sea final, cerrada o definitiva. La investigación científica se mueve buscando nuevos lenguajes cuando detecta inconsistencias [Wagensberg, 1985: 64-65]".

carácter parcial e históricamente situado[63]. [op. cit.: 273].

El tercero llega de los rubros metodológicos. Los procedimientos aproximativos empleados por Kuhn (1971a) tienden a ser de grano grueso[64], de acá que no le permiten enterarse de los detalles y sutilezas del labrado. Por ende, es de sospechar, que estos favorezcan la forma que tiene para vislumbrar y dar cuenta de los paradigmas en la manera que se acaba de marcar.

Por su radio de influencia los paradigmas pueden ser de las tres clases siguientes:

II.12.2.1) Paradigmas disciplinarios

Serían precisamente los ejemplos que se detectan en los libros de Kuhn (1971a y 1982). De acá que no se entrará en más detalles al respecto.

II.12.2.2) Nociones más generales

La mayoría de las veces, las nociones más generales, se presentan en tríadas como las que luego se citarán en el II.15; en pares de binomios, p. ej., "tradicionalmente, clasificamos a los fenómenos según sean reversibles o irreversibles, y deterministas o aleatorios [Prigogine, 1983: 47]"; en simples parejas, p. ej., equilibrio -- no equilibrio (op. cit.), estado-proceso (Prigogine y Stengers, 1983) o en grandes individualidades, p. ej., causa, fuerza, y otras.

---

63. "Históricamente situado quiere decir que la actividad científica corresponde tanto mejor a la descripción de Kuhn que se realiza en el contexto de las universidades modernas, en donde investigación e iniciación de los futuros investigadores están sistemáticamente asociadas, es decir, en el seno de una estructura académica de la cual puede seguirse la aparición a lo largo del siglo XIX, pero que era inexistente anteriormente [Prigogine y Stengers, 1983: 273-274]".

64 Utilizando palabras de Wagensberg, son "aproximaciones que integran sobre grandes unidades de observación [1983: 150]".

II.12.2.3) Paradigmas epistémicos

Un paradigama epistémico, a su vez, también puede ser considerado como un sistema cognitivo que consiste en una concepción, una realización universalmente reconocida, que durante cierto tiempo proporciona modelos epistemológicos generales a los problemas y soluciones planteados en lo que corresponde al papel del sujeto y el de las aportaciones del objeto en el conocimiento. Estos son equivalentes a las Epistemologías derivadas de Piaget (1979b)[65].

Dado que, el paradigma epistémico que proporcionará los modelos de problemas y soluciones que se abordarán a continuación, reconoce la transformación del objeto y el sujeto por la acción de conocer, bien puede ser encajado en el casillero

---

[65] "Una ciencia no distribuye sus conocimientos y sus investigaciones en un único plano, sino que abarca, a poco que se la vea mínimamente elaborada, diversos niveles de conocimiento, que proceden de la conceptualización directa ('dominio conceptual') de sus objetos ('dominio material') a una reflexión sobre esa conceptualización, que termina por formular la crítica de ésta ... En resumen, toda ciencia se ve llevada tarde o temprano, quiérasele o no, a efectuar su propia crítica espistemológica, es decir, a constituir una epistemología interior para su propio uso. Hay en ello, naturalmente, un nuevo plano por considerar, además de los niveles anteriores, y ha de ser el plano del 'dominio epistemológico interno' de la ciencia considerada, o análisis de los fundamentos de esta disciplina ... Lo definiremos como el conjunto de las teorías que tienen por objeto la búsqueda de los fundamentos o la crítica de las teorías del 'dominio conceptual' ... Pero eso no es todo. Tan pronto se presentan, aun dentro de una ciencia y para su propio uso, los problemas de los fundamentos, o sea, los problemas epistemológicos, damos con problemas epistemológicos generales como el del papel del sujeto y el de las aportaciones del objeto en el conocimiento ... Consiguientemente, en toda ciencia hay que considerar un cuarto dominio; lo llamaremos 'dominio epistemológico derivado' y lo distinguiremos del precedente de esta manera: mientras que el 'dominio epistemológico interno' comprende las teorías que formulan la crítica del 'dominio conceptual', el 'dominio epistemológico derivado' deslinda el alcance epistemológico más general de los resultados obtenidos por la ciencia considerada y compara éstos con los de la demas ciencias [Piaget, 1979b 35 y 36]".

de la corriente constructivista o dialéctica que "consiste, en su propio principio, en considerar el conocimiento como enlazado a una acción que modifica al objeto y que sólo lo alcanza, de ahí a través de las transformaciones introducidas por la acción [Piaget, 1979b: 92]". Este paradigma epistémico propone que el conocimiento "siempre recae sobre las interacciones entre la operación y el objeto, y no sobre éste exclusivamente[66] [op. cit.: 106]". Como ya se ha relatado, en esta epistemología derivada: "el sujeto se prolonga en sus herramientas, instrumentos o aparatos insertos en el objeto, así como su lógica y su matemática traducen las estructuras progresivas de la coordinación de sus acciones, una coordinación cuyas fuentes se remontan hasta las coordinaciones nerviosas y orgánicas [op. cit.: 92-93]".

II.12.3) Ideología dominante

Por ideología dominante, aquí, se entiende que es aquel conjunto de enunciados que aspiran a explicar y guiar el comportamiento de los hombres pertenecientes a una formación social[67] dada y "al mismo tiempo, más que explicar -...- trata de justificarlo [Sánchez Vázquez, 1975: 15]". Este conjunto está "determinado a

---

[66] "Siempre que operamos sobre un objeto lo estamos transformando (de la misma manera que el organismo sólo reacciona ante el medio asimilándolo, en el sentido más amplio del término). Hay dos modos de transformar el objeto a conocer. Uno consiste en modificar sus posiciones, sus movimientos o sus propiedades para explorar su naturaleza: es la acción que llamaremos 'física'. El otro consiste en enriquecer el objeto con propiedades o relaciones nuevas que conservan sus propiedades o relaciones anteriores, pero completándolas mediante sitemas de clasificaciones, ordenaciones, correspondencias, enumeraciones o medidas, etc.: son las acciones que llamaremos 'lógico-matemáticas'. El origen de nuestros conocimientos científicos reside, por tanto, en estos dos tipos de acciones [Piaget, 1971: 89-90]".

[67] "Llamaremos formación social a una totalidad social concreta históricamente determinada [Harnecker, 1971: 146]".

su vez por las relaciones de producción dominantes[68] [op. cit.: 17]" y por lo tanto, subyace como una función enmascarada y primordial de él: el mantenimiento de dichas relaciones. "Con toda modificación en las condiciones de vida, en las relaciones sociales, en la existencia social, cambian también las ideas, las nociones y las concepciones, en una palabra la conciencia del hombre ... Las ideas dominantes en cualquier época no han sido nunca más que las ideas de la clase dominante [Marx y Engels, 1847-1848: 46 y 48]".

"Los cometidos sociales y filosóficos que fomentaron el desarrollo de un campo determinado en un periodo en particular a veces lo obstaculizaron en otro periodo; si se especifica el lapso de estudio, entonces las condiciones que fomentaron el avance de una ciencia a menudo parecen haber sido hostiles para otras [Kuhn, 1976b: 58]". Como se podrá constatar en un momento más, estos grupos de obstáculos son diferentes de los obstáculos epistemológicos; mientras éstos constituyen condiciones de contorno, los obstáculos epistémicos forman parte de las condiciones internas del crecimiento de los sistemas cognoscitivos.

II.13) Marcos epistémicos

Para Kuhn (1971a) lo que diferenciaba a las escuelas de la antigüedad "no era uno u otro error de método -todos eran 'científicos'- sino lo que [él llegó] a denominar sus modos

---

[68] "En la producción social de su vida, los hombres contraen determinadas relaciones necesarias e independientes de su voluntad, relaciones de producción, que corresponden a una determinada fase de su desarrollo de sus fuerzas productivas materiales. El conjunto de estas relaciones de producción forman la estructura económica de la sociedad, la base real sobre la que se levanta la superestructura jurídica y política y a la que le corresponden determinadas formas de conciencia social [Marx, 1859: 182-183]."

inconmensurables de ver el mundo y de practicar en él las ciencias [p. 25]". También para Piaget y García "la diferencia entre un sistema explicativo y otro no era metodológica, [pero,] ni de concepción de la ciencia. Era una ... diferencia ideológica que se traduce por un marco epistémico diferente [1982: 233]". Según ellos "esta concepción del mundo actúa a diferentes niveles y de diferente manera en cada nivel [y] tiene sin duda, relación directa con la posición de Bachelard, quien ha sido el primero en señalar la importancia de lo que él llama 'obstáculo epistemológico' y 'ruptura epistemológica' en el desarrollo de la ciencia[69] [op. cit.: 232 y 234]".

Para estos mismos autores "en cada momento histórico y en cada sociedad, predomina un cierto marco epistémico, producto de paradigmas sociales y epistémicos [ib.]". Como no fue posible encontrar en su propio texto una caracterización explícita de lo que ellos denominan 'paradigma social', en este trabajo se considerará un marco epistemológico al sistema cognitivo cuyos componentes son los siguientes subsistemas: el paradigma epistémico, las nociones más generales y los paradigmas disciplinarios de las ciencias que encuadra, así como la ideología dominante.

A este sistema cognoscitivo se le puede considerar como lo que Prigogine y Stengers (1983) han denominado la 'interpretación global'[70].

---

[69] Piaget y García (1982) creen "por una parte, que hay una mayor continuidad entre el pensamiento precientífico y el científico, en tanto los mecanismos en juego en el proceso cognoscitivo son los mismos; y por otra, consideran que hay un cierto tipo de 'ruptura' cada vez que se pasa de un estadio al otro, tanto en la ciencia como en la psicogénesis. Pueden aceptar sin dificultad que se trata de una ruptura, pero en el sentido de un cambio de marco epistémico [p. 234]".

[70] "La interpretación global no deja de tener influencia sobre las investigaciones locales. La interpretación global se apoya sobre el trabajo efectivo de los científicos, pero también inversamente, lo orienta, es ella la que privilegia ciertas direcciones de investigación, fija las relaciones entre las

Hay que puntualizar que "una vez constituido un cierto marco epistémico, resulta indiscernible la contribución que proviene de la componente social o de la componente intrínseca al sistema cognoscitivo [Piaget y García, 1982: 234]".

II.14) Obstáculos epistemológicos

La siguiente acción consiste en agregarle a la intersección 'sistema cognitivo -- medios de producción -- estructura disipativa-paradigma-marco epistémico', la noción de 'obstáculo epistemológico'.

Bachelard propuso que "cuando se investigan las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia ... **hay que plantear el problema del conocimiento científico en términos de los obstáculos** ... que aparecen en el mismo acto de conocer, íntimamente, por una especie de necesidad funcional [1948: 15]". Esta noción de obstáculo espistemológico al igual que las categorías de la Epistemología genética, también "pueden ser estudiadas en el desarrollo histórico del pensamiento científico y en la práctica de la educación [p. 19]".

De la misma manera que Bachelard como obstáculos epistemológicos no serán considerados "los obstáculos externos, como la complejidad o la fugacidad de los fenómenos, ni ... la debilidad de los sentidos o del espíritu humano [1948: 15]". Pero a diferencia del mismo autor se hará referencia a aquellos paradigmas o marcos epistémicos que debido a su gran eficacia adaptativa han llegado a establecerse dentro del desarrollo científico de tal forma que su misma inmovilidad los ha convertido en "causas de estancamiento y hasta retroceso [ib.]",

---

diferentes regiones del saber y el frente avanzado de la interrogación. Es ella la que define la estrategia y, sobre todo, la define como estrategia: cercar a la naturaleza, obligarla a confesar la ley a la cual está sometida, el lenguaje que habla [Prigogine y Stengers, 1983: 82]".

así, en ciertos momentos de la historia se ha tenido que llegar a conocer "en **contra** de un conocimiento anterior [**ib.**]". En otras palabras y de acuerdo con las definiciones de la Embriología aludidas en la introducción: un obstáculo epistemológico es un paradigma o un marco epistémico que en un momento funcionó como un inductor[71], como un factor de crecimiento en el desarrollo del conocimiento en un cierto terreno y que en otro momento, pasó a afectar adversamente su desenvolvimiento o el de un campo distinto, a tal grado que no permitió más progreso y se transformó en un obstáculo a ser abatido.

En términos de Kuhn:

> Hay siempre hombres que se aferran a alguna de las viejas opiniones y, simplemente, se les excluye de la profesión que, a partir de entonces, pasa por alto sus trabajos. Un nuevo paradigama implica una definición nueva y más rígida del campo. Quienes no desean o no sean capaces de ajustar su trabajo a ella deberán continuar en aislamiento o unirse a algún otro grupo. [1971a: 46].

II.15) Seis nociones más generales, las triadas: totalidad, componentes y sus relaciones; medio, organismo y sus relaciones.

En conveniencia con Piaget (1969) existen nociones generales que, generalmente, se hallan en triadas, a través de las cuales es aprehendido el carácter estático de los estados estables en los que culminan los desarrollos tanto orgánicos como gnoseológicos.

II.15.1) Una de dichas triadas es:

> La de las concepciones que hacen de la totalidad una realidad que se basta a sí misma y es capaz de

---

[71] "La inducción embrionaria fue definida como la producción de nuevas propiedades celulares en un tejido dependiente por medio de la interacción con otro tejido inductor, el cual no contiene las propiedades resultantes en el tejido dependiente ni tampoco altera sus propias características originales [Aranda Anzaldo, 1994: 23]".

> explicar sus componentes; concepciones atomísticas que explican el todo en función de las partes (o como agregado de los componentes individuales); y concepciones relacionales que consideran la totalidad a manera de composiciones entre relaciones y en las que los elementos individuales están ellos mismos subordinados a estas relaciones totalizadoras. [Piaget, 1969: 79-80].

Esta tríada se encuentra "en todos los campos en lo que concierne a las nociones biológicas (y psicológicas, sociológicas, etc.), por lo demás tanto diacrónicas como sincrónicas [op. cit.: 79]". Para el caso de la nociones biológicas, Piaget (1969) proporciona tres ejemplos: la 'idea de especie', el 'sistema genético' y el 'organismo individual'.

Cuando llega el momento de comparar estas diversas nociones sincrónicas de la Biología "con los conceptos epistemológicos que les corresponden en el terreno de las funciones cognoscitivas [op. cit.: 88]" en el nivel de lo individual, Piaget (1969) acota que "es poco lo que puede decir de la noción de especie [ib.]" y que "no hay actualmente nada que decir, por falta de informaciones suficientes, acerca [op. cit.: 89]" del sistema genético y los modos de conocimientos. Pero en conveniencia con él, "es en el campo de la naturaleza de la organización individual (...) donde el paralelismo es impresionante, e inclusive riguroso históricamente, entre las concepciones biológicas y el desarrollo evolutivo de las ideas psicológicas o epistemológicas [op. cit.: 90]".

II.15.2) Una segunda tríada es la de las relaciones organismo-medio.

> Pero en tal cuestión, común por lo demás a las dos dimensiones diacrónica y sincrónica, la tríada dialéctica que está en juego ya no es sólo la de la totalidad transcausal, del atomismo o de los sistemas relacionales. Se añade una nueva trisección o bien el medio se impone al organismo y le da forma en el transcurso del funcionamiento hasta en sus estructuras hereditarias dóciles a esta acción, o el organismo impone al medio estructuras hereditarias independientes de él y el medio se limita a eliminar aquellas que no convienen, o a alimentar aquellas que armonizan con él; o también hay, entre el organismo y el medio,

interacciones tales que las dos clases de factores presentan una importancia igual y permanecen sin poder disociarse. Sólo que si este tercer tipo de solución es naturalmente solidario de las nociones de totalidad relacional, cada uno de los primeros puede combinarse con concepciones, o bien atomísticas, o bien relativas por el contrario a las totalidades causales. [Piaget, 1969: 91].

La tríada de que acabamos de hablar se vuelve a encontrar, en términos casi idénticos, en el terreno de las funciones cognoscitivas en lo tocante a las relaciones entre el sujeto y los objetos[72]. [op. cit: 92]

II.16) Las etapas Intra-, Inter- y Trans-

Las múltiples investigaciones que se han llevado a cabo durante años sobre el desarrollo de las operaciones en el niño han conducido a distinguir tres grandes períodos sucesivos en todos los dominios explorados hasta ahora: uno de ellos llamado 'preoperatorio', en el curso del cual se constituyen poco a poco acciones repetibles, modificadoras de los objetos, pero que no se transforman ni se coordinan entre ellas; el segundo llamado de 'operaciones concretas', donde ellas se organizan en sistemas (...) que involucran ciertas transformaciones de las operaciones mismas y el tercero, que está caracterizado por operaciones hipotético-deductivas, con síntesis de las transformaciones que pueden en ciertos casos tomar la forma de 'grupos' [Piaget y García 1982: 163].

---

[72] "O bien el objeto se impone tal cual al sujeto hasta en sus estructuras lógico matemáticas (origen empírico, en el sentido de la física, de las matemáticas ...); o bien el sujeto impone sus estructuras al objeto, en la medida en que constituyen marcos previos a toda experiencia (...); o bien el sujeto y el objeto están unidos de manera no disociable en el funcionamiento de las acciones y las estructuras lógico matemáticas deben considerarse como la expresión de sus coordinaciones más generales ... Pero, aquí también, esta tríada no corresponde a la de las totalidades transcausales del atomismo o de la totalidad relacional, salvo en lo que concierne al tercer tipo de soluciones ... Y, una vez más el tercer tipo de soluciones (interacciones entre el sujeto y los objetos) no constituye un simple intermediario entre los dos primeros, sino más bien su superación dialéctica [Piaget, 1969: 91, 92 y 93]".

Resulta claro que estas tres etapas, "cuyas edades son de 4-6 años, de 7-10 años y de 11-12 años en adelante [Piaget, y García, 1982: 163]" corresponden a la sucesión intra-objetal, inter-objetal y trans-objetal mencionada previamente en la introducción y en el II.1. Piaget y García (1982) encontraron "las razones que convierten esta progresión en necesaria y que justifican el número de tres (a manera de 'tesis', 'antítesis' y 'síntesis' de la dialéctica clásica), en lugar de una distribución en un número cualquiera [P. 163]".

II. 16.1) En lo que respecta al **intra-**, el período del análisis de los objetos:

> Conduce al descubrimiento de un conjunto de propiedades en los objetos o en los eventos, pero sin que haya otras explicaciones que no sean locales y particulares. Las 'razones' que se pueden establecer no pueden entonces encontrarse sino en las relaciones inter-objetales. [Piaget, y García, 1982: 251].
>
> Lo propio de este periodo es el descubrimiento de una acción operatoria cualquiera, y la búsqueda del análisis de sus diversas propiedades internas o de sus consecuencias inmediatas, pero con una doble limitación. En primer lugar, no hay coordinación de esta operación con otras en un agrupamiento organizado; pero además, el análisis interno de la operación en juego se acompaña de errores, que se corregirán progresivamente, así como de lagunas en la inferencia de consecuencia que de ella puedan deducirse. [op. cit.: 163].
>
> Esta etapa intra- consiste, pues, en mantenerse apegado a una acción correcta que ha sido repetida, pero sin poder todavía insertarla en un sistema de condiciones o de consecuencias que aumenta el alcance de la operación y la inserte en una totalidad de transformaciones solidarias. Hay sin embargo ya un comienzo de transformaciones pero referidas a los objetos que modifican las acciones en juego, y no a las acciones u operaciones de partida que permanecen aisladas y no dan lugar sino a un esfuerzo de análisis o de comprensión centrado sobre la naturaleza y las propiedades de cada una de ellas considerada como aislada. [op. cit.: 165].

II.16.2) El periodo inter- o estudio de las relaciones y transformaciones de los objetos o fenómenos

En las transformaciones que por su propia naturaleza son propias de este nivel han de encontrarse las 'razones' buscadas en el estadio anterior.

> La característica fundamental de la etapa 'inter-operacional', reside en lo siguiente: una vez comprendida una operación inicial [una operación de base] es posible deducir de ella las operaciones que están implicadas, o de coordinarla con otras más o menos similares, hasta la constitución de sistemas que involucran ciertas transformaciones. Si bien hay aquí una situación nueva, existen sin embargo limitaciones que provienen del hecho de que las composiciones son restringidas ya que solamente pueden proceder con elementos contiguos ... Son estas limitaciones las que nos obligan a distinguir los sistemas inter-operacionales de las 'estructuras' trans-operacionales, las coordinaciones de elementos contiguos de las síntesis propiamente dichas ... no hay aquí sino coordinaciones de elementos contiguos, referidos a procesos discursivos (en el sentido de analíticos y no dialécticos) sin llegar a los rebasamientos del tipo trans- que resultarán de las síntesis propiamente dichas. [op. cit.: 165-166].

II.16.3) La etapa trans- o de la construcción de las estructuras.

Una vez descubiertas las transformaciones del nivel anterior, "demandan el establecimiento de vínculos entre ellas, lo que nos lleva a la construcción de las estructuras características del trans- [op. cit.: 251]".

> El nivel trans-operacional es fácil de definir, en función de lo que precede, como involucrando, además de las transformaciones, síntesis entre ellas. Dichas síntesis llegan a la construcción de 'estructuras', aunque permaneciendo en el plano de las acciones, que aunque están interiorizadas, no han sido tematizadas [op. cit.: 167].

II.17) La naturaleza del intra-, del inter- y del trans- y las sub-etapas.

> En primer lugar, una fase previa y necesaria [en el crecimiento cognoscitivo] es aquella del análisis de

casos particulares que no están vinculados entre sí, o lo están pero insuficientemente (fase intra-).

En segundo lugar, la comparación de los casos particulares analizados conduce a la construcción de transformaciones al poner en evidencia tanto las diferencias como las correspondencias (inter-). Estas últimas, una vez dominadas y generalizadas permiten nuevas síntesis trans-, o sea totalidades hasta entonces inaccesibles, con sus nuevas propiedades de conjunto. Es necesario precisar que estas tres fases, con sus características propias, son de naturaleza funcional y no estructural. Son, por consiguiente, comunes a todos los niveles, y no especiales a algunos de ellos o, si se prefiere, inherentes a toda construcción y no ligados a ciertos dominios o niveles. Más exactamente, se limitan a describir el aspecto psicodinámico general de los rebasamientos superadores sin considerar ninguno en particular.

Si esto es así, va de suyo que nuestras descripciones en términos de intra- inter- y trans- están vinculadas a cuestiones de escala y que, como hemos dicho ... cada una de estas grandes etapas encierra subetapas tales que se pueden distinguir, por ejemplo en el nivel trans, lo que hemos designado como fases 'trans-intra', 'trans-inter' y 'trans-trans'. [Piaget y García 1982: 171].

En sublime absorción hurgo la mente:
medito con asombro en ese paso
de todas las estrellas a un Ocaso
que allende una ilusión resulta Oriente....
Y me inclino arrobado y reverente.

Salvador Díaz Mirón

CAPITULO III

La lista de los problemas planteados y la tesis que se sustenta

Igual que sucedió con el planteamiento de los objetivos (v. La introducción), la lectura de los textos utilizados en el acopio de las herramientas que se esboza en los capítulos anteriores, hizo que surgieran nuevas dudas o que se replantearan las anteriores. Las mismas consecuencias se obtuvieron de la lectura de los textos más directamente relacionados con el objeto de conocimiento. Esto significa que difícilmente las preguntas que se enunciarán a continuación podrán parecerse a las planteadas inicialmente. Si no fuera porque se puede pensar que hay demasiada pretensión por parte de quien esto escribe, se podría afirmar que estas diferencias son una prueba más de la validez de lo que se describe en la introducción y en el II.1 a propósito de las discontinuidades cualitativas de los productos del quehacer cognoscitivo.

III.1.1 Uno de los primeros problemas planteados fue el de saber si el alcance de los instrumentos que nos proporciona la Epistemología genética podía llegar hasta la historia de la Circadiología. Pero, sin embargo, como se acaba de señalar este primer problema se modificó ya que en otro momento, no sólo se trató de la penetración de la Epistemología genética sino que se planteó la posibilidad de que a los medios de producción aludidos se articularan algunos miembros provenientes de las ideas básicas de Bachelard, von Bertalanffy, Kuhn, Marx, Prigogine y Waddington. De hecho, en el capítulo anterior se ha insinuado, aun cuando en forma todavía muy primitiva, una respuesta afirmativa, la que, sin embargo, ha influido para que se amplíe la primera pregunta: ¿los medios de trabajo, las categorías del análisis epistemológico caracterizadas en la sección pasada, permiten asimilar la historia del conocimiento en torno a la

ritmicidad circadiana, desde el paleolítico hasta los primeros años de la década de 1930?.

Esta primera cuestión, ocasionó la siguiente cascada de dudas:

III.1.2 ¿El lapso de tiempo aludido corresponde a un estadio intra- del desarrollo del conocimiento hacia los ritmos circadianos?

III.1.3 ¿Cuáles fueron los observables O y S rebasados y rebasantes más importantes? y ¿cuáles las principales coordinaciones S y O superadas y superadoras que se podían hallar durante dicho estadio?

III.1.4 ¿Cómo se constituyó esta etapa? y ¿en qué consistió el pasaje de ésta al siguiente nivel que, en todo caso, corrresponde al inter-?

III.1.5 Con el propósito de poder poner de manifiesto algunos de los mecanismos implicados en la constitución de la etapa intra- y su pasaje al nivel inter- se hizo el replanteamiento de estos dos últimos problemas, para llegar otros definidos con mayor precisión: ¿Es la construcción del experimento que consiste en colocar en OL a los ritmos circadianos la característica principal del estadio intra- de la evolución de la Circadiología? ¿En la historia del conocimiento sobre los ritmos circadianos, el decubrimiento de esta acción operatoria y el "análisis de sus diversas propiedades internas o de sus consecuencias inmediatas [Piaget y García, 1982: 163]" corresponde a lo que según Piaget y García (1982), es lo propio del período intra-? Además, ¿cuáles fueron las operaciones que, se puede considerar que estaban implicadas y fue posible comenzar a deducir de ella? Inicio que estaría indicando el tránsito hacia la etapa inter- y ¿cómo fue esta transición?

III.1.6 ¿Cuáles fueron las principales fluctuaciones, anomalías, innovaciones o perturbaciones que se pueden localizar en este nivel? ¿Cuándo fue que alguien se percató de la existencia de un ritmo diario de alguna función biológica o todavía más, puso al organismo del que se presumía tal ritmo en

condiciones de, por lo menos iluminación constante? Pero hay más interrogantes: la tocante a la propiedad azarosa de la detección de los ritmos diarios, ¿en qué condiciones epistemológicas, se llevó a cabo tal descubrimiento? ¿cuándo, dónde y por quién fue hecho?. Dicho logro, ¿cómo influyó sobre el aparato cognitivo de su época?: ¿promovió una conducta α, β o γ? En otras palabras, ¿esta fluctuación fue amortiguada o se amplificó? Y en caso de haberse establecido: ¿cómo se llevó a cabo su implante? y ¿a qué creodas dieron lugar?

III.1.7 Al mencionar las creodas, resulta oportuno preguntar por el paisaje epigenético de la Circadiología durante su era intra-. Es decir, ¿cuáles y cómo fueron los caminos más destacados por donde anduvo el conocimiento sobre los ritmos circadianos en este estadio de desarrollo? Después de su replanteamiento, la pregunta anterior quedó así: ¿fueron 'el sueño en las plantas', 'los ritmos de actividad en insectos', 'los ritmos de migración vertical y de mareas en organismos acuáticos', 'los ritmos de actividad en decápodos' y 'los ritmos de migración en los pigmentos animales' los senderos más relevantes provocados por algunas de las primeras fluctuaciones cognitivas aparecidas en el nivel intra- de la Circadiología?

III.1.8 En dichas canalizaciones, ¿qué paradigmas estuvieron presentes? de éstos ¿cuáles actuaron como factores de crecimiento y cuáles como obstáculos epistemológicos? y ¿qué paradigmas han quedado constituidos?

III.1.9 Un problema final: ¿Cómo se entrelazan los estudios realizados en el campo de los ritmos circadianos, durante este periodo con las nociones generales descritas en el II.14?

III.2 La tesis que se sustenta es que la primera época de la historia del conocimiento respecto a los ritmos diarios, que se debió haber originado desde el paleolítico y que llega hasta la década de 1929-1938, tiene los rasgos de una etapa intra- y que además, ésta se puede subdividir en dos épocas.

Lo propio de este nivel fue el descubrimiento de la acción operatoria que consiste en colocar a un organismo, en el que se manifiesta un ritmo diario de alguna de sus funciones, bajo condiciones de iluminación y temperatura constantes. Los procesos de abstracción elaborados en torno a ella condujeron al descubrimiento de las siguientes propiedades de los ritmos biológicos que, en este tiempo, son conocidos como circadianos: su capacidad de mantenerse bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura, su periodicidad casi diaria bajo estas condiciones, su capacidad de sincronización, su heredabilidad y su ubicación tanto en animales como en plantas. Se puede considerar a estas propiedades como intra- operatorias porque son propiedades internas (aún no se daba una coordinación de la operación de base con otras en un agrupamiento organizado) y porque las explicaciones que se formularon sobre ellas sólo fueron locales y particulares.

En la primera época se vislumbra un camino cognoscitivo poco diferenciado. Es decir, los observables estaban poco definidos. En ella se hacen unos cuantos registros de algunos fenómenos biológicos con periodicidad diaria. Durante mucho tiempo hay un predominio del marco espistémico aristótelico que fue reemplazado por el newtoniano.

En la segunda época del estadio intra- en la evolución del conocimiento de los ritmos circadianos:

1.Se sitúan, plenamente definidas por sus ámbitos de estudio, cinco canalizaciones cognitivas: la del sueño en las plantas, los ritmos de actividad en insectos, los ritmos de migración vertical y mareas, los ritmos de actividad en decápodos y los ritmos en la migración de los pigmentos en los animales. Cinco creodas que surgen por separado de diferenciaciones de los observables en

sistemas cognitivos más generales y que en la década de 1929-1938 se van a reunir en una sítesis que se puede observar como una estructura disipativa.

2. El primer cauce, el del sueño en las plantas, principia con el descubrimiento al azar, en 1729, de la acción operatoria u operación de base del conocimiento que atiende a los ritmos circadianos. Esta consiste en colocar bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura un ritmo biológico con periodicidad diaria. Se trata de la operación conocida entre los circadiólogos como la de poner en oscilación libre a los ritmos circadianos y que además sirve para definirlos como "aquellos ritmos biológicos cuyo periodo en oscilación libre se aproxima al periodo de la rotación de la tierra [Pittendrigh, 1960: 160]". Las otras cuatro rutas empiezan cuando se vislumbra el ritmo de la función biológica o que aquél posee una periodicidad diaria, pero tiempo después, se repite el descubrimiento de la misma operación de base.

3. Varios de los pioneros en el conocimiento de los ritmos circadianos mostraron una conducta cognoscitiva α al vislumbrar que el ritmo diario que colocaron en oscilación libre se mantenía aún en ausencia de las señales de los cambios de iluminación o temperatura que habían dejado de recibir los organismos puestos bajo las condiciones constantes de estos dos factores.

4. Por supuesto que el hecho nuevo no se constituyó en una perturbación dentro del sistema de la Circadiología en el que apenas surgía la diferenciación de sus primeros senderos. La perturbación llegó a una estructura más amplia, a la de la Fisiología.

5. En ella imperaba un punto de vista general que se puede insertar dentro del problema biológico que Piaget (1969) ha denotado como el de la tríada dialéctica de las interacciones entre el organismo y el medio (II.15). Se trata del primer constituyente de la trisección: la noción de que el medio se impone al organismo. El imperio de esta corriente en la Fisiología no fue directo, ni de la misma forma a lo largo del tiempo. Se manifestó en: el punto de vista doctrinal de la

Fisiología de la Ilustración, la naciente electrofisiología, la Fisiología empírica, el aparato cognitivo entrelazado con la ósmosis, las Comunidades de los Médicos materialistas de Berlín y de Claude Bernard, el dominio conceptual ligado con la fotosíntesis, etc. Parece que el paradigma disciplinario que mejor representa este esquema conceptual es el de los 'Tropismos'.

6. "Las concepciones que hacen de la totalidad una realidad que se basta a sí misma y es capaz de explicar sus componentes [op. cit. 79]" es otro miembro de otra de las tríadas ubicadas por Piaget (la de las interacciones entre la totalidad y sus partes -II.15.1) que durante el proceso de la era intra- del conocimiento que trata de los ritmos circadianos, de la misma manera que el marco que da prioridad al medio, tuvieron la ocupación de obstáculo epistemológico (II.14). Una vez más, la influencia no fue directa, fue por medio de la Fisiología filosófico-natural. A esto habrá que adherir la presencia de la dificultad técnica para desmembrar la oscilación circadiana o identificar los osciladores que la forman.

7. A las corrientes de que el medio se impone al organismo y las que hacen de la totalidad una realidad que se basta a sí misma se les sumaron otros obstáculos epistemológicos a la consolidación de la Circadiología: las proposiciones de los electricistas, el esquema de las causas actuales, el mito del origen sensorial del conocimiento y la doctrina organicista.

8. No solamente estuvieron presentes obstáculos epistemológicos en la evolución del conocimiento que atiende a los ritmos circadianos, del mismo modo, hubo otros paradigmas que actuaron como factores de crecimiento: la invención del cronómetro en 1762, la teoría celular, algunos de los paradigmas levantados por la comunidad de los Médicos materialistas alemanes -entre ellos el sistema de registro quimográfico, la teoría de la selección natural, el metabolismo en las hojas, las leyes de Mendel, la Entomología médica, la teoría de las comunidades diurnas y nocturnas, los logros de las expediciones oceanográficas Challenger, Tiefsee Valdivia, Deutschland y

Michael Sars, las capturas con redes de entradas suficientemente grandes y la Endocrinología.

9. Una vez que se certificó por separado en cada una de las sendas la posibilidad de repetir el experimento y de que no existían defectos en su realización, p. ej. la penetración de luz en la cava oscurecida (a pesar de que más tarde se cayó en la cuenta de que el propio experimentador estaba dejando caer la señal sincronizadora) y que surgieron los inductores externos, se emprendió una búsqueda de las diversas propiedades internas o de las consecuencias inmediatas de la operación de base, lo que condujo al descubrimiento de la mayoría de las propiedades de los ritmos circadianos (I), pero sin que hubiera otras explicaciones que no fueran locales y particulares, cualidades del análisis de la operación en el nivel intra-, a las que se les pueden agregar las otras limitaciones que Piaget y García (1982) observaron en sus investigaciones que atendieron este periodo (II.16.1).

10. Es la superación dialéctica en una síntesis del esquema teórico de que el medio se impone en el funcionamiento del organismo, a través de la constitución del paradigma de que los ritmos diarios, que en este tiempo se conocen como circadianos, tienen un origen endógeno. Esta estructura disipativa ya amplificada, va a marcar, entre 1929 y 1938, el final del periodo intra- y el principio del estadio inter-, de la Circadiología.

Círculo es la existencia, y mal hacemos
cuando al querer medirla le asignamos
la cuna y el sepulcro por extremos.

Manuel Acuña

CAPITULO IV

El método y las técnicas empleadas

Con apego a lo establecido en nuestro diccionario, en el que, un método, es un "modo de decir o hacer con orden una cosa", en esta parte, se articula, por un lado, la relación de la "forma o manera" en que se hicieron las maniobras para llegar al presente texto y por otro, el "conjunto de procedimientos y recursos" que sirvieron para hacerlas.

En 1637, en su **Discurso del método**, Descartes planeaba empezar "por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ir ascendiendo poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más compuestos, e incluso suponiendo un orden entre los que no se preceden naturalmente [p. 40]". "Hoy hemos acumulado ya el suficiente conocimiento como para saber que el plan de Descartes no es forzosamente viable ... Pero nadie renuncia a que la ciencia se ocupe del orden universal de los sistemas y de los fenómenos, de ese juego de jerarquías cuyo escenario va desde las partículas elementales hasta el propio universo [Wagensberg, 1985: 15]". Todavía más, Descartes propone implícitamente que "se empieza por la elección del objeto y se termina cuando tal elección ha alcanzado cierta plenitud [op. cit.: 13]". Es evidente que en este caso, el objeto escogido fueron las condiciones epistemológicas del periodo en que se descubrieron las primeras propiedades de los ritmos circadianos.

Igualmente que Wagensberg (1985), se consideró "el mundo dividido en dos partes. Una, finita, merecedora de nuestra atención e interés: es el sistema [p. 46]". El sistema en este

caso, fue el conocimiento de los ritmos circadianos durante su periodo intra-. "Y otra, su complementaria mundial, su entorno [op. cit.: 46]": el marco epistémico existente en aquellas fechas. Todavía algo más, la elección de la formulación del conocimiento que tiene que ver con la ritmicidad circadiana como el sistema del interés, significó definir la frontera que lo separó de su entorno. Efectivamente, se trató de una superficie ficticia, pero permeable "al paso de la información en sus dos sentidos: del sistema al entorno y del entorno al sistema [op. cit.: 46-47]".

Como "no se puede elegir un objeto sin definirlo y no hay una buena definición que no incluya el mínimo número de propiedades capaz de distinguirlo de todos aquellos otros a excluir en nuestro estudio [ib.]", entre el inicio de la elección y las demás operaciones que se hicieron, fue necesario reunir y organizar todos los elementos para abordar el objeto seleccionado.

El logro, aunque incipiente, de un objeto definido y la sospecha de que se tenía una definición no trivial, exigió que, como en toda investigación del equilibrio, para que ella misma fuera equilibrada, se pusiera, en la elección de los métodos de enfoque y de control, un cuidado compensador (Piaget, 1969).

IV.1. Un primer método de enfoque, que no trajo consigo casi control interno, consistió en poner de manifiesto los paralelismos existentes entre Bachelard, von Bertalanffy, Kuhn, Marx, Piaget, Prigogine y Waddington. En voces más modestas, se hizo un inventario de las propuestas comunes de dichos autores, muchas de las cuales, fueron empleadas más tarde como las herramientas intelectuales en la realización de las operaciones hechas y otras, sólo sirvieron para la comprensión o definición de las primeras.

A fin de evitar confusiones acerca del papel asignado a estos esquemas de asimilación que fueron utilizados como instrumentos y no como materia prima, se impuso la necesidad de colocarlos en el

sector dedicado a los medios de producción reunidos, el cual, para acotar su oficio de marco teórico, ha sido denominado 'Acerca de las categorías del análisis epistemológico'. Como ya se avisó, dado que las citas que se hacen en él, nada más son operadas como instrumentos, no se creyó necesario respetar su contexto. Por más que sí se puso especial cuidado en tomar en cuenta y señalar que las categorías concretadas en ellas fueron formuladas por sus proponentes para los ámbitos de su interés particular, que, en algunos casos, son de escalas distintas[73].

Esto para nada significa que los fenómenos cubiertos por dichas escalas no coexistan e interactúen, pero sí que tienen una dinámica propia. Tampoco tiene porque contradecir los supuestos de que dentro del campo del conocimiento científico existe cierta equivalencia entre las 'estructuras disipativas', los 'obstáculos epistemológicos' de Bachelard, el 'modelo de sistema abierto' de von Bertalanffy, los 'paradigmas' de Kuhn y los 'equilibrios cognoscitivos' de Piaget y que además de existir continuidad, debida a su origen, entre los grupos de procesos inorgánicos, orgánicos (filogenéticos y ontogenéticos) y cognoscitivos (los de la psicogénesis del conocimiento y los de la sociogénesis de la ciencia, entre otros), también existen entre ellos semejanzas y otras ligas.

Ciertamente, entre la singularidad asociada con el **big bang**, o entre las correlaciones de largo alcance creadas por las colisiones en el equilibrio (Prigogine y Stengers, 1990) y las

---

[73] P. ej.: Bachelard para "las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia ... y la práctica de la educación [1981: 15 y 19]"; von Bertalanffy se involucra con varios dominios que van de los átomos a las galaxias, pasando por las células, los perros y la Filosofía, etc. (1976); Kuhn pasó "de la ciencia a su historia [1971a: 10]"; Marx (1867) en El Capital se propuso "investigar el régimen capitalista de producción y las relaciones de producción y circulación que a él corresponden [p. XII]"; Piaget estuvo interesado en los procesos cognoscitivos desde el nivel psicogenético al sociogenético; Prigogine (1955) ha hecho sus propuestas desde la termodinámica de los procesos irreversibles y Waddington desde la embriología.

estructuras cognoscitivas debe existir cualquier número de otras estructuras disipativas con sus flujos, condiciones de contorno y estados estables caraterísticos. Una primera duda que se ubica, entonces, es la de ¿cómo estudiar los nexos que existen entre los fenómenos de distintas escalas?. Por el momento, sólo se puede contestar: que no hay la posibilidad de proponer reglas generales para atacar esta pregunta; que ninguna fluctuación aplificada en un nivel está aislada de las de su vecino y por lo tanto, que no se deben olvidar las correlaciones de largo alcance.

Aunque desde el inicio de este trabajo no se tenía la decisión de revisar los vínculos que pudiera haber entre los procesos inorgánicos, orgánicos o cognoscitivos, se hizó la aclaración que antecede con la intención de evitar falsas interpretaciones o espectativas que no se podrán satisfacer.

Por otra parte, como las herramientas del inventario aludido al abrir este subcapítulo fueron sometidas a prueba en la escala de la sociogénesis del conocimiento, en la que fue evaluada su eficacia o utilidad, se hizo necesario puntualizar que algunas de ellas se originaron en otra escala. No está de más insistir en que se trasladaron los instrumentos, nunca la materia prima; sólo se transfirió el instrumento, ya que la escala del proceso de asimilación permaneció sin cambio alguno.

La elaboración del inventario permitió ubicar las propuestas en dos grupos, las que tienen una equivalencia de naturaleza local y las que tienen un carácter general. Las correspondencias locales son muy nítidas; las generales resultan más difíciles de discernir y su estudio requiere de una mayor elaboración.

Por otra parte las discrepancias de los autores citados, parecen seguir un patrón parecido al de las equivalencias. Resulta interesante hacer notar que, posiblemente debido a los objetivos y al método que emplearon, las diferencias, frecuentemente, facilitaron la labor para entrelazar sus ideas.

Uno de los supuestos principales de este trabajo es que la historia de la Ciencia es "como un 'laboratorio epistemológico', según la acertada distinción de E. J. Dijksterhuis [Piaget y García 1982: 237]". Esto planteó la necesidad de descartar la

posición de que la Historia es únicamente una relación de hechos acerca del pasado, la mayoría de ellos aparentemente indisputables (Kuhn, 1982). La tarea primordial durante este estudio de los ritmos circadianos no sólo fue la de examinar textos de los pioneros de la Circadiología, extraer de ellos los hechos pertinentes acerca de las descripciones de sus experimentos, de sus resultados y de sus conclusiones, para relatarlos más o menos en orden cronológico. Además de todo ello, ha habido, sobre todo, un intento por mostrar las relaciones que hay entre los hechos epistémicos presentes durante el progreso del conocimiento de los ritmos circadianos; por describir **ex post facto** y en conveniencia con el esquema teórico configurado, cómo procedió la Circadiología y cómo ha tenido lugar su desarrollo histórico en su etapa intra-.

IV.2. La necesidad de poner a prueba la validez de las convergencias descubiertas durante la constitución del marco teórico y de alcanzar las respuestas a las interrogantes planteadas, determinaron la necesaria repetición del método comparativo: fue indispensable comparar las funciones de algunos sistemas cognitivos en el progreso de la Circadiología con las de otros sistemas en los procesos vitales[74], en particular los embriológicos. Para poder confrontar las funciones cognoscitivas con las funciones orgánicas, hubo que valerse de la significación de los términos función y funcionamiento, ya desarrollada en el I.2.

---

[74] "Las funciones biológicas desembocan en el mantenimiento o conservación de la vida y las funciones cognoscitivas en conocer y en comprender. ¿Qué hay de común, aparte de esta afirmación banal y totalmente insuficiente de que las percepciones, la inteligencia, y sobre todo el instinto colaboran por igual a la conservación de la vida? Por eso un estudio comparativo de las funciones constituye un segundo método necesario de enfoque y, al mismo tiempo de control [Piaget, 1969: 52]".

Se puede decir que la primera función del conocimiento es la **asimilación**, precisamente en el sentido que se ha aclarado en el II.2, II.3 y II.4. "Luego las funciones biológicas son también, casi todas anticipadoras y el desarrollo [embriogénico] no es sino una anticipación sistemática de los estados y los funcionamientos ulteriores [Piaget, 1969: 51-52]". De ahí que se estimó conveniente indagar de cerca las convergencias o diferencias entre algunas de las anticipaciones orgánicas y las cognoscitivas en la historia de la Circadiología.

IV.3. De acuerdo con otra recomendación de Piaget (1969), fue conveniente utilizar "un método de comparación estructural complementario de las comparaciones funcionales de que acabamos de hablar[75] [p. 54]". Un método a la vez legítimo y fructífero, consistío en "poner de manifiesto los isomorfismos parciales entre estructuras comparables de diferentes niveles [op. cit: 55-56]". Este "método de enfoque fundado en los isomorfismos estructurales lleva consigo su propio control más que los métodos anteriores y que, por tanto, nos [vimos] llevados a utilizar **en la medida de lo posible** [op. cit.: 56]".

Se subrayó en la medida de lo posible (no viene así en el original) porque para los problemas que se plantearon en el presente trabajo el uso de este método de enfoque presentó dos limitaciones: una se refiere a las propiedades mismas del dominio material, esto es, al estadio intra- de la Circadiología:

---

75 "Los dos métodos no son idénticos, porque una misma función puede ser desempeñada por estructuras de órganos muy diferentes y porque una misma estructura puede cambiar de función. En efecto, como las estructuras son mucho más numerosas y variables que las funciones, no podría haber correspondencia término a término entre los dos conjuntos y esto impone la necesidad de dos métodos diferentes ... Mucho más aún la noción de isomorfismo o, como dice Bertalanffy, de 'homología formal', [cuya connotación ya se ha agregado con antelación en una nota] permite introducir grados de correspondencia, lo cual casi no es inteligible en el campo de las comparaciones funcionales [Piaget, 1969: 54]".

a) Evidentemente las estructuras que se pudieron detectar estaban poco elaboradas, lo cual, dificultó su percepción y, además, las fluctuaciones eran muy frecuentes ya que los estados estables son muy escasos. Como ya, desde 1867, lo señaló Marx, "es más fácil estudiar el organismo desarrollado que la simple célula [p. XIII]".

b) La otra limitación se encuentra en la poca experiencia que se tiene en el manejo de este método. Como siempre, entre más de ley y productivo es un método, resulta mucho más arduo su empleo.

IV.4. La pregunta que se plantea en el III.7 referente a las creodas estableció la necesidad de incluir "un cuarto método de enfoque y de control: la utilización de modelos abstractos y cibernéticos [ib.]".

La aplicación del esquema de las creodas de Waddington en el desarrollo de las funciones cognoscitivas durante la primera etapa de la historia de la Circadiología, condujo al encuentro de algunas analogías instructivas. Ello a pesar de que se emplearon sólo instrumentos cualitativos. De hecho, en esta investigación, las creodas se identificaron y caracterizaron con base en la materia que utilizaron los pioneros de la Circadiología. Esto significa que nombres como los de 'El sueño en las plantas', 'Ritmos de actividad en insectos', 'Ritmos de migración vertical y mareas en organismos acuáticos', 'Ritmos de actividad en decápodos' y 'Ritmos de migración en los pigmentos de los animales', sirven para designar cauces por los que discurrieron las tareas de las primeras comunidades científicas que partieron al conocimiento de los ritmos circadianos.

De una forma un tanto semejante, en 1962, "a todo lo largo de **La estructura de las revoluciones científicas**, [Kuhn] identificó y caracterizó las comunidades por la materia que manejaron[76]

---

[76] "Dando a entender así, por ejemplo, que términos como los de 'óptica', 'electricidad' y 'calor' pueden servir para designar a determinadas comunidades científicas precisamente porque designan también las materias de investigación de cada una de ellas [Kuhn,

[1977: 16]". Tiempo después, advirtió que en algunas narraciones se oscurece el hecho de que la mayoría de los temas que en estos días se agrupan dentro de un campo específico, "no se consideraban relacionados durante la época en que se describieron por primera vez [1976b: 57]". Ya en 1977, se autocriticó y concluyó que, ya señalado, se le hacía obvio el anacronismo en su libro de 1962. Por tal motivo, él insistió "en que las comunidades científicas deben descubrirse examinando sus pautas de educación y comunicación, antes de indagar la problemática particular de cada grupo [1982: 16]". Con estas proposiciones en mente, ya detectados los primeros observables de cada trayecto, se siguieron sus procesos de diferenciación y síntesis. Estos procedimientos dieron, entre otros, los siguientes resultados: a) la percepción de la separación original y la agrupación ulterior de los dominios materiales de las sendas de la Circadiología, durante su etapa intra- y b) una referencia a la naturaleza especial de los grupos involucrados. Se obtuvo la secuencia de los maestros y sus discípulos, se ubicaron las sucesiones y los cruces de las citas a los trabajos y se pudo comprender el lenguaje y el dominio conceptual, que se constituyó en cada camino, así como, en las integraciones[77].

Por más que, como lo hace notar Piaget (1979), el dominio material y el dominio conceptual de una Ciencia son sólo dos de las cuatro categorías de análisis que permiten explorar sus relaciones de filiación y dependencia con otras Ciencias, únicamente ellos fueron utilizados para caracterizar a los senderos de la configuración de la Circadiología (acción que dejó fuera los dominios epistemológico interno y el derivado). Esto se

---

1977: 16]".

[77] El historiador "también necesita saber acerca de las relaciones entre la areas de actividad a las que nombra, preguntándose, digamos, por el grado de interacción existente entre ellas y la facilidad con que sus profesionales podían pasar de una a otra [Kuhn, 1976b: 59]".

debió a que la diferenciación se dio más en los observables que en las coordinaciones, ya que el aparato cognoscitivo apenas se estaba labrando, por lo que, entonces, el dominio epistemológico interno todavía no se podía alcanzar y los vínculos con el derivado eran harto indirectos.

IV.5. Piaget (1969) asegura que "el estudio de los isomorfismos funcionales [IV.2], estructurales [IV.3], y sus modelos [IV.4], conduce naturalmente a comparaciones que no tienen que ver sólo con los términos extremos (...), sino que deben proceder progresivamente pasando de un nivel de organización a otro [p. 58]". Sin embargo, en este trabajo no fue posible poner en práctica este **modus operandi** y los únicos niveles de organización que se pudieron comparar fueron el embriológico, el psicogenético y el de la sociogénesis del conocimiento. De esta manera, la aplicación del método de enfoque y de control que Piaget llama "epistemología comparada de los niveles de conocimiento [ib.]", no fue tan rica como se hubiera deseado.

A pesar de esta limitación resultó muy estimulante el hecho de que el mismo Piaget (1969) considera "imposible suministrar ... una epistemología algo completa de la noción o de los esquemas del tiempo, así como de sus relaciones con las velocidades-desplazamientos o las velocidades-frecuencias (tempo del ritmo) sin tomar en cuenta las reacciones temporales de múltiples grupos de animales [p. 59]". Da como "ejemplo las relaciones entre las reacciones temporales y los ritmos en las abejas [ib.]", A pie de página citó que "a este respecto se conocen los notables trabajos de Bünning acerca de los ritmos en los vegetales y en los animales [ib.]". Nada menos que el objeto de transformación de la Disciplina cuyos inicios es el tema de este trabajo.

IV.6. Otro método de enfoque empleado por Piaget (1969) "consiste en la epistemología del conocimiento biológico y en su comparación con la 'crítica' de los conocimientos de

psicogenética o también epistemológicos[78] [p. 60]". Por más que, dada la estrechez de experiencias que se tiene en estos dos últimos tópicos, no fue posible usar este método de enfoque en las operaciones realizadas.

IV.7. Otro método de enfoque que se utilizó consistió en un ensayo de aplicación de algunos componentes de las teorías explicativas de la Biología, en particular de la Embriología y la Fisiología a los hechos sociogenéticos relativos a las funciones congnoscitivas[79] en conexión con los ritmos circadianos.

---

[78] Piaget, (1969) puede sostener, y cree "que tal es el resultado de toda crítica moderna, que el objeto de un conocimiento no es nunca completamente independiente de las actividades del sujeto, en el sentido de que si la objetividad constituye naturalmente el ideal de toda ciencia, en particular experimental, esta objetividad está, no obstante, subordinada a tres condiciones:

En primer lugar, la objetividad es un proceso y no un estado. Esto quiere decir que no hay intuiciones inmediatas que capten el objeto de manera válida, sino que la objetividad supone un encadenamiento de aproximaciones sucesivas que quizá nunca terminan.

En segundo lugar, las aproximaciones que conducen al objeto no son de naturaleza simplemente aditiva (efecto acumulativo de informaciones que se suman o se encadenan sin más), sino que suponen además un proceso esencial de descentrado, en el sentido de la liberación de adherencias subjetivas o de prenociones juzgadas exactas al principio por el solo hecho de que son más simples para el sujeto ...

En todas las ciencias experimentales avanzadas, cuyo prototipo es la física, la conquista de la objetividad no consiste en captar al objeto en estado 'desnudo', por así decirlo, o puro, sino en explicarlo y en describirlo por medio de cuadros lógico-matemáticos (clasificaciones, puestas en relación, medidas, funciones, etcétera), fuera de los cuales toda asimilación cognoscitiva es imposible [: 60-61]".

[79] "Este último método puede parecer muy atrevido, puesto que no poseemos todavía los datos biológicos que harían posible la comparación sobre terrenos específicos ...

Sin embargo, se impone la confrontación, aunque no sea más que para aprender a precisar los problemas y a delimitar mejor las zonas de ignorancia y de investigaciones que hay que efectuar. Pero, incluso con independencia de estas ventajas heurísticas, se impone la confrontación tanto más cuanto que la mayoría de los biólogos han olvidado casi totalmente la

Cabe iniciar en esta parte la discusión de la validez de haber caracterizado solamente el nivel intra- de la configuración de la Circadiología sin incluir los otros dos: el inter- y el trans-, discusión que será continuada en el capítulo XI:

De acuerdo con Piaget, "en el caso de la filogénesis, nos encontramos en presencia de lo que podemos llamar desarrollo **genealógico** o colectivo por formación de ramas sucesivas a partir de troncos comunes o de ramificaciones de diversos órdenes a partir de las ramas [1969: 66]". Con respecto al desarrollo ontogenético u 'orgánico', este "desarrollo es una organización progresiva e implica, pues, la noción de una construcción de estructuras totales y de una filiación de estas estructuras, las de un estadio n que se derivan de las del estadio n-1 [op. cit.: 76]". En la fisiología "una misma función puede ser desempeñada por estructuras de órganos muy diferentes y ... una misma estructura puede cambiar de función [op. cit.: 54]". De ahí que existan comunidades de biólogos dedicadas a revisar la formación de alguna rama, la construcción de alguna estructura o la función desempeñada por algunos órganos, sin tener que demostrar la existencia o hacer la caracterización del resto. A esto hay que agregar, que la realidad de estos procesos "a la cual tenemos acceso es aquella que se encuentra mediada por múltiples elementos lingüísticos, históricos, científicos, culturales en general ... Sin que esto deba interpretarse como la negación de toda realidad al margen de nosotros ... [si no] que nuestra relación con ese mundo o realidad sólo es factible desde ciertos marcos sociales e históricamente determinados [Beller, 1987: 108".

Debe enfatizarse que con todo y que los procesos de la

---

existencia de las funciones cognoscitivas cuando han tratado de elaborar una teoría general de la adaptación y que este llamamiento, al agrandar el campo de las adaptaciones vitales hasta llegar a englobar la adaptación cognoscitiva, pueden conducir a ciertas renovaciones de perspectivas [Piaget, 1969: 62]".

filogénesis son secuenciales como los de la ontogenia, no son repetibles como los de ésta, se han dado una sola vez en la historia. Lo mismo acaece con la sociogénesis del conocimiento y su psicogénesis; por tanto, es perfectamente legítimo y enriquecedor el haber visto únicamente la primera época de una configuración sociogenética del conocimiento, el estadio intra-de la Circadiología.

También se satisfacen las condiciones que Piaget (1969) considera necesarias para que se pueda hablar de estadios en el campo de la inteligencia. Como se vislumbró que esta temática estaría mejor en el capítulo dedicado a la discusión y las conclusiones, fue trasladada para allá y aquí solamente se dejó la nota al pie de la página en la que se apunta cuales son esas condiciones[80].

IV.8. Un método de grano fino. La elección de, **solamente**, el primer periodo en la constitución de la Circadiología, obedeció, entonces, a que se quería que el grano, con el que se aplicarían los métodos de enfoque fuera más o menos fino. Aproximación que integró sobre pequeñas unidades de observación (Wagensberg, 1983). Esto permitió arribar a algunos detalles implicados en los problemas planteados; que se ganara un poco más de información al respecto y evitar, en la medida de lo posible, la introducción de elementos subjetivos en las descripciones (Prigogine, 1981).

---

[80] "En el campo de la inteligencia ... hablamos de estadios cuando se satisfacen las condiciones siguientes: 1.°, que la sucesión de las conductas sea constante, independientemente de las aceleraciones o retardos que pueden las edades cronológicas medidas en función de la experiencia adquirida y del medio social (...); 2.°, que cada estadio sea definido no por una propiedad simplemente dominante, sino por una estructura de conjunto que caracterice a todas las conductas nuevas propias de este estadio; 3.°, que estas estructuras presenten un proceso de integración tal que cada una sea preparada por la precedente y sea integrada en la siguiente [Piaget, 1969: 17-18]".

Desafortunadamente, cuando se leyó que Umberto Eco (1984) asevera que "no se puede hacer una tesis sobre un tema si las obras más importantes que se refieren a él están escritas en una lengua que no conocemos [págs. 43-44]" ya era demasiado tarde como para cambiar de tema. Venturosamente se contó con el auxilio de Celia Bulit para las traducciones del alemán y de Martha Signoret para las del francés. Para ellas la reiteración de gratitud.

Estas operaciones no fueron fáciles. Sobre todo porque, ellas conocen dichos idiomas, pero, no estaban familiarizadas con el tópico de la ritmicidad circadiana. No obstante, por otro lado, esto facilitó el intento de poner otra vez los escritos en el lenguaje de su época. Expresado de otro modo, hasta donde fue posible, se siguió a Alexandre Koyré (1951) quien ha dado cuenta de la necesidad de "colocar de nuevo las obras estudiadas en su medio intelectual y espiritual, interpretarlas en función de las costumbres mentales, de las preferencias y aversiones de sus autores [p. 7]".

El mismo autor también recomienda que:

> Es completamente esencial integrar en la historia de un pensamiento científico la forma en que él mismo se situaba y comprendía con relación a lo que le precedía y acompañaba [y que] hay que estudiar lo errores y los fracasos con tanto cuidado como los triunfos [porque] no son solamente instructivos; son reveladores de las dificultades que ha sido necesario vencer, de los obstáculos que ha habido que superar. [ib.].

Y ya que se mencionan los errores y los fracasos como reveladores de dificultades u obstáculos que se han tenido que vencer o superar durante la historia de un pensamiento científico, cabe hacer notar que en esta obra, algunas figuras de eminentes estudiosos de los ritmos diarios se muestran con sus deficiencias. Pero adviértase que aquí, sólo se hace referencia a las **personas** en cuanto personificación de **categorías cognoscitivas.** Cuando se da cuenta del desarrollo del conocimiento como un **proceso histórico natural**, tal y como Marx (1897) concebía al desarrollo de la formación económica de la sociedad, "no puede hacerse al individuo responsable de la

existencia de relaciones de que él es socialmente criatura, aunque subjetivamente se considere muy por encima de ellas [p. XIII]". En el primer número de la revista Ciencia y Desarrollo que se nos brindó el año antepasado, viene un párrafo de Trueba (1993) que parece que lo hizo para esta ocasión. El cree que siempre estamos demasiado lejanos al pasado de la Ciencia; que "siempre sabemos demasiado; [que] el final de [su] historia nos es conocido y nos impele a realizar un juicio cuyos actores son incapaces de soportar. Ellos no sabían la conclusión y los resultados de sus acciones, actuaron -como todos- sin conocer el balance final [p. 15]".

Por otra parte, se trató de hacer propias las lecciones que aprendió Kuhn (1982) mientras leía a Aristóteles:

> En pocas palabras, esas lecciones son dos. La primera consiste en que hay muchas maneras de leer un texto y que las más accesibles al investigador moderno suelen ser impropias al aplicarlas al pasado. La segunda dice que la plasticidad de los textos no coloca en el mismo plano todas las formas de leer, pues algunas de ellas -uno quisiera que sólo una- poseen una plausibilidad y coherencia que falta en otras. [p. 12].

Otras advertencias que otorga Kuhn son:

> [El trabajo del historiador de la Ciencia] consiste en seleccionar un conjunto que pueda yuxtaponerse de manera que sus elementos formen ... una narración plausible que envuelve motivos y conductas reconocibles ... La actividad del historiador está gobernada por reglas que no pueden ser violadas ... [en su] narración no puede haber espacios vacíos. Tampoco puede haber discontinuidades ... ninguno de los elementos de la narración puede violentar los hechos que el historiador ha preferido omitir de su historia. Además, la historia debe conformarse a las leyes de la naturaleza y la sociedad que el historiador conoce. La violación de reglas como éstas da lugar a rechazar ... la narración del historiador.
>
> Tales reglas, sin embargo, solamente limitan, pero no determinan, el resultado ... el criterio básico para determinar que se ha realizado correctamente el trabajo consiste en el reconocimiento primordial de que las piezas encajan de manera que configuran un producto conocido, aunque no visto antes ... [1976a: 41].
>
> No es posible entender la ciencia de un periodo histórico determinado, sin haberse adentrado en los

cánones de explicación aceptados por los científicos de tal época. [1971b: 54-55].

Otra interrogante de la que se le averiguaron posibles respuestas, fue calidad azarosa de las primeras veces "en que alguien se percató de la existencia de un ritmo diario de alguna función biológica o todavía más, lo puso en condiciones de, por lo menos, iluminación constante". En esta búsqueda se presentó otra traba metodológica. ¿Cómo reconocer el carácter azaroso de dichos hallazgos?. Esta caracterización no se hizo a partir del concepto de ignorancia. Tampoco del concepto de azar ligado a la ausencia de causa. Ni de la definición formal y científica de azar intentada por Wagensberg (II.2). Las primeras determinantes para apreciar la índole azarosa de dichas actividades, fueron que el investigador involucrado no incluyera en sus informes algún antecedente implícito o explícito y que estuviera buscando otra cosa. Es decir, que el hallazgo fuera accidental y debido a su sagacidad. Al amplificarse, estos logros cognoscitivos deberían haber cumplido con los tres postulados fundamentales de la serendipia (Introducción). No obstante, la trascendencia de los primeros registros de un ritmo diario de alguna función biológica o su colocación en condiciones de iluminación constante, fue limitada. Cuando apenas surgía el nivel intra- del conocimiento de los ritmos circadianos, estas actividades trajeron una respuesta cognitiva de la clase α. De suyo, entonces, un segundo indicio de la presencia del azar en la realización de ellas, es que ocasionaran una conducta de este tipo.

Más dificultades y obstáculos. Ya no precisamente epistemológicos. Se encontró que la gran mayoría de los documentos originales de esa época, concernientes a la ritmicidad circadiana, no los había en nuestro país. Esta limitante fue superada con dos procedimientos: mandando por ellos a través de los servicios de acopio documental que se ofrecen en las hemerotecas de la UNAM y de la UAM; y yendo personalmente por

ellos. Esta maniobra, que desafortunadamente se pudo hacer una sola vez, resultó muy fructífera y relativamente mucho más barata que la anterior. Fue productiva porque una vez estando en las bibliotecas europeas la lista de materiales requeridos y consultados se amplió bastante. En este sitio se desea presentar la gratitud para con la M. en C. Thalía Castro Barrera, en aquel entonces, Jefa del D. H. A., quien tuvo a bien otorgar el permiso para poder hacer dicha operación.

A pesar de lo que se acaba de exponer, se debe confesar que no hubo la posibilidad de hacerse de todos los documentos necesarios. Con todo y, se contó con la mayoría de los más importantes[81].

La primera lista de los documentos originales que había que consultar se armó con base en la bibliografía de las excelentes publicaciones de Bünning (1960), Russell (1927), Ward (1977) y Welsh (1938). Textos de los que, además, se extrajeron citas textuales de documentos que fue imposible obtener.

Una vez hechas las traducciones y las lecturas estructural e interpretativa, de los textos, se confeccionaban las fichas de trabajo correspondientes, siguiendo una técnica con modificaciones a una implementada por Avilés Fabila y col. (1987). El encabezamiento general de cada ficha correspondía al tema (que concierne más o menos a los capítulos). Si era necesario, se agregaba un subtema (este generalmente señalaba al investigador protagonista). En la referencia de la ficha se indicaba la fuente informativa. No se incorporó el enunciado sintético que insinúan Avilés Fábila y col. (1987). El contenido era "la síntesis del planteamiento del tema con palabras propias, siguiendo la lógica del autor [o] con una cita textual [p. 19]".

---

[81] En particular, en conveniencia con el reglamento del Archivo Histórico del Instituto de Biología, UNAM, se debe dar el crédito de que ahí se consultó una traducción de 1772 al libro **La Physique des Arbres** de Henri H. Duhamel du Monceau (1758).

Al final se insertaban los comentarios en los cuales se basa gran parte de las interpretaciones.

Marx (1873) acotó que, no obstante que, "el método de exposición debe distinguirse formalmente del método de investigación, la investigación ha de tender a asimilarse en detalle la materia investigada [p. XXIII]" y que si se sabe exponer adecuadamente el movimiento real, se "consigue reflejar idealmente en la exposición la vida de la materia [ib.]", Con esta base, se intentó desarrollar el método de exposición. Sin embargo, dada la diferencia entre el tópico[82] de las tareas que originaron el libro citado y el asunto de esta tesis, se tuvieron que buscar ejemplos más cercanos y así, se encontraron los libros de Koyré (1966), Schaff (1974) y Alfred Schmidt (1976), de quienes se tomó el modelo de emplear gran número de citas textuales intercaladas en el texto.

Es así que en esta relación se encuentra cualquier cantidad de citas textuales que se pueden clasificar en cuatro conjuntos:

Uno, en el que con la cita textual se describen, con los mismos vocablos de su constructor las herramientas que fueron usadas en las maniobras con las que se logró este producto.

Otro, en el que con la cita textual se consigna la ídole de algún estadio de la Ciencia o los resultados a los que arribó alguno de sus personajes que no participó directamente en la configuración de la Circadiología. Por supuesto, estas citas tienen como objetivo acotar las condiciones del contorno, del contexto, del que se acarrearon o por el que atravesaron las vías del conocimiento hacia los ritmos circadianos. Muchas de ellas no

---

82 "El régimen capitalista de producción y las relaciones de producción y circulación que a él corresponden [Marx, 1873: XIV]".

son originales. Sin embargo, unas ilustran percepciones de la evolución de la Ciencia con las que se coincide; en otros casos, no hubo necesidad de buscar la reseña original.

En su mayoría, las citas de los capítulos del V al X son originales e integran el dominio empírico de la investigación; por decirlo así, la materia prima del proceso de trabajo realizado. Precisamente, se intentó resaltar esto incluyéndolas dentro del propio texto, a pesar de que, ciertamente, ha resultado una tesis aparentemente sobrecargada de citas textuales. Se debe aclarar que la mayoría de las relaciones de estos investigadores no detallan el método ni los instrumentos que emplearon, lo que, por otra parte, refuerza la idea de que todavía no se adquiría la toma de conciencia de la propia acción.

Por último, se ubican citas textuales que sin ser originales son de formadores de la comunidad circadiológica. Dichas citas suplen a las originales, cuando no fue posible obtener éstas o permiten constatar cómo atendían los sucesores el quehacer de sus predecesores.

Yo voy soñando caminos
de la tarde. ¡Las colinas
doradas, los verdes pinos,
las polvorientas encinas!...
¿A dónde el camino irá?

Antonio Machado (1899-1907)

C A P I T U L O V

Del paleolítico a finales del siglo XVII

V.1) Los posibles primeros atisbos

"Nuestros ancestros prehumanos, quienes estuvieron más directamente expuestos que nosotros a los cambios diarios, lunares y estacionales, deben haber tenido algún conocimiento de ... las relaciones entre los ritmos biológicos y estos cambios periódicos del medio [Kalmus, 1988: 227]". Cambios periódicos que incluyen a los del funcionamiento o de la conducta, en otros organismos. Pero como lo ha acotado Kalmus, "que esto sucedió, nosotros solamente lo podemos suponer [ib.]".

Si el comportamiento se entiende como el conjunto de "las acciones de carácter teleonómico dirigidas a utilizar o a transformar el medio, así como a conservar o aumentar las facultades que los organismos ejercen sobre él [Piaget, 1986: 7]", la conjetura de Kalmus (1988) se torna bastante plausible. "El comportamiento, que en un principio sólo consiste en conductas sensorio-motrices (percepciones y movimientos combinados), llega luego a formar interiorizaciones representativas, como en el caso de la inteligencia humana donde las acciones se prolongan en operaciones mentales [Piaget, 1986: 7]".

Puede ser que desde los albores del paleolítico, el hombre se haya percatado de que la materia orgánica presenta variaciones periódicas que se manifiestan en la vida cotidiana. También es posible que la atención que les mereció la presencia de tales variaciones la hayan dirigido hacia una de sus manifestaciones más evidentes, la alternancia de la vigilia y el sueño o quizás

también, hacia los cambios periódicos en otras grandes funciones fisiológicas o psicofisiológicas, como por ejemplo, la actividad cardiovascular, la atención, etc. (Reinberg y Lévi, 1985). Igualmente es posible que su atención estuviera orientada hacia estas mismas variaciones en otros organismos.

> [Se supone que los hombres del pre-pleistoceno y del pleistoceno] tendían trampas y cazaban animales terrestres y aves; atrapaban peces y lagartos; recolectaban frutas silvestres, moluscos y huevos; extraían raíces y larvas ... El éxito en [estas actividades] sólo se pudo lograr por una observación prolongada y cuidadosa de los hábitos de las presas ... Ellos debieron haber aprendido cuáles eran las épocas y horas para la captura de las diversas presas y para la cosecha de las distintas especies ... Para esto debieron haber [empezado a] descifrar el calendario del cielo; pudieron haber observado las fases de la luna y la ascención de los astros, comparándolas con [sus incipientes] observaciones botánicas y zoológicas. [Gordon Childe, 1954: 68-69].

"Es en el neolítico cuando se confirma el dominio, por parte del hombre, de las grandes artes de la civilización: cerámica, tejido, agricultura y domesticación de animales [Lévi-Strauss, 1964: 31]".

> Una vez que el hombre comenzó a sacrificar solamente a los toros o carneros más ariscos y menos dóciles, pudo iniciar la selección de crías, eliminando a las bestias intratables y favoreciendo, en consecuencia, a las más mansas. Pero, también debió aprovechar las nuevas oportunidades para estudiar la vida de las bestias en forma más estrecha. Así aprendió los procesos de reproducción de los animales y sus necesidades de comida y bebida ... Debió de actuar de acuerdo a sus conocimientos y además transmitirlos. [Gordon Childe, 1954: 99].

Aunque se han encontrado dibujos que ilustran "acerca de la precisión de sus observaciones sobre los animale que les proveían de alimentos [Gordon Childe, 1954: 82]", los primeros hombres de nuestra era, hasta donde se sabe, no dejaron algún vestigio del que se pueda deducir cuáles fueron sus observaciones preliminares sobre los cambios diarios que presentan los organismos que les rodeaban. Así que, para poder extraer alguna idea de cuales pudieron haber sido los observables del objeto y del sujeto puestos en relación directa y esbozar algunas tareas para la

Epistemología genética y la Etnobiología sólo se podrá recurrir a algunos ejemplos. Estos son reales en la actualidad, aunque imaginarios para aquellos tiempos.

Se empezará con dos ejemplos muy cercanos: se puede escuchar y mirar un chosco, *Cassidis mexicanus*, que todos los días, al amanecer, danza en la ventana de la cocina, regresa a media mañana y vuelve a hacerlo, por tercera ocasión después del medio día; al pasar a media mañana bajo un tecuane, *Stanhopea* spp., con flores, se puede sentir su aroma. Miguel Alvarez del Toro (1977) informa que en los bosque verdes húmedos y los de niebla de Chiapas, Méx., en especial en los lugares rocosos, hacia el crepúsculo vespertino suelen escucharse los primeros gritos de los cacomixtles, *Jentinkia sumichrasti variabilis* Peters. Si los colectores del río Huitzilapan, Ver., Méx., van a capturar langostinos, *Macrobrachuim* spp., alrededor de la media noche, atrapan más que en otros momentos. Los cazadores encuentran más conejos, *Silvilagus* spp., al aparecer el lucero de la mañana o de la tarde. Alfredo Barrera contó en una conferencia que los campesinos de Nacajuca cortan las hojas de la hierba del perro, *Asclepias curassavica*, al medio día por que entonces son más poderosas en las curaciones (Martínez Gutiérrez, 1987).

Como lo supone V. Gordon Childe (1954), el hombre del neolítico debió aprovechar las nuevas oportunidades que le brindaba la domesticación para estudiar la vida de los organismos en cautiverio en forma más cercana. Los datos de naturaleza relacional pudieron entonces ser comprobables en distintas situaciones y se puede sospechar que de esta manera se amplió el dominio de aplicación a otros animales o vegetales recientemente domesticados, así como, a los antiguos depredadores de éstos: como el gallo, *Gallus gallus*, canta de madrugada, el hombre del nolítico pudo haber considerado dicho momento el más adecuado para levantarse e ir a revisar los nidos de las gallinas cluecas que tuvieran unos veintiún días de echadas, a fin de cerciorarse de que la mayoría de los pollitos estaban saliendo del cascarón; pero si no poseía perros, tenía la posibilidad de encontrar disminuida su parvada, a no ser que hubiera estado constantemente

vigilando el gallinero; en caso de haberse dado esta vigilia, tal vez pudo comprobar mediante una lectura inmediata de los hechos que el tlacuache, *Delphis marsupiales tabascensis* Allen, es de hábitos nocturnos o que la comadreja, *Mustela frenata* "regresaba noche a noche para descabezar un pollo hasta que los terminaba [Alvarez del Toro, 1977: 90]".

Resulta claro que las acciones periódicas de los organismos y sus ligas con las condiciones de iluminación (día o noche), climáticas, así como, la posición de los astros, serían los observables del objeto y las actividades del hombre, puestas en conexión directa con aquellas, serían los observables del sujeto. Es de creerse que resultaría muy dificil encontrar argumentos en contra de que nuestros primeros antecesores hayan tenido alguna experiencia semejante a las que se han narrado. No obstante, es seguro de que aun queda mucho trecho para poder llegar a tener una noción un tanto cercana de hasta donde llegó el conocimiento del hombre acerca de los ritmos circadianos en aquel tiempo del paleolítico y neolítico. Permanecen algunas dudas muy generales al respecto: ¿cuáles pudieron haber sido los esquemas innatos iniciales y los primeros observables sujeto-objeto?, ¿cómo fué la diferenciación de éstos? y ¿cómo fue la constitución de las coordinaciones diferenciadas?.

V.2) Ritmos biológicos y religión.

> Las preguntas hechas sobre los procesos de la vida que se manifiestan cíclicamente han dependido siempre de la filosofía del tiempo. Ellas han sido, sucesivamente, metafísicas, matemáticas, fisiológicas y evolutivas. Todas se siguen haciendo.
>
> Las investigaciones cronobiológicas están predominantemente dirigidas hacia la dilucidación de las relaciones entre los ritmos biológicos y la periodicidad del medio, incluyendo aquella de otros organismos ...
>
> Relictos materiales de los cultos, como por ejemplo, Stonehenge, proveen algunas bases para especular acerca de la conciencia del tiempo en el hombre prehistórico, pero una penetración apropiada a los orígenes de nuestras propias ideas alrededor del tiempo en general y de los ritmos en particular puede únicamente ser emprendida a partir del estudio del

> lenguaje escrito. En el primer capítulo del Génesis, Dios crea el día y la noche -la luz y la oscuridad-, el ciclo sobre el que se ha edificado principalmente la teoría cronobiológica ... Nuestras adaptaciones a los ciclos solares y lunares fueron parte de las ideas más generales de la armonía cósmica, fueron y todavía son, tomados como prueba de la existencia de Dios ... Asimismo, se le han atribuido poderes mágicos para controlar los ciclos cósmicos a deidades personales, caza-colectores, pastores y agricultores, a todos los que tenían los pelos en la mano de una aplastante periodicidad externa a la cual ellos debían responder. Esto es expresado en la familiar cita bíblica del tercer capítulo del Eclesiastés: "para cada cosa hay una estación". En él se enumera una docena de pares de actividades alternativas que deben ser a su debido tiempo. [Kalmus, 1988: 227-228].

V 3) Los ritmos en la antigüedad clásica y el primer marco epistémico

"El sol, la luna y los planetas eran aquellos que, cada uno en medidas diferentes, constituían lo que podríamos denominar la 'relojería' física (noche-día, mes-año, etcétera) y la 'relojería' vital (nacimiento-desarrollo-muerte) a través de procesos cíclicos [Kaminsky, 1983: 141]".

> Los griegos tenían una palabra especial para el 'tiempo conveniente', **kairos**, la cual también significa el 'lugar adecuado' y ciertamente, nosotros mismos estamos en este momento en una verdadera condición de **kairos**. Para los propósitos de la vida ordinaria, todos nosotros tenemos una noción semejante; como cronobiólogos, hemos destilado esto en la 'fase sensible' [Kalmus, 1988: 227].

En la Ilíada de Homero (VI: 136), el sino que se manifiesta en las sucesiones de la población humana es comparado con los cambios estacionales de los árboles: "esparce el viento las hojas por el suelo, y [el bosque], reverdeciendo, produce otras al llegar la primavera: de igual suerte una generación humana nace y otra perece".

La anatomía y la fisiología, que de acuerdo con Gordon Childe (1954), ya se comprendían algo desde el paleolítico, alcanzaron un alto grado de desarrollo en la antigüedad clásica. "Estas ciencias biomédicas formaron parte de un conjunto que fué ejercido por un grupo de personas, que en su mayor parte estaban relacionadas estrechamente con la medicina y con las instituciones médicas [Kuhn, 1976b: 62]".

"Los griegos aprendieron de los balbilonios el polo y el gnomon[83] y las doce partes del día [Heródoto, 446/4 a. C.: II, 109 -1984: 178]".

> Los egipcios fueron los primeros de todos los hombres en descubrir el año, habiendo distribuido en él doce partes de las estaciones. Y decían que de los astros habían descubierto eso. Y [al parecer de Heródoto], procedían así tanto más sabiamente que los griegos, cuanto que los griegos cada tercer año intercalaban un aumento a causa de las estaciones. Y los egipcios, haciendo los doce meses de treinta días, añadían a los largo de todo el año cinco días fuera de la cuenta y para ellos el ciclo de las estaciones transcurre, girando hasta el mismo punto. [op. cit. 121 y 122].

> Anaximandro, filósofo jónico del siglo VI a. C. ... pensaba en una ciclicidad en el tiempo, durante el cual habían surgido, desaparecido y vuelto a aparecer infinidad de universos que en su ocaso se disolvían en materia amorfa ... Empédocles, cien años después, mantenía la idea de una ciclicidad en el tiempo, a través del cual fuerzas opuestas se alternaban el dominio de la naturaleza. [Sour T., 1994: 57].

V.3.1) Heródoto (446/4 a. C.)

Heródoto (446/4 a. C.) consignó por escrito un ritmo diario de actividad: "la naturaleza del cocodrilo es esta: nada come durante los cuatro meses más invernales y, siendo cuadrúpedo, es

---

[83] "El polo era una esfera cóncava y el gnomon una aguja usada con el polo para indicar el tiempo [Ramírez Trejo, 1984: nota 186]".

de tierra y de estanque. Así pues, pone y descarga los huevos en tierra y pasa la mayor parte del día en firme, pero toda la noche en el río, ya que es más caliente el agua que la intemperie o que el rocío [1984: 158]". Se puede uno fijar en que este primer registro fue al azar y que la primera hipótesis formulada hacia el origen del ritmo involucra las condiciones de contorno y una función adaptativa.

V.3.2) Aristóteles (384-322 a. C.).

Aristóteles retoma el punto de vista de los ciclos recurrentes "no tanto en sus reflexiones astronómicas como en las biológicas. Hay para él una influencia observable del sol y otros movimientos planetarios en el crecimiento y ciclos de cría de los animales [Kaminsky, 1983: 141-142]".

Un ejemplo de como el filósofo griego describe dicha influencia, es el siguiente: "en todos los animales, el tiempo de gestación y desarrollo y la duración de la propia existencia se determina por periodos naturales íntegros ... y son los desplazamientos del Sol y la Luna los que fijan los límites del comienzo y el final de estos procesos [en Aréchiga, 1984: 41]".

En el contenido de este ejemplo se pueden encontrar representadas dos de las características que Piaget y García (1982) consideran dentro de las más importantes en la doctrina aristotélica. La primera "es la necesidad de 'un motor' que pueda identificarse como causa del movimiento [p. 44]". La segunda consiste en la semejanza que tiene con los hechos que funcionaban como "hechos generales que mostraban cuál es el orden natural de los elementos [50-51]". Lo anterior permite suponer que para Aristóteles, los procesos biológicos estaban determinados por periodos naturales íntegros, cuyo principio y término a su vez estaban fijados por los desplazamientos del sol y la luna porque estaba en su naturaleza ser así. "La experiencia inmediata, general y cualitativa le había permitido llegar a dicha naturaleza; por lo tanto, debería necesariamente ser así. Por consiguiente, él y sus discípulos, hasta el siglo XVIII, no tuvieron que preocuparse por su verificación [op. cit.: 51]".

Por otra parte, en lo que respecta al cuerpo y sus actos motores Aristóteles pensaba que:

> los actos motores eran siempre dependientes de la mente, es decir de la actividad mental que es el deseo. El deseo podía ser racional o irracional y obedecía tanto a la emoción como a la voluntad deliberada. Sin embargo, al ser el deseo un resultado de esta primera función vital, la sensación, y como el movimiento corporal es una consecuencia del deseo, este movimiento corporal era una consecuencia secundaria de la sensación, y, según el análisis aristotélico, el movimiento quedaba excluido de las funciones **primarias vitales**. [Sherrington, 1940: 180-181].

> El tema de Aristóteles era el cambio de cualidad en general, lo mismo al observar la caída de una piedra que el crecimiento de un niño hasta llegar a la edad adulta. En su física, el objeto que habría de convertirse en la mecánica era, a lo más, un caso especial no aislable todavía[84] ... En un universo en donde las cualidades eran lo primario, el movimiento tenía que ser necesariamente no un estado sino un cambio de estado. [Kuhn, 1982: 11-12].

Debido a que posteriormente van a estar a la vera del camino, antes de continuar, habrá que traer a la memoria que "de acuerdo con Aristóteles, todo cambio, incluido el de comenzara a ser, tiene cuatro causas: material, eficiente, formal y final [Kuhn, 1971: 49]".

V.3.3) Andróstenes.

Hasta donde se tienen noticias, la primera narración escrita de que "los árboles de tamarindo (*Tamarindus indicus*), conocido en aquel tiempo, principalmente por sus frutos laxantes, abre sus hojas durante el día y las cierra en la noche ... se remonta a las marchas de Alejandro Magno en la cuarta centuria a. C. -Bretzl, 1903 [Moore-Ede, y col. 1982: 5]". Ella fue hecha por

---

[84] "Los ingredientes permanentes del universo aristotélico, sus elementos ontológicos primarios e indestructibles, no eran los cuerpos materiales sino más bien las cualidades que, impuestas sobre una porción de la materia neutral y omnipresente, constituían un cuerpo material o substancia [Kuhn, 1982: 11-12]".

Andróstenes. "En este primer escrito no hay señales de que dicho ritmo diario fuera interpretado como ninguna otra cosa que una respuesta pasiva al medio cíclico [ib.]".

> [La] ciclicidad del tiempo terrenal fué llevada hasta sus últimas consecuencias, en las postrimerías de la Grecia clásica, por los estoicos y perseverantes neoplatónicos. Aun así, y en variadas formas menos extremas, se ha aceptado para el mundo histórico el principio general de la permanente repetición en ciclos recurrentes. [Kaminsky, 1983: 141-142]".

V.3.4) Marco Terencio Varrón (34 a. C.)

En el libro primero que trata de la agricultura, de su tratado **De re rustica**, Marco Terencio Varrón (34 a. C.), después de que proporciona información que versa sobre los días que tardan en germinar la cebada (7), el trigo (un poco más tarde), las leguminosas (4-5, excepción de las habas que tardan un poco más) el mijo el sésamo y otras plantas análogas (4-5) y otros asuntos de su cultivo que están vinculados con el ciclo estacional, enclava sin más en un capítulo aparte (XLVI) el siguiente texto:

> Por su manera de obrar hay que admirar muchas cosas en los seres naturales. Así, vemos que hay plantas que por la sola posición de sus hojas nos indican la época del año en que nos hallamos, como los olivos, los álamos blancos y los sauces, pues sus hojas, en efecto, al volverse del otro lado, nos dicen que el solesticio de verano ha pasado. No menos digno de admiración es lo que hacen las flores que se llaman heliotropos o girasoles, que vemos volverse por la mañana hacia el sol naciente y le van siguiendo en su curso hacia el ocaso, siempre frente a él. [p. 57].

Esta nota que es todo un capítulo que fue pegado por Varrón (34 a. C.) sin antecedentes y continuidad explícita en su tratado, puede ser aplicada para retornar a la defensa de la formulación de que las primeras descripciones de las funciones orgánicas con periodicidad diaria tuvieron un origen azaroso. De la misma forma, en el tratado 'De las cosas del campo', se pueden acopiar pruebas a favor de la visión de que desde nuestros ancestros prehumanos se debió haber originado "algún conocimiento de las relaciones entre los ritmos biológicos y la periodicidad

del medio, incluyendo los de otros organismos [Kalmus, 1988: 227]"; que desde los albores del paleolítico, el hombre se debe de haber percatado de una forma más elaborada que la materia viva presenta variaciones con periodicidad diaria y que durante el neolítico debió de haber aprovechado las nuevas oportunidades que le brindaba la gestación de la ganadería y la incipiente agricultura para estudiar la vida de las bestias en forma más estrecha; que así, debió de haber aprendido de las correspondencias de los procesos de reproducción de los animales, de sus necesidades de comida y bebida, con los ciclos diarios y estacionales; que debió de haber actuado de acuerdo a estos conocimientos y además transmitirlos (Gordon Childe, 1954). De tal modo que para los tiempos del Imperio romano, éstos ya pudieron ser captados por este escritor.

En el libro segundo que dedica a la ganadería, Varrón (34 a. C.), recoge "las conversaciones que [tuvo] con varios amigos que fueron grandes propietarios de ganado en el Epiro, en la época de la guerra de los piratas [67-63 a. C.], cuando mandaba la flota de Grecia, entre Delos y Cilicia [p.72]". Sobre el origen, la dignidad y la esencia del arte de la ganadería comienza sus notas con la afirmación de que "hombres y rebaños hay en la naturaleza, como siempre hubo necesariamente [p. 73]".

> [Según él, ya fuera que se admitiera o negara un principio generador de los animales, era] preciso reconocer que la vida humana, remontándonos gradualmente hasta su condición primitiva, ha pasado por muchas transformaciones hasta llegar a su estado actual, como escribió Dicearco, y que, como semejante condición era completamene natural, los hombres vivían con aquellas cosas que producía la tierra espontáneamente; a esta vida siguió, en segundo grado, la vida pastoril, en la cual los hombres, en lugar de alimentarse con bellotas, madroños, moras y frutos silvestres en los bosques y en los zarzales, escogieron entre los animales que con ellos convivían aquellos cuya sustancia pudieran utilizar, y los aprisionaron y los domesticaron ... De la vida pastoril se pasó al tercer grado, o sea a la vida agrícola. en esta se conservaron, sin embargo, muchas cosas de los dos grados anteriores. Algunas de ellas han llegado hasta nuestros días. [p. 74].

Ya en lo que son propiamente los rubros prácticos de la ganadería que aluden a los ritmos diarios y a los ciclos

estacionales, sugiére que cuando se pastorea un rebaño de ovejas o de cabras (p. 89), en un sólo lugar, hay que:

> Hacer distinción, sin embargo, según las estaciones, entre las horas del día; así, en el verano se le saca a pacer al rayar el alba, ya que entonces la hierba, humedecida por el rocío, es más sabrosa que al mediodía, cuando ya está más seca; tan pronto como ha salido el sol se les lleva al abrevadero y vuelven luego al pasto mucho más alegres ... Luego de la caída de la tarde, y después de un breve intervalo de reposo, se les lleva a beber nuevamente y se les saca a pacer otro rato hasta que se hace de noche. Entonces la hierba vuelve a tener el sabor agradable de la mañana. Esta práctica debe observarse principalmente desde la aparición de la pléyades hasta el equinocio de otoño [84].

Al parecer de Varrón (34 a. c.), "el pastoreo de invierno y el de primavera se diferencian del pastoreo de verano en que se saca a las ovejas [y a las cabras] a pacer tan pronto como han pasado los fríos de la noche y se les deja en el monte todo el día, dándoles de beber sólo una vez a la hora de mediodía [p. 85]".

En lo que trata a los cerdos Varrón se dió cuenta que "durante el verano exigen que se les lleve a pacer por la mañana y después (al medio día) se les ponga en un lugar umbroso, principalmente en donde haya agua [y que] por la tarde, cuando el calor se [ha] mitigado, se les [saque] a pacer de nuevo [34 a. C.: 92]".

Cuando enfoca su conocimiento a los terneros y novillos, Varrón (34 a. c.) aconseja que a los primeros, "durante la época de amamantamiento hay que [separarlos], por la noche ... de sus madres, para que no los aplasten [y que] se les dejará acercarse a ellas una vez por la mañana y otra por la tarde, a la vuelta del pasto [p. 101]" y que a los segundos, cuando tienen seis meses "se les hace beber por la mañana y por la tarde [ib.]".

A propósito de los caballos, Varrón consideraba que "es conveniente acoplarlos tan pronto como llega la primavera, presentando el yegüero para ello el semental a la yegua dos veces por día, por la mañana y por la tarde [34 a. C.: 105]".

Por lo que atañe a los perros Varrón (34 a. C.) recomendaba que habría que hacer "que tomen desde muy temprano su comida en

los sitios mismos en que pace el rebaño durante el día y en los establos por la tarde [p. 112]".

De los quesos, Varrón escribió que "se comienzan a fabricar cuando aparecen las Pléyades de primavera y se siguen fabricando hasta la aparición de las pléyades de verano [y que] para sacar la leche destinada a [hacerlos], se ordeñan los animales por la mañana, durante la primavera y, en otro tiempo, en las horas de mediodía [34 a. C.]".

En lo que concierne al esquilamiento, Varrón (34 a. C.) aconseja que ha "de hacerse en días serenos, siendo las horas mejores la cuarta y la décima, pues el calor del sol hace sudar a las ovejas, con lo cual la lana se hace más blanda, más pesada y de más brillo [p. 119]".

V.3.5) Plinio.

Otro "registro del movimiento de las plantas proviene de los escritos de Plinio (v. Brouwer, 1926). El anotó la observación de que cierta clase de hojas toman una posición durante la noche, diferente de aquella que ocupan en el día [Sweeney, 1987: 1-2]".

V.4) El tiempo y los cambios cíclicos en la antigua China.

> Para la antigua concepción china el tiempo se dividía siempre en lapsos separados, períodos, bloques o cajas, semejantes a la diferenciación orgánica del espacio en extensiones y campos especiales Shin (el tiempo) siempre pareció implicar circunstancias específicas, específicas obligaciones y oportunidades; era un tiempo esencialmente discontinuo, 'fragmentado' ... Esta visión del mundo fue sistematizada por otro grupo distinto de filósofos, la escuela protocientífica de naturalistas (Yin Yang Chia), encabezada por Tsou Yen (350-270 a. C., aproximadamente), el más viejo de los académicos Chia-Hisia ... Puesto que [para ellos] las estaciones eran importantes en [su clasificación del sistema de las correlaciones simbólicas,] como lo era la doble serie de horas del día y de la noche (a causa del empleo de los doce signos cíclicos para designarlas) el tiempo estaba 'fragmentado' hasta ese punto. [Needham, 1977: 231 y 232].

[En] la apreciación del cambio cíclico de los taoístas. 'El retorno es el movimiento característico del Tao (el Orden de la Naturaleza)' dice el **Tao Tê Ching**. 'La característica típica del tiempo', escribió Granet [1934: 90], 'es avanzar en un movimiento de rotación'. En efecto, el tiempo (**shin**), pensaban algunos, es engendrado por esta continua circulación (**Yün**) no creada y espontánea (**tzu-jan**). Los taoístas etaban convencidos de que toda la naturaleza (**thien**) se podía considerar análoga a los ciclos vitales de los organismos vivos ... Esta preocupación por los ciclos dio resultados interesantes en épocas posteriores, cuando el pensamiento científico chino reconoció la existencia de los ciclos naturales, quizá antes que otras civilizaciones ... Y en este caso, como en otros, percibimos una estrecha relación entre la concepción cíclica del tiempo y otro paradigma del naturalismo científico chino, la teoría ondulatoria frente al atomicismo. [**op. cit.**: 230-231].

Para los chinos de la antigüedad, el tiempo no era un parámetro abstracto, una sucesión de momentos homogéneos, sino que estaba distribuido en estaciones concretas individualizadas, y a su vez subdivididas [Needham, 1954: II, 288].

Mientras que el retorno a la recurrencia cíclica era efectivamente importante en la filosofía natural, se trataba casi siempre de los ciclos de las estaciones, del año, los meses, los días, las horas, etc., los que hacen patentes en los organismos biológicos o sociales ... En resumen, en la filosofía china se dieron las dos concepciones del tiempo: el tiempo fragmentado y el continuo. Ambos fueron importantes de modos distintos, la primera para algunas de las ciencias y para la tecnología, la segunda para la historia y la sociología. [Needhan, 1977: 233 y 234].

V.5) La persistencia del sistema de Aristóteles

El 'sistema' de Aristóteles mantuvo su continuidad a través del mundo árabe y reaparece en Europa Occidental en los siglos XII y XIII. La extraordinaria influencia que tuvo su pensamiento durante el período que llega hasta el siglo XVII se debió a tres factores:

a) Proporcionó el marco conceptual que sirvió de marco de referencia a la especulación científica: las nuevas ideas fueron presentadas casi invariablemente en forma de comentarios a los textos clásicos.

b) Señaló la naturaleza de las cuestiones que eran objeto de estudio (...).

c) Estableció el tipo de 'explicación' que debía buscarse, introduciendo la idea de explicar racionalmente la naturaleza a través de una demostración lógica que partiera de premisas aceptadas -aunque, a su vez, indemostrables. [Piaget, y García, 1982: 53-54].

V.6) Cambios en tres ciencias biomédicas

Entre los siglos XV y XVI "se establecieron, en su carácter esencialmente moderno, la **anatomía**, la **fisiología** y la **patología** -los dos últimos nombres se deben al gran médico francés Jean Fernel, fundadas en la observación directa y en el experimento, así empezaron a quebrantarse la autoridad clásica y la tradición mágica de la medicina -Sherrington, 1946 [Bernal, 1979: 378]".

Durante los siglos XVI y el XVII, las dos primeras fueron reconstruidas desde sus cimientos, siendo así, "las únicas partes de las ciencias biomédicas transformadas durante la revolución científica [Kuhn, 1976b: 65]".

Cabe aclarar que la Anatomía y la Fisiología permanecieron directamente vinculadas con la profesión médica y sus instituciones. Estas, como el resto de la Ciencia fueron "en su mayor parte, una ocupación parcial o que llenaba los momentos libres de las personas ricas y ociosas o de los miembros acomodados de las profesiones más antiguas [Bernal, 1979: 43]", entre las que, obviamente, estaba la Medicina.

V.7) Jean Fernel (1542 y 1554)

[Fernel (1542) fue médico, un notable matemático, con ciertos límites un aristotélico]. Se dedicó con gran entusiasmo al estudio de la astronomía y a la geodesia. Su libro **De abditis Rerum Causius** (De las cosas ocultas) podría servirnos de referencia ...

Fernel fue el primero en estructurar la Fisiología en una sola disciplina, denominándola con ese término por vez primera y sosteniendo que era introducción imprescindible a la medicina científica. Su obra, primorosamente editada en folio en París, en 1542, por Simón de Colines, constituye el punto de partida de la Fisiología moderna. [Sherrington, 1940: 13].

> Lo fundamental del concepto ferneliano es que el hombre, aparte de su alma inmortal, es producto de la naturaleza[85]. De la naturaleza como causa inmediata[86] ... "La Naturaleza que abarca todas las cosas y penetra en cada una de ellas, rige el curso y las revoluciones del sol y la luna y de las otras estrellas, y la sucesión del tiempo, los cambios de estación y las mareas del océano ... -**Therap.** I: pref." [p. 96 y 18].
>
> Fernel daba una explicación del sueño diciendo que los espíritus animales, aunque eran casi incorpóreos, estaban sujetos al principio según el cual el movimiento no puede ser perpetuo y, por lo tanto, a intervalos, el movimiento de aquellos espíritus cesaba, exhausto. Este agotamiento de los espíritus, especialmente el que afecta al gran 'sentido interno', hallaba expresión en el sueño[87]. [p. 237].

Esta explicación del sueño adherida al argumento de Fernel (1542) de que "el acto motor no puede asumirlo totalmente la voluntad [Sherrington, 1940: 180]", permiten captar una abierta diferenciación del observable los actos motores ya no van a ser

---

[85] "En su deseo de empezar por el principio, Fernel no se arredra ante preguntas para las que con toda honestidad admite no tener respuesta. ¿Qué es la naturaleza?, se pregunta, porque considera que ni los escritores hipocráticos ni Aristóteles, pese a las innumerables referencias a ella, la han definido con rigor. Tal vez sea que el resumen aristotélico de la misma, reduciéndola a simple movimiento, se le antoja demasiado radical, puesto que opina (Diálogo II: 18) que la 'Naturaleza universal' de Aristóteles es equivalente a la **Anima Mundi** de Platón y sanciona la observación de Tully de que tal 'Naturaleza' debe significar una Deidad Suprema (**op. cit.**: 7). Fernel admite que la Naturaleza es un principio evidente, pero de por sí indemostrable de forma aislada [Sherrington, 1940: 15]".

[86] "El significado que él da a la palabra 'causa' es el de ese tipo de causa que Aristóteles definía como 'final'. [Para Fernel] la sustancia de la forma vital procede de más allá de las estrellas, del Primer Motor (Diálogo I: 7 y II: 3 y 7). 'Considérese -dice- la excelencia del sol, primer príncipe y regidor del mundo, que favorece y fomenta toda la vida existente. Con su calor purificador mantiene a todos los seres vivos para que cumplan su misión -**ib.**' [Sherrington, 1940: 16]".

[87] Es este "un razonamiento de inspiración aristotélica, y, en esta actividad onírica, Fernel va más lejos que en ninguna otra y roza la noción del 'yo' [Sherrington, 1940: 237]".

únicamente dependientes de esa actividad mental que es el deseo obediente de la emoción o de la voluntad deliberada, tal y como lo había formulado el análisis aristotélico (Sherrington, 1940). Fernel (1542) identificó a los movimientos que en nuestros días se invocan como involuntarios e hizo alusión a los que dentro de este tipo se presentan en forma periódica.

En lo que respecta al cuerpo y a a sus actos motores, Fernel se apartó claramente de Aristóteles [V.3.2]. El razonamiento de éste no le satisfacía; por ello, Fernel "insiste repetidamente en que hay movimiento corporal distinto al sensorial y volitivo [Sherrington, 1940: 180]".

> [Fernel] señala que Aristóteles no había sido suficientemente explícito en esto, y dice -...- que en la enfermedad se pierde la sensación y, aunque la 'voluntad' resulte impotente, se produce movimiento. Señala como (1542: **Physiol.** VI, 13), aunque en nosotros el acto volitivo del movimiento es con frecuencia suficientemente claro e inequívoco, muchas más veces aún realizamos movimientos en los que no se detecta que la 'voluntad' es la 'causa', e insiste en que existe una clase de actos motores, animales y humanos, en los que el alma-pensante interviene poco o nada. A tal efecto, cita movimientos de párpados, ciertos movimientos oculares, el movimiento respiratorio, determinados movimientos durante el sueño, etc. (**ib.**) ... Al llamar la atención sobre estos hechos, Fernel estaba fundamentando -y parece que por primera vez- una postura que los nuevos progresos confirmarían sobradamente. [p. 180-181].
>
> Hace mucho tiempo que la Medicina hace hincapié en la importancia de lo que se denomina 'localización'. Se entiende por ello el lugar o sede corporal de una 'función' normal o patológica. Según la visión galénica, la fuente de la salud y la enfermedad eran los humores, los cuatro humores cardinales. Como estos se extendían prácticamente por todo el cuerpo, su 'localización' quedaba descartada. Uno de los méritos de Fernel, nuestro médico del siglo XVI, es haber subrayado la importancia de identificar el 'sitio' de la enfermedad. Su vanguardismo en el terreno de la localización se basa en su convicción de que los propios órganos, los órganos 'sólidos', como él decía, para diferenciarlos de los humores, eran el centro de la función y de la disfunción. [págs.: 237 y 222].

Las relaciones que Hipócrates conocía y que habían sido retomadas por Galeno fueron rebasadas por Fernel. Con ello empieza el derrocamiento del paradigma de los humores y se inicia

únicamente dependientes de esa actividad mental que es el deseo obediente de la emoción o de la voluntad deliberada, tal y como lo había formulado el análisis aristotélico (Sherrington, 1940). Fernel (1542) identificó a los movimientos que en nuestros días se invocan como involuntarios e hizo alusión a los que dentro de este tipo se presentan en forma periódica.

En lo que respecta al cuerpo y a a sus actos motores, Fernel se apartó claramente de Aristóteles [V.3.2]. El razonamiento de éste no le satisfacía; por ello, Fernel "insiste repetidamente en que hay movimiento corporal distinto al sensorial y volitivo [Sherrington, 1940: 180]".

> [Fernel] señala que Aristóteles no había sido suficientemente explícito en esto, y dice -...- que en la enfermedad se pierde la sensación y, aunque la 'voluntad' resulte impotente, se produce movimiento. Señala como (1542: **Physiol.** VI, 13), aunque en nosotros el acto volitivo del movimiento es con frecuencia suficientemente claro e inequívoco, muchas más veces aún realizamos movimientos en los que no se detecta que la 'voluntad' es la 'causa', e insiste en que existe una clase de actos motores, animales y humanos, en los que el alma-pensante interviene poco o nada. A tal efecto, cita movimientos de párpados, ciertos movimientos oculares, el movimiento respiratorio, determinados movimientos durante el sueño, etc. (ib.) ... Al llamar la atención sobre estos hechos, Fernel estaba fundamentando -y parece que por primera vez- una postura que los nuevos progresos confirmarían sobradamente. [p. 180-181].

> Hace mucho tiempo que la Medicina hace hincapié en la importancia de lo que se denomina 'localización'. Se entiende por ello el lugar o sede corporal de una 'función' normal o patológica. Según la visión galénica, la fuente de la salud y la enfermedad eran los humores, los cuatro humores cardinales. Como estos se extendían prácticamente por todo el cuerpo, su 'localización' quedaba descartada. Uno de los méritos de Fernel, nuestro médico del siglo XVI, es haber subrayado la importancia de identificar el 'sitio' de la enfermedad. Su vanguardismo en el terreno de la localización se basa en su convicción de que los propios órganos, los órganos 'sólidos', como él decía, para diferenciarlos de los humores, eran el centro de la función y de la disfunción. [págs.: 237 y 222].

Las relaciones que Hipócrates conocía y que habían sido retomadas por Galeno fueron rebasadas por Fernel. Con ello empieza el derrocamiento del paradigma de los humores y se inicia

el paradigma del organicismo. Los humores dejan de ser la fuente de la salud y la enfermedad. Los órganos 'sólidos', como Fernel decía, son ya "el centro de la función y de la disfunción [Sherrington, 1940: 222]". Pareciera como que este paradigma haya desempeñado un papel dual en la composición de la Fisiología. Por una parte sirvió como factor de crecimiento en la constitución de la Neurofisiología y otras muchas de sus ramas y por otra, ofició como obstáculo en la construcción de la Endocrinología. Es decir, prácticamente, en el crecimiento de esta última se encuentra una síntesis dialéctica: la tesis pueden ser los humores hipocrático-galénicos, la antítesis el organicismo y la síntesis, la Endocrinología.

De esta forma, en esta estructura cognoscitiva que se puede titular como el paradigma de 'la localización de las funciones', se puede encontrar la base epistemológica que desembocó en la constitución de un par de senderos trascendentes de la Circadiología. Estos puden ser denominados: 'Ritmos de migración en los pigmentos de los animales' y 'Tras el reloj central'. El progreso de ellos se dió respectivamente en los estadios intra- (X.1.1 y X.2.12) e inter- (Introducción) de aquella. Como lo indica el nombre del segundo, las operaciones de los investigadores que participaron en su historia, fueron hechas a fin de llegar al sitio donde se lleva a cabo la ritmicidad circadiana. Desafortunadamente, la descripción de esta segunda trayectoria, por lo pronto, está fuera de posibilidades, esto es, no se involucró en los objetivos de esta tesis.

V.8) Segundo marco epistémico: el sistema de Newton

A continuación se describirán, en forma breve, algunas de las aportaciones de Copérnico (1543), Galileo (1583 y 1623), Harvey (1628), Descartes (1637 y 1641), Leeuwenhoek (1647) y Newton (1686) a la construcción del Marco epistémico newtoniano.

De ninguna manera se pretende, con esta descripción abordar el "problema tan controvertido del papel de los precursores en la obtención, por algún autor, de un nuevo sistema que englobe los

aspectos particulares de un tema dado [Piaget y García, 1982: 14]". Tampoco, se tiene en mente el objetivo terminal que Gustav R. Kirchhoff (1865) le asignaba a la tarea científica[88]. Ni mucho menos, se tiene la intención de explicar la construcción del Sistema de Newton, labor que ya fue emprendida y llevada a cabo con mucho éxito por una gran cantidad de historiadores de la Ciencia.

Se puede considerar al sistema cognitivo construido por Newton, como un resultado de la asimilación de los sistemas que le precedieron. Con los esquemas conceptuales que afectaron las operaciones de esta tesis se puede entender que estos subsistemas, ligados dentro del marco epistémico newtoniano, contienen estructuras que funcionaron como factores de crecimiento u obstáculos epistemológicos en la asimilación de varios objetos del dominio material de la Circadiología. Para intentar demostrar esta proposición se pondrán en conexión algunos componentes de aquellas aportaciones, incluidas las del propio Newton, con ciertos constituyentes del dominio conceptual de esta disciplina y se examinará dicho contacto.

---

88 "En su discurso académico de 1865, 'sobre los objetivos de las ciencias de la naturaleza', Kirchhoff afirmaba que el propósito final de la ciencia era reducir los fenómenos observables a las leyes del movimiento, ya que éste puede ser descrito por la mecánica teórica. Por lo tanto, las ciencias naturales, según su criterio, tratarían de reducir los fenómenos observables a las leyes formuladas por Newton y generalizadas por ilustres físicos y matemáticos como L. de conde Lagrange y W. R. Hamilton. [Prigogine, 1981: 136].

V.8.1) Nicolás Copérnico (1543)

> El interés principal de Copérnico estuvo siempre en la astronomía y a ésta dedicó por entero su vida privada, esforzándose por encontrar una imagen más racional de los cielos, misma que estableció en su forma final en su libro **De Revolutionibus Orbium Coelestium**, que fue impreso el mismo año de su muerte, en 1543. Copérnico postuló un sistema de esferas que giraban alrededor del sol, en vez de la Tierra, introduciendo la rotación de nuestro planeta y demostrando detalladamente cómo este sistema podía explicar todas las observaciones astronómicas. [Bernal, 1979: 391].

Tal vez por aquí se pueda buscar una explicación a la aparición tan tardía del experimento con el que se inició la construcción de la operación de base para el estudio de los ritmos circadianos. Fácilmente se podrá apreciar la necesidad de derribar el antiguo obstáculo epistemológico surgido del sentido común: de 'mirar' los desplazamientos del sol y la luna, así como, de la instalación del paradigma copernicano para el avance de la Circadiología. Sin las ideas de Copérnico es difícil imaginar, que hace apenas un poco más de un cuarto de siglo, en el XXV simposio de Cold Spring Harbor sobre Biología cuantitativa, dedicado a los relojes biológicos, Pittendrigh (1960) hubiera podido definir a los ritmos circadianos "como aquellos ritmos biológicos cuyo periodo en oscilación libre se **aproxima al periodo de la rotación de la tierra** [p. 169]".

V.8.2) Galileo Galilei

En 1583 Galileo "descubre el isocronismo de las oscilaciones del péndulo al observar en la catedral de Pisa el balanceo de una lámpara (Anónimo, 1984)". Oscilaciones que como se podrá mirar posteriormente, fueron tomadas como modelos, un poco más de tres siglos después, por Wilhelm F. P. Pfeffer (VI.22 y VI.28) para procurar una explicación a los movimientos de las hojas y las flores en ciertas plantas.

Años después en 1623, en **El ensayador**, Galileo escribió acerca del descubrimiento del telescopio: "hoy sabemos que el holandés, primer inventor del telescopio ... casualmente, manejando lentes de diversas clases ... descubrió el instrumento;

pero yo, estimulado por la noticia dada, descubrí lo mismo por medio del razonamiento [Galileo, 1623: 112]".

En otras partes de este libro se pueden leer más notas de sus reflexiones sobre la naturaleza de ese aparato. Estas reflexiones le permitieron incrementar el conocimiento del telescopio mismo de la óptica y de la astronomía, pero, sobre todo de la metodología. Se puede leer, por ejemplo, la que quizás sea, la primera definición operacional de 'causa' y a la vez el sustento teórico de las operaciones que hoy en día conocemos como 'experimentos': "es cierto que solamente debe llamarse causa a aquella cosa que puesta la cual se sigue un efecto, y suprimida aquella, se evita éste [Galileo, 1623: 124]". "Después de Galileo y Kepler, quienes a menudo señalaron regularidades matemáticas simples como causas formales que no exigían análisis ulterior, fue necesario que todas las explicaciones fuesen mecánicas ... Las causas eficientes de Aristóteles, empujes y tracciones, dominaron ahora la explicación del cambio [Kuhn, 1971b: 50]".

Por la época en que Pfeffer (1873-1915) proponía el modelo del péndulo para explicarse el sueño en las plantas, se puede notar una cierta vinculación entre la definición de 'causa' hecha por Galileo y las 'causas actuales' de los fisiólogos. Sin embargo, en otro momento, las causas próximas, también funcionaron como obstáculo epistemológico. Como lo percibió Kuhn (1982): "la forma en que duante el siglo XVII se rechazaron las causas formales, a favor de las causas mecánicas o eficientes, tuvo como consecuencia la restricción de los ulteriores análisis de la explicación científica [p. 14]".

V.8.3) William Harvey (1628)

> Prescindamos ahora de la experimentación animal de la Antigüedad clásica, limitémonos a la del mundo moderno. A. Vesalio, Colombo, Harvey y, tras éste, numerosos médicos del siglo XVII, practican experimentos en animales; pero la 'conciencia metódica' de quien los realiza no es la misma a lo largo del tiempo, y todavía menos después de la decisiva novedad que en la teoría de la experimentación va a introducir Galileo. Tres parecen ser la etapas principales en la sucesiva elaboración moderna de esa conciencia metódica: 1ª El experimento 'inventivo': el experimentador, en tal caso, somete el

cuerpo animal a tales o cuales manipulaciones 'para ver que pasa', anota como hechos científicos los que así va observando e interpreta esos hechos según la doctrina filosófica que profese. Así investigaron la inervación del cuello, valga este ejemplo, Vesalio y Colombo, y de este mismo género son no pocos de los experimentos de Harvey y de L. Spallanzani. 2a El experimento 'resolutivo', en el sentido que Galileo da a esta palabra: con él, la mente de experimentador 'resuelve' sobre la verdad o el error de una idea acerca de la realidad que él ha concebido de antemano. Ese carácter tuvieron los conocidos experimentos de Harvey acerca de la función de las válvulas venosas en el movimiento de retorno de la sangre. 3a. El experimento 'analítico': éste puede ser inventivo o resolutivo, y en él es provocado artificialmente un fenómeno, para analizar luego, suprimiendo, alterando o midiendo cada uno de los momentos que lo integran, la total estructura del mismo. Bernard [VI.18] será el gran teórico y el gran maestro de este supremo modo de investigación. [Lain Entralgo, y col., 1973: 46].

Como en el II.2 quedaron establecidos los otros planteamientos de Harvey (1628) que más interesan para la presente tesis, se pasará al siguiente constructor, en orden cronológico, del Marco newtoniano.

V.8.4) René Descartes (1637 y 1641)

[En la historia de la matemática] el primer salto espectacular, posterior a los griegos, es producido por la geometría analítica. Es Descartes (...), con su famosa obra **Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences** (1637), quien va a constituirse en el actor principal de este proceso ... El tercer apéndice al **Discours**, titulado 'La Géométrie', es el hito que marca el comienzo de la Edad Moderna en matemáticas. [Piaget, y García, 1982: 89-90].

Descartes también mejoró la versión de Galileo sobre el principio de inercia "sugiriendo que el movimiento natural toma la forma de movimiento con velocidad uniforme en una línea recta, y no en una circunferencia como suponía Galileo[89] -Mason, 1962:

---

[89] "Bernard Cohen (1977) estima que Newton, junto con Descartes, contribuyó a ampliar la consideración de los movimientos que tienen lugar sobre planos próximos a la superficie de la Tierra a todos los movimientos rectilíneos (...) y establecer como axioma

163 [en Piaget, y García, 1982: 176]".

Cuando en las **Meditaciones metafísicas** se lee que Descartes (1641) consideraba "el cuerpo humano como una máquina [y que la] sequedad de garganta ... suele dar al espíritu el sentimiento de la sed y, por consecuencia, poner en movimiento sus nervios y demas partes [p. 144]" puede quedar la impresión de que este investigador suponía la existencia de un motor en el cuerpo. Sin embargo, después de leer la interpretación de Piaget y García (1982) transcrita en el párrafo anterior, nace la duda de que la primera lectura haya sido correcta.

Para Pávlov (1932), en su tiempo, estaba "admitido por todos que la idea de reflejo procede de Descartes [p. 172]". Pedro Laín Entralgo y col. (1973) reconocen que:

> Fue Descartes, como sabemos, el creador del **concepto de 'reflejo'**. Su visión mecánica del movimiento animal y el brillante resultado a que le condujo el estudio geométrico de la reflexión de la luz le hicieron concebir como una 'reflexión' de los espíritus animales -entendidos como minúsculos y sutilísimos corpúsculos- el juego fisiológico de la estimulación sensitiva y la respuesta muscular. El cerebro, y sobre todo la glándula pineal, sería, si vale decirlo así, la superficie reflejante. [págs. 58-59].

Un par de textos de Descartes (1641) en los que se puede vislumbrar lo previamente postulado son los siguientes:

> Considero el cuerpo humano como una máquina construida y compuesta de huesos, nervios, músculos, venas, sangre y piel. [p. 144].
>
> Y del mismo modo, cuando siento dolor en el pie, la física me enseña que este sentimiento se comunica por medio de los nervios repartidos por el pie, los cuales son como unas cuerdas tirantes que van desde los pies hasta el cerebro; así es que, cuando en el pie son los nervios movidos, tiran ellos también de la parte del cerebro de donde salen y a donde vuelven, excitando cierto movimiento, instituido por la naturaleza para que el espíritu sienta dolor como si el dolor estuviera en

---

que el movimiento inercial es un 'estado'...-Decir que el movimiento rectilíneo y uniforme constituye un estado, y no un proceso, equivale a decir que no tiene necesidad de la presencia de un motor. [Piaget, y García, 1982: 177]".

el pie. Pero como esos nervios pasan por la pierna, el muslo, los riñones, la espalda y el cuello, en su trayecto desde el pie hasta el cerebro, puede suceder que, no moviéndose sus extremidades que están en el pie, se muevan algunas de las partes que pasan por los riñones o el cuello; y este movimiento excitará una herida del pie y, por lo tanto, el espíritu sentirá necesariamente en el pie el mismo dolor que si el pie hubiera recibido realmente una herida; y otro tanto hay que decir de todas la demás percepciones de los sentidos. [p. 146].

Pero, Charles Sherrington (1940) ha precisado que:

> En cuanto al propio término, Descartes, en su descripción de los autómatas, no dice 'reflejo', apenas lo dice, ya que la palabra sólo aparece una vez y no en forma sustantivada [y a continuación sentencia que] fue T. Willis, profesor de Medicina en Oxford, quien ... [sin hacer] mención explícita de los escritos cartesianos ... al escribir mucho después sobre el sistema nervioso, dio vigencia a la palabra, al hablar de la acción 'refleja' ... La utilidad del término residía en principio en que indicaba un tipo de reacción, en la que un estímulo externo relativamente simple inducía una reacción nerviosa en la que no era necesaria la conciencia ... Y, más tarde, se llegó a la conclusión que hemos mencionado, la del ser reflejo que no sólo respira y se mantiene en pie, sino que se levanta, camina o corre y adopta la postura de mirar a un estante o husmear el suelo. [págs. 186, 190 y 187].
>
> Descartes no sólo pretendió, sino que adivinó **a priori** un hecho y un proceso natural que sólo dos siglos más tarde descubriría la fisiología experimental. En el siglo XVII, Descartes postuló una actividad que suprimía la actividad, y habría que esperar al siglo XIX para su confirmación. Y, cuando se confirmó, al principio, muchos no lo creyeron, y algunos, aunque verificaron el reflejo, no lo comunicaron por dudar de su autenticidad.
>
> La verdadera importancia de la hipótesis de Descartes radica en que atribuyó la actividad del sistema nervioso al propio sistema nervioso, del cual se creía anteriormente que actuaba por efecto de los fluidos galénicos y del alma. [**op. cit.**: 188].

No se tuvieron las posibilidades y tampoco se había decidido partir hacia una investigación en la que se atendiera el origen del modelo del 'reflejo', es la razón por la que hasta este lugar del tema se llega. Con todo, habrá que advertir que se alcanzaron pruebas que constantan que la noción de 'reflejo', ya como estaba elaborada a fines del siglo pasado y principios de éste, en asociación con la de las 'causas actuales (V.8.2)', en ciertos

momentos de la evolución de la Circadiología, tuvo la función de obstáculo epistemológico (II.14). Aunque, claro está, al contrario, para el desarrollo de la Fisiología en general, el establecimiento de las nociones de Descartes sirvió de impulso. Por ejemplo, "durante los siglos XVII, XVIII y XIX se utilizó la noción de reflejo para el estudio de los segmentos inferiores del sistema nervioso central [Pávlov, 1924: 95]".

> Unos noventa años después de Fernel (V.7), Descartes (1641) volvería a tratar el tema [de los actos motores inconscientes]. En aquella época, se practicaba muy poco la cita de fuentes bibliográficas en los escritos científicos, y Descartes no hizo mención explícita de Fernel ... Sin embargo, cuesta trabajo pensar que Descartes, quien, para ampliar sus conocimientos de sus disciplinas preferidas 'Anatomía y Fisiología', cursó estudios médicos en Amsterdam (Carta a Marsenne), no hubiera leído a Fernel, cuyo libro era el texto de Fisiología de la época ... De cualquier modo, que la teoría fuese o no de Descartes ni nos interesa ni hace al caso; cierto que Descartes al desarrollar la doctrina de los actos motores inconscientes humanos y animales, lo hace con un vigor y una claridad que ganaron atención universal. Descartes dice, por ejemplo: "el pájaro o el perro del que imaginamos al verle volar o correr que está actuando reflexivamente, por voluntad, etc., no actúa así. Sus movimientos son simplemente semejantes al desarrollo de una cuerda de reloj'. [Sherrington, 1940: 182].

Citaremos un párrafo del mismo Descartes [**ib.**]:

> Del mismo modo que un reloj formado por ruedas y pesas observa con no menos exactitud todas las leyes de la naturaleza cuando está mal hecho y no marca las horas tan bien como cuando es una obra bien acabada, de igual modo considero yo el cuerpo humano, una máquina construida y hecha de hueso, nervio, músculos, venas, sangre y piel, que, aunque no tuviera mente, no dejaría de moverse tal como lo hace, ya que no se mueve por influencia de su voluntad y, en consecuencia, por intervención de la mente, sino simplemente por la disposición de sus órganos [**Meditaciones, VI**].

O un párrafo que puede considerarse como uno de los últimos que escribió, puesto que figura al final de **De Homine** que fue una publicación póstuma y en el que, tras citar varias acciones corporales, dice [Sherrington, 1940: 183]:

> Repito que quiero que consideréis estas funciones como algo que se produce naturalmente en esta máquina por la sola disposición de sus partes, igual ni más ni menos que los movimientos de un reloj u otro autómata accionado por pesas y ruedas ... [**De Homine, IV**].

> Descartes excluyó explícitamente la 'razón' y la 'voluntad' de su maquinaria del individuo. Excluidas ambas, el individuo cartesiano era una máquina.
>
> La concepción de Descartes de los actos humanos coincidía con su concepto de los actos del universo físico, y trataba de armonizarlos en un mismo contexto. Basaba el comportamiento del recientemente descubierto universo copernicano en una teoría de vórtices cuya falsedad se encargaría de demostrar Newton. Los actos automatizados descartianos del ser humano formaban un todo con los actos automatizados de los cuerpos celestes. El identificaba como uno y único el principio del movimiento subyacente a los movimientos celestes al que animaba la vida corporal. El mismo movimiento, la misma mecánica. Prescindió del 'primer motor inmovil'. [Sherrington, 1940: 185-186].

Como se habrá podido captar, Descartes reforzó la diferenciación del observable que se había gestado con Fernel (1542) y que, en nuestro tiempo, está presente en los experimentos de los circadiólogos: la separación de los movimientos corporales, en los que, tiempo después, serían voluntarios e involuntarios. Sin embargo, la segunda profunda distinción todavía tuvo que esperar casi tres siglos: la división de estos últimos, igualmente por su origen, en autónomos y dependientes de estímulos.

V.8.5) Thonis van Leeuwenhoek (1647)

"Posiblemente, Leeuwenhoek inició sus observaciones sobre los protozoarios de vida libre, con su descubrimiento, en el año de 1647, de ciertos 'muy pequeños animálculos' que vió en el agua. Describe este hallazgo en una carta, escrita en Delft el 7 de septiembre y dirigida al Sr. H. Oldenburg -primer secretario de la Royal Society [Dobell, 1960: 109 y 106]":

> Tomé un poco de esta agua en una pequeña redoma de vidrio y la examiné al día siguiente. En ella econtré flotando diversas partículas de tierra y algunas hebras verdes, hábiles serpientes espiraladas con un arreglo ordenado[90], después el género de los gusanos

---

[90] "El alga vede común, *Spirogyra*: primera observación registrada de este organismo [Dobell, 1960]".

cobrizos o estañados ... La circunferencia total de cada una de estas hebras era de alrededor del espesor de un pelo de la cabeza. Otras partículas tenían el principio de las hebras mencionadas; pero todas consistían de muy pequeños glóbulos verdes reunidos juntos: también había muy pequeñísimos glóbulos verdes. Entre estos había muy pequeñísimos animálculos, de los cuales, algunos eran esféricos, mientras otros, unos pedazos gruesos, consistían de unos óvalos. En estos ví dos pequeñas patas cerca de la cabeza y dos pequeñas aletas en la terminación posterior del cuerpo[91]. Otros eran un poco más grandes que los óvalos, eran muy lentos para moverse y pocos en número[92] [Leeuwenhoek, 1674].

V.8.6) Isaac Newton (1686)

"Con el estímulo de Edmund Halley, Newton (1686) presenta en la Royal Society su obra capital y que a la vez está considerada como un texto esencial en la historia de la ciencia moderna: **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica** -Principios matemáticos de la filosofía natural [Anónimo, 1983: 3]".

En la definición III y la ley de inercia contenidas en los **Principia** se puede encontrar un indicio de una cierta ascendencia de por lo menos dos componentes del dominio conceptual de la Circadiología: la noción de oscilación libre y la propiedad que tienen los ritmos circadianos de ser innatos (I.3 y I.6).

> La **vis insita**, o fuerza innata de la materia, es un poder de resistencia por el cual todo cuerpo continúa en su estado presente, sea de reposo o de movimiento uniforme en línea recta.
>
> Todo cuerpo continúa en su estado de reposo, o de movimiento uniforme en una línea recta, a menos que sea compelido a cambiar ese estado por fuerzas impresas sobre él [Newton, En: Piaget, y García, 1982: 178].

Aproximadamente cuarenta años depués de la publicación de los **Principia**, B. L. B. de Fontenelle (1728), en su 'Elogio de Sir Isaac Newton', entre otras muchas cosas, expresó:

---

[91] "Posiblemente rotíferos [Dobell, 1960]".

[92] "Posiblemente ciliados [Dobell, 1960]".

> Dos son las teorías que sobresalen en los **Principia**, la de las fuerzas centrales y la de la resistencia que los medios oponen al movimiento, las dos totalmente nuevas y tratadas de acuerdo con la sublime geometría del Autor. ...La segunda...obligadamente forma parte de la consideración de los principales fenómenos de la naturaleza.
>
> Newton, en general piensa que la Atracción es el principio activo de todas las cosas de la naturaleza y la causa de todo movimiento...y que...la fuerza de atracción que siempre subsiste y no se ve debilitada por su ejercicio es una fuente perpetua de acción y de vida ... Declara con toda franqueza que reintroduce esta atracción sólo como una causa que desconoce y cuyos efectos únicamente estudia, compara y calcula, mientras para evitar el reproche de revivir las **cualidades ocultas** de los escolásticos dice que sólo establece cualidades manifiestas y bien visibles para sus fenómenos, pero que las causas de estas cualidades están sin duda **ocultas** y deja para otros filósofos la tarea de investigarlas, ¿pero no son propiamente las causas a las que los escolásticos llamaron **cualidades ocultas**, pese a que sus efectos están plenamente a la vista? [pág. 41].

En estos párrafos escritos por el que fuera uno de los Secretarios de la Academia de Ciencias de París en aquellos años, se puede apreciar con mucha transparencia el cuestionamiento y la transformación del concepto de explicación física provocados por la aparición de los trabajos de Newton. También se pueden mirar y además por que son inseparables, las incipientes interpretaciones al sistema de Newton y las primeras confrontaciones de éste con el marco aristotélico, cuyos paradigmas en aquellos tiempos empezaron a dejar de funcionar como tales y comenzaron a fungir como obstáculos epistemológicos.

> La gravedad, interpretada como una atracción innata entre cualquier par de partículas de materia, era una cualidad oculta en el mismo sentido que lo había sido la 'tendencia a caer' de los escolásticos. Por consiguiente, aunque continuaban siendo efectivas las normas del corpuscularismo, la búsqueda de una explicación mecánica de la gravedad fue uno de los problemas más difíciles para quienes aceptaban los **Principia** como paradigma. Newton le dedicó mucha atención, lo mismo que muchos de sus sucesores del siglo XVIII. La única opción aparente era la de rechazar la teoría de Newton debido a que no lograba explicar la gravedad, y también esta alternativa fue adoptada ampliamente. Sin embargo, en última instancia, ninguna de esas opiniones triunfó. Incapaces de practicar la ciencia sin los **Principia** o de hacer que ese trabajo se

ajustara a las normas corpusculares del siglo XVII, los científicos aceptaron gradualmente la idea de que la gravedad, en realidad, era innata. Hacia mediados del siglo XVIII esa interpretación había sido casi universalmente aceptada y el resultado fue una reversión genuina (que no es lo mismo que retroceso) a una norma escolástica. Las atracciones y repulsiones innatas se unían al tamaño, a la forma, a la posición y al movimiento como propiedades primarias, físicamente irreductibles, de la materia [Bernard Cohen, 1956] ... Por ejemplo, hacia los años de la década de 1740, los electricistas podían hablar de la 'virtud' atractiva del fluido eléctrico ...

La dinámica y la electricidad no fueron tampoco los únicos campos científicos afectados por la legitimación de la búsqueda de fuerzas innatas de la materia. El gran caudal de literatura del siglo XVIII sobre afinidades químicas y series de reemplazo, se deriva también de este aspecto supramecánico del newtonismo. [Kuhn, 1971a: 168-170].

Está claro que "esos cambios en las normas que regían los problemas, conceptos y explicaciones admisibles [Kuhn, 1971a: 170]" provocados con el establecimiento del marco newtoniano favorecieron la posibilidad de que ya en 1832, de Candolle (VI.12) hablara "de una 'tendencia innata en las plantas para presentar movimientos periódicos' [Bünning, 1961: 1]" y que en la actualidad Pittendrigh (1960) haya podido enunciar en su lista de generalizaciones empíricas que los ritmos circadianos son innatos en los sistemas vivientes.

Sin embargo, cabe aclarar que en este caso, una vez más, un esquema teórico se orienta hacia "una reversión genuina (que no es lo mismo que retroceso) a una norma escolástica [Kuhn, 1971a: 169]" que tiempo después, guió a la redefinición del concepto de 'innato'. P. ej.:

[En Etología como en casi todas las disciplinas,] ciertos términos han sido tan alterados por su asociación con expresiones arcaicas que se han vuelto totalmente inadecuados[93]. [Así,] el término instinto

---

[93] Algunos de los miembros más importantes de la Etología y la Circadiología, han estado cerca, hasta geográficamente. Primero, tres departamentos del Instituto Max Planck, el de Erich von Holst, Gustav Kramer y Lorenz se establecieron en Seewiesen a orillas del lago Ess See, en 1955. Después, Jürgen Aschoff se

también se ha visto sustituido por otros. Pero en este caso la sucesión de términos también se ha visto acompañada por unos matices de significación gradualmente alterados ... Términos tales como 'impulso', 'tendencia', 'instinto', y otros como 'innato' -o como prefiere Nikolaas Tinbergen, 'resistentes al ambiente', tienen significados ampliamente superpuestos, [y por otra parte,] el término 'tendencia' es aceptable para algunos que se estremecen al oír hablar de los 'impulsos' de un animal -ese término lo heredó Konrad Lorenz de Oskar Heinroth.

Al referirse a este tema, Lorenz suele afirmar que está particularmente interesado en aquellas pautas de comportamiento animal que son innatas -programadas filogenéticamente, según la terminología moderna- ... El programa filogenético (el conjunto de información genética que ha sido moldeado por la evolución de cada especie) varía muy poco de un individuo a otro dentro de cada especie. En la práctica, por tanto, podemos igualar el término 'innato' con el de 'genéticamente determinado' [Nisbett, 1985: 63-64].

Esta definición etológica de 'innato', conduce al recuerdo del paradigma biológico que es llamado 'la teoría sintética de la evolución'[94].

En lo que respecta al concepto de 'oscilación libre' se puede observar un vínculo más cercano con la mecánica clásica. En ésta, como dice de Luis Estrada (1987) "la influencia de los **Principia** es amplísima y decisiva [p. 1]". Dicha observación se puede realizar mediante el establecimiento de una analogía entre un ritmo biológico en oscilación libre y una onda que se transmite

---

estableció en Erling-Andechs, a pocos kilómetros de Seewiesen. Un poco más, W. M. Schleidt, un discípulo de Lorenz desde los años de Altenberg, después del regreso de la Unión Soviética fue uno de los primeros sujetos de uno de los experimentos de aislamiento realizados por Aschoff (Nisbett, 1985: 122, 123 y 125).

[94] La teoría sintética de la evolución "emergió en las décadas de 1930 y 1940 como una síntesis del conocimiento de la genética y el concepto darwiniano de la selección natural ... Los fundamentos de esta moderna teoría fueron logrados en forma independiente por S. S. Chetverikov, R. A. Fisher, J. B. S. Haldane y S. Wright entre 1926 y 1932; pero la teoría fue desarrollada por muchos otros autores que empezaron en la década de 1930 [Dobzhansky, et al., 1977: xiii y 129]".

con movimiento uniforme sin que una fuerza la obligue a cambiar ese estado de movimiento.

V.9) Uno de los primeros paralelismos

Como ya se habrá podido leer en el V.3.2, Andróstenes, un médico que viajaba en la expedición de Alejandro Magno hacia el Asia menor (334 a. C.), miró los movimientos hacia arriba y hacia abajo de varias especies de leguminosas.

"En 1690, E. Kaempfer dejó Batavia como médico para ir a la Embajada alemana en Japón. Por alguna inexplicable razón, su embajada viajó a Nagasaki vía Siam y de su retorno, desde Bangkok a las aguas bajas del río Meinam, describió el siguiente fenómeno [Gudger, 1919: 190]":

> Los escarabajos brillantes (...) representan otro obstáculo, se establecen en algunos árboles al igual que una nube ígnea. Con esta sorprendente circunstancia de que un enjambre completo de estos insectos toma posesión de un árbol y se esparcen sobre sus ramas, algunas veces esconden sus luces todos a un tiempo y un momento después hacen su aparición otra vez con suma regularidad y exactitud, como si estuvieran en una perpetua sístole y diástole. [Kaempfer, 1690: 78-79].

El paralelismo entre Andróstenes y Kaempfer consiste en que ambos eran médicos, los dos viajaban del occidente al oriente, de alguna u otra forma iban como diplomáticos y, sobre todo, ambos proporcionaron los primeros informes de objetos de estudio para la Circadiología. Con base en las categorías de análisis formuladas en el capítulo II, éstos fueron al azar. Este paralelismo es un buen ejemplo de la estrecha conexión que mantuvo al principio de su progreso la Circadiología con la Medicina (V.6). Resulta también interesante la alusión a la sístole y a la diástole en la que se puede atisbar como ya comenzaba la implantación del marco newtoniano.

CAPITULO VI

El sueño en las plantas

En este capítulo se describe la creoda denominada "el sueño en las plantas". Esta ruta puede ser considerada la primera y principal del estadio intra- en el desarrollo del conocimiento acerca de los ritmos circadianos. Se le ha llamado de este modo, por que tal hecho constituyó el objeto de estudio a lo largo de ella.

VI.1) Jean Baptiste De Mairan Dortous (1729)

"La Fisiología francesa del siglo XVIII comienza viviendo la herencia del mecanicismo cartesiano [Laín Entralgo y col., 1973: 52]". Es en este ambiente que se debe introducir al investigador francés De Mairan Dortous (1729).

> Hasta donde mejor se puede saber, el astrónomo De Mairan Dortous (1729) fue el primero en describir experimentos en los que se demuestra la periodicidad diaria del movimiento de las hojas en plantas mantenidas bajo obscuridad constante y a una temperatura relativamente constante, tal como si dichas plantas hubieran estado expuestas a la alternancia normal de la luz y la obscuridad [Bünning, 1960: 1].

Era una costumbre tradicional que un miembro de la Academia Real de París comunicara el trabajo de otro académico, así que, los experimentos a los que alude Bünning (1960), fueron presentados por Marchant, amigo de De Mairan Dortous, en 1729:

> Se sabe que el heliotropo es una planta sensible, es decir, que sus ramas y hojas se dirigen siempre hacia el lado de donde viene más luz y se sabe además, que a esta propiedad que es común a otras plantas, se suma otra que le es más peculiar, es sensible con respecto al

sol o al día, sus hojas y sus pedicelos se repliegan y se contraen hacia el atardecer, de manera muy similar a lo que sucede cuando uno toca o agita la planta. Pero De Mairan Dortous observó que no es absolutamente necesario que la planta esté en el sol o al aire libre, aunque el fenómeno es menos marcado; cuando la planta está encerrada en un lugar obscuro, se expande también, de manera muy sensible durante el día, se repliega o se aprieta regularmente al anochecer y permanece así toda la noche. El experimento se llevó a cabo al final del verano y se repitió suficientes veces. La sensitiva siente el sol sin verlo en lo absoluto y esto, parece tener relación con esa desgraciada sensibilidad de muchos enfermos que perciben en sus camas la diferencia del día y de la noche.

Sería curioso probar si otras plantas cuyas hojas y flores se abren durante el día y se cierran en la noche, conservan, al igual que esta sensitiva, dicha propiedad en lugares obscuros y se podría simular, con hornos más o menos calientes, un día y una noche, de tal manera que las plantas lo sintieran y se podría invertir el orden de los fenómenos del verdadero día y de la verdadera noche. Pero las ocupaciones ordinarias de De Mairan Dortous no le permitieron llevar más allá sus experimentos y se conforma con una simple invitación a los botánicos y físicos, los cuales tal vez tendrán también otras cosas que hacer. El avance de la verdadera física, la experimental, no puede ser más que muy lento [Mairan Dortous, De, 1729: 35].

Dentro del sistema cognoscitivo que prevaleció hasta finales del siglo XVII se habían presentado, por lo menos cuatro fluctuaciones cognoscitivas (II.6) asociadas con los ritmos diarios (V.3.1, V.3.3 y V.3.4), la más reciente en 1690 (V.9). Lo interesante de la perturbación levantada por De Mairan Dortous en 1729, es que la observación ya no consistió en advertir la existencia de la oscilación de una función biológica bajo condiciones naturales; **fue la primera ocasión en que se colocó en iluminación constante un ritmo circadiano.**

En los contenidos de los antecedentes y en la acción propiamente dicha, sólo intervienen descripciones de observables y de algunas relaciones entre ellas.

La superación del marco epistémico que obligaba a suponer como natural que la sensitiva siguiera los desplazamientos del sol, facilitó la concepción de la situación experimental descrita. Con todo y ello se aprecia en el informe de ésta una falta de diferenciación en dos pares de observables

correspondientes a las acciones del objeto. En primer lugar, De Mairan Dortous (1729) no distinguió entre la orientación y la periodicidad de los movimientos. En segundo lugar, dudó de que la planta fuera "sensible con respecto al sol o al día [p. 35]". Como se podrá observar posteriormente, en algunos casos, todavía persiste esta confusión.

Permanece un cierto apego a la operación que fue correcta y "repetida suficientes veces [ib.]", con una doble limitación (en palabras de Piaget y García): "no hay coordinación de esta operación con otras en un agrupamiento organizado y el análisis interno de la operación en juego se acompañó de errores [1982: 163]".

La relación del comportamiento de la sensitiva "con esa desgraciada sensibilidad de muchos enfermos [Mairan Dortous, De, 1729: 35]" lleva a "la posible conexión de este fenómeno con ciertos aspectos del comportamiento humano. Es así, que esta especulación intuitiva fue la precursora de las de C. W. Hufeland -1797 y 1798 [Bünning, 1973: 15]", pero que en ese momento, no condujo a que la operación realizada se pudiera, en términos de Piaget y García (1982), "insertar en un sistema de condiciones o de consecuencias que aumentara su alcance y la introdujeran en una totalidad de transformaciones solidarias [p. 165]". De ahí que la referencia a dicha conducta de los enfermos, sólo quedó como un mero atisbo de la existencia de los ritmos circadianos en el hombre, que en la actualidad, es uno de los objetos más importantes del dominio material de la Circadiología.

De Mairan Dortous propuso la realización de dos operaciones que tenían implícito el planteamiento de dos problemas muy importantes: uno acerca de la extensión de los ritmos circadianos y el otro referente a las relaciones entre ellos y la temperatura. Cuando estas operaciones fueron realizadas, como era de esperarse, dieron muchos frutos. Sin embargo, este autor se queda en la propuesta y da como pretexto sus ocupaciones ordinarias. Cabe la interpretación de que, en realidad, trató de anular la perturbación causada por el hecho nuevo, reaccionando con la conducta α de despreciarla. Este comportamiento se volverá

a repetir en otros grandes investigadores. Como este comportamiento sólo fue "parcialmente compensador, en consecuencia, el equilibrio que resultó de él siguió siendo muy inestable [Piaget, 1978b: 74]". Una posible causa de esta conducta se puede buscar en la falta de un esquema que hubiera permitido la asimilación de la anomalía.

Los 'errores' que acompañaron el análisis de la operación en juego, fundamentalmente, son de dos tipos, los que se refieren a la ausencia de diferenciaciones y los relativos a la permanencia de seudonecesidades. Estos son también característicos de este primer estadio en que se coloca la acción. Si bien, era cierto que se había abatido la seudoimposibilidad de que era "absolutamente necesario que la planta estuviera en el sol o al aire libre [Mairan Dortous, de, 1729. 35]" para realizar sus movimientos, permaneció la seudonecesidad de que "la sensitiva sintiera el sol sin verlo en lo absoluto (ib.)". Es necesario insistir que estos errores no se debieron a la falta de capacidad para la observación o el análisis por parte de De Mairan Dortous, sino que fueron inherentes a lo que implica un primer experimento en el que las regulaciones epistemológicas eran compensadoras al mismo tiempo que formadoras y estaba ausente un esquema que permitiera la asimilación y facilitara el equilibrio entre ésta y la acomodación.

VI.2) Charles F. Dufay (1733)

Dufay llevó a cabo experimentos parecidos a los de De Mairan Dortous y a los de Duhamel du Monceau. Cabe la posibilidad de que algunos los haya realizado con ellos. La notificación de dichos experimentos la hizo en los ensayos de la Académie Royale Française de Recherche et Sciences de de Paris. En ellos mostró que ciertas "plantas despliegan temprano sus hojas y en las noches las cierran [Zinn, 1759: 49]". En sus partes principales, los logros de Dufay coinciden con las observaciones que, un tiempo después, hizo Zinn (1759).

"En el año 1733, y por vez primera, Dufay mostró la existencia de dos fuerzas eléctricas activas en forma contrapuesta (+ -) [Rothschuh, 1973: 227]". La importancia que tuvo este descubrimiento para la constitución de la Electrofisiología y de los cauces de la Circadiología resulta evidente.

VI.3) Karl af Linne (1746 ó 1747, 1749, 1751 y 1755)

> En Skâne [1749], Linné efectuó un extraordinario estudio sobre el momento del día en que las diversas flores se abrían y cerraban. Buscaba información para el reloj floral en el que había estado trabajando durante mucho tiempo: 'reloj con el que se podía decir la hora, incluso con el cielo cubierto, con tanta precisión como con un reloj de bolsillo'. Dos de las plantas observadas era un *Crepis* y un *Leontodon* (diente de león): El *Crepis* comienza a abrir sus flores a las 6 de la mañana y a las 6:30 están completamente abiertas. El *Leontodon* abría todas sus flores entre las 6 y las 7. Por la tarde, el *Crepis* empezaba a cerrarlas a las 18:30 y a la 19:00 estaban todas cerradas, pero el *Leontodon* lo hacia entre las 17:00 y las 18:00. Se hizo un experimento dentro de casa con las mismas flores dispuestas en un jarrón con agua. Ahora el *Crepis* se cerraba a las 19:00 y el *Leontodon* a las 18:00. [Blunt, 1982: 214-215].

Se puede vislumbrar otra perturbación con conducta α. Se trata de **la primera vez que se pone un ritmo diario bajo condiciones casi-controladas de sincronización.** Como siempre, las condiciones de iluminación en el interior de la casa debieron de haber sido distintas a las de afuera. Las plantas sincronizaron su ritmo de sueño con el nuevo fotoperiodo. De entrada, sin un esquema conceptual que permitiera percatarse del funcionamiento de dicho ritmo como un reloj, ni Linneo, ni sus más cercanos seguidores pudieron haber atisbado que los ritmos circadianos tienen entre una de sus propiedades la de ser sincronizables. Por lo tanto esta fluctuación tampoco se amplificó. Tuvo que transcurrir el mismo tiempo, que con la otra innovación efectuada por Linneo, para que esta fluctuación pudiera encajar dentro de la construcción del conocimiento implicado con los ritmos circadianos.

Cabe advertir que esta cualidad que poseen los ritmos circadianos de ser sincronizables, está tan junta al servicio que prestan como relojes, que la diferenciación de estos dos observables tardó casi dos siglos. De acá que se puede vislumbrar que esta perturbación es de la variedad de las que se oponen a las acomodaciones; de aquellas inquietudes proporcionadas por la resistencia del objeto.

No fue la única ocasión en que Linneo estuvo frente a la sincronización de un ritmo, sin que la vislumbrara así. "En 1746 o 1747, Adolf Fredrik, cuando aún era príncipe heredero, le regaló un mapache (*Procyn lotor*) ... para que lo estudiara y lo describiera. Así lo hizo, y su informe ... se publicó en las **Actas de la Real academia de ciencias** [Blunt, 1982: 162 y 163]":

> A no ser que [el mapache] tuviera hambre o se sintiera inquieto, dormía desde la media noche hasta el medio día, es decir, cuando era de noche en su tierra natal, y no seguía la costumbre local ni los dictados del sol. Por la tarde nuestro oso americano abandonaba su madriguera y se asoleaba o jugaba; pero desde la seis hasta media noche normalmente se paseaba arriba y abajo sin parar, aunque estuviera a oscuras o el tiempo fuera húmedo y desapacible. [en: Blunt, 1982: 163].

Acertadamente, W. Blunt (1982) anota a pie de página que "esta explicación no es válida, pues en estado silvestre el mapache es nocturno". La explicación plausible es que su ritmo de actividad se había sincronizado al nuevo régimen de iluminación. En resumen: Linneo no se dió cuenta de ello.

> Es una experiencia conocida que cerca de la noche, las plantas pliegan sus hojas o las acercan al tallo. La mayoría de las plantas en las que se aprecia tal sueño, tienen hojas compuestas, de modo que de un pecíolo común cuelgan muchas hojuelas; también se expresa esta propiedad en plantas con hojas más simples, cada una de las cuales tiene un pecíolo y que cuelga individualmente. Linnaeus observó 10 diferentes tipos de cambiar el lugar y la posición de las hojas durante el sueño[95].

---

[95] "Las hojas sencillas duermen de manera que se enderezan contra la hoja que está arriba y se arrima con su cara superior a la otra de manera que se muestra como una sola hoja ... 2) las hojas en un ramo se comprimen, de noche, contra el tallo, como en

> La mayoría de quienes [habían] observado este sueño de las plantas y la posición cambiante de la hoja [eran] de la opinión de que ese cambio sería atribuible al aire húmedo y frío de la noche que se trasmite a través de las fibras y del pecíolo de la hoja a un lado más que al otro, entonces cambia la dirección del pecíolo y de la hoja. Sólo esos fenómenos, considerados con la mayor atención y conducidos por Linnaeus y D. Hill, en Inglaterra, [marcaron] que ni la temperatura ni la humedad del aire de la noche producen el cambio. Todas las plantas en las cuales se [habían] observado esos fenómenos, cambian de posición sus hojas en un determinado momento cuando se enfría y se calienta el aire. Las plantas criadas en invernadero [daban] un ejemplo. A pesar de que, temprano, el calor del aire en un invernadero [era] muy pequeño comparado con el del anochecer: así, las hojas se despliegan a una hora determiada y al anochecer permanecen juntas, a pesar de que el calor [era] mayor que antes. [Zinn, 1759: 42].

Existen "muchos ejemplos de flores que están abiertas únicamente durante una limitada y definida parte del día. Los ejemplos usados por Linne (1751) en su **Floral clock** son clásicos [Lutz, 1934: 2]":

> Conforme a una primera extensa documentación hecha por Linnaeus (1751), cada especie de flor tiene un tiempo característico para abrir y cerrar sus pétalos ... Es tan certero dicho momento que Linnaeus diseñó un reloj ... Cultivó flores en áreas apropiadas de un jardín. Los pétalos de ellas se abrían y cerraban a una hora específica del día (Marilaun, von, 1895). Con una inspección de su jardín Linnaeus podía decir la hora del día en su reloj floral, un panorama claramente de bienvenida para algunas de sus ocupaciones del día, que

---

Oenothera; 3) la parte de la superficie de la hoja se yergue hacia arriba y engrana con el tallo o lo envuelve como en *Parthenium*, *Stramonium*, y algunos amarantos; ó 4) las hojas cuelgan hacia abajo y con otras hacen como una bóveda, bajo la cual se esconden las hojas jóvenes, de lo cual nos dan ejemplo *Hibiscus*, *Sabdariffa* y *Achyranthes*. En las hojas compuestas se encuentran las caras superiores de las hojas con otras, como en muchas plantas relacionadas con los frijoles; 2) sólo se aproximan a otra con su extremo de modo que dejan un hueco bajo de ellas, como en *Lotus*; 3) como en *Melilotus* se acercan por debajo de otra y con las puntas se separan; 4) en el estilo de *Lupinus*, *Pseudoacacia* y *Amorpha*, cuelgan hacia abajo; 5) plegarse sobre sí como en *Cassia*, ó finalmente, acercarse todo a lo largo del tallo. [Zinn, 1759: 41-42]".

iban a ser marcadas por dicho reloj. [Moore-Ede, **et al.**, 1982: 10].

Una representación del reloj floral propuesto por Linneo en 1751 se puede mirar en un dibujo de Ursula Schleicher-Benz (Boer und Thorbecke -verlag., s. f.); Fig. 1.6 del libro de Martin C. Moore-Ede **et al.** (1982). En ésta (Fig. 1) "se muestran los momentos característicos de apertura y cierre de los pétalos de varias especies de flores. Las doce horas del reloj corren de las 06:00 a las 18:00 hrs [p. 12]".

Es tan indudable que Linneo (1751) se había fijado en las ligas existentes entre el ritmo en el sueño de las plantas y la hora del día, que pudo hacer su reloj. Pero, por otra parte, es tan nítida en esta labor, la índole de una perturbación que tuvo como efecto una conducta epistémica de la variedad α (II.6 y II.8), que transcurrieron casi treinta y seis lustros (VI.29 y VI.30) para que se pudiera vislumbrar a los ritmos circadianos como un reloj biológico.

De acuerdo con Beatriz M. Sweeney (1987), Linneo, en 1755, acuñó el nombre de 'sueño en las plantas' para designar los movimientos "de algunas clases de hojas que toman una posición durante la noche, diferente a la del día ... Estos movimientos son denominados de esta manera hasta hoy en día [p. 1-2]". Por lo cual, se le puede considerar a Linneo como el padrino de este cauce.

VI.4) Henri Louis Duhamel du Monceau (1758)

El "Artículo III" del tomo II de su libro **Physica de los Arboles** que Duhamel du Monceau denominó "De algunos movimientos de las plantas, que se asemejan en cierto modo a los movimientos espontáneos de los animales [1772: 160]", lo abre atribuyéndole notoriedad a "que la mayor parte de las hojas hermanadas se doblan todas las tardes [**ib.**]" y aclara que "esto es, que sus hojuelas se aproximan unas a otras [y que] el Sr. Bonnet [era] quien [había] observado más exactamente este fenómeno [**ib.**]". Aclaración que lo induce a citar algunas de las anotaciones de

este observador en las que se atiende a ciertos nexos entre el calor, la humedad y la posición del sol con "estos movimientos, comunes a casi todas las hojas hermanadas [op. cit.: 162]".

La observación de De Mairan (1729) de que aunque la *Sensitiva espinosa* o 'vergonzosa' "esté colocada en un lugar muy obscuro y de un temple bastante uniforme, no por eso deja de cerrarse todas las tardes y de abrirse todas las mañanas, como si estuviera expuesta a la luz ... excitó [en Duhamel du Monceau] el deseo de averiguar lo que sucedería con dicha planta, poniéndola en una obscuridad todavía más perfecta [ib.]".

> Habiendo una mañana del mes de agosto trasladado un pie de Sensitiva a un sotanillo que no tenía lumbreras, y al cual se entraba por otro sótano, con el traqueo del transporte se cerraron las hojas de la Sensitiva. Al día siguiente a las diez de la mañana estaban abiertas, aunque no tanto como lo hubieran estado al aire libre: se mantuvieron así abiertas por espacio de muchos días, y sin embargo, se cerraban cuando alguno tocaba las ramas; pero de allí a poco se abrían. [Duhamel du Monceau sacó] esta planta de la cueva a las diez de la noche, cuidando de no traquearla: y las hojas permanecieron abiertas toda la noche y todo el día siguiente, pero a la tarde se volvieron a cerrar.
>
> Como quiera que el resultado de este experimento se diferenciaba del De Mairan, [Duhamel du Monceau se propuso asegurarse] de si provendría esta diferencia de haber sido mayor la obscuridad en la cueva que en el gabinete en que el De Mairan hizo su experimento; y para esto [encerró] un tiesto de sensitiva en una valija grande de vaqueta que estaba en un gabinete bien cerrado; y a más de esto [cubrió] la maleta con cobertores de lana muy recios. Sin embargo, de que por este medio [llegó] a tener la planta en una total obscuridad, con todo se abría por la mañana, y se cerraba por la tarde, del mismo modo que en el experimento del De Mairan. [Para Duhamel du Monceau era] seguro que este hecho no depende totalmente de la luz, pues en las estufas se [veía] que esta planta se cierra en verano a las siete de la tarde, cuando todavía es muy de día, y el calor muy fuerte en este género de reservatorios y lo que es más, [él] mismo [había] visto piés de Sensitiva depositados en estufas, cerrarse todas las tardes, por más cuidado que se tuviese de aumentar el calor de los hornillos.
>
> De estos experimentos [Duhamel du Monceau pudo] deducir que los movimientos de la Sensitiva no dependen esencialmente de la luz ni del calor. [op. cit.: 162-163].

En estas líneas se aprecian tres hechos epistémicos muy significativos: 1) la perturbación que causó el que la sensitiva continuara sus movimientos a pesar de no recibir señal alguna acerca de si era de día o de noche; 2) la carencia de un sistema cognitivo adecuado, causa de que se generara la perturbación y 3) a pesar de que De Mairan Dortous "repitió suficientes veces [1729: 35)" el experimento que dió lugar al hecho, casi treinta años después, Duhamel du Monceau (1758) tuvo el deseo de investigar qué pasaría con la sensitiva cuando la pusiera en un sitio mejor oscurecido. ¿Porqué este afán de hacer dicha operación?. Como ni De Mairan Dortous (1729), ni Duhamel du Monceau (1758) tenían la intención de realizar un tratamiento estadístico de los datos, cabe la interpretación de que las repeticiones las hayan hecho con el fin de encontrar errores que les hubieran permitido anular la anomalía en los resultados esperados. En otras palabras: si en el primer experimento se hubiera filtrado la luz y en el segundo, ya sin ésta, hubieran desaparecido los movimientos de la sensitiva, los primeros datos se hubieran considerado falsos, se habría desechado el hecho y por lo tanto, anulado la perturbación.

En los experimentos de Duhamel du Monceau (1758) se puede notar que, a pesar de haber empleado un lugar donde se podía controlar la iluminación, el autor utiliza una lámpara para observar la posición de las hojas. Con esta manipulación experimental el ritmo se afectaba, lo que, aunque fue registrado por Duhamel du Monceau, no tuvo para él ningún significado: no lo pudo mirar, porque no lo andaba buscando.

Un poco más de medio siglo antes de que Jean B. J. Fourier (1811) ganara "el premio de la Academia por el tratamiento teórico de la propagación del calor en los sólidos[96] [Anónimo 1991]", 66 años antes de que Sadi Carnot (1824) publicara su primer trabajo sobre las relaciones entre las diferencias de

---

[96] Hecho que "puede ser considerado como el acta de nacimiento de la termodinámica [Anónimo 1991]".

temperatura y el rendimiento, 79 antes de que René J. H. Dutrochet (1837) variara el valor de las temperaturas constantes en sus experimentos de oscilación libre (VI.10) y 173 antes de que Bünning (VI.29) repitiera estos experimentos, Duhamel du Monceau dedujo que "los movimientos de la sensitiva no dependen esencialmente de la luz ni del calor [1772: 162-163]".

En la deducción que Duhamel du Monceau (1758) obtiene de sus experimentos, se puede ver que el acontecimiento al que se debe la perturbación ya está más delimitado y manipulable: los movimientos de la planta sensitiva no dependen de que sienta el sol sin verlo, ni de la luz, ni del calor. Se elimina la seudonecesidad original, aunque queda la necesidad de construir la teoría adecuada para explicar los hechos. También se puede apreciar un comienzo en la diferenciación de las acciones del sujeto: el calor de las estufas fue aumentando y en las del objeto: la planta se cerraba todas las tardes.

Con estos experimentos, Duhamel du Monceau (1758) establece la operación de base que actualmente se conoce como colocar a los organismos en condiciones de **oscilación libre**, es decir bajo condiciones constantes de luz y de temperatura; condición indispensable para establecer la presencia de un ritmo circadiano. Sin embargo, y a pesar del avance cognitivo que suponen los trabajos de Duhamel du Monceau (1758), la conclusión por él obtenida de que "los movimientos de la planta sensitiva no dependen de la luz ni del calor" no es asimilada en ninguna estructura teórica (la cual se está gestando) y al igual que sucedió con el trabajo de De Mairan Dortous (1729), tendría que esperar para poder ser valorada adecuadamente.

Otro suceso que igualmente vió Duhamel du Monceau fue que las diferentes partes de las ramas de la sensitiva "se mueven según distintas direcciones, y aún con movimientos independientes unos de otros [1772: 164]". Si se toma en cuenta que el mismo Duhamel du Monceau (1758) no prosiguió por este lado sus experimentos y que un siglo después, sin citar este descubrimiento, Sachs (1857) se preguntó ¿por qué duerme una hoja sola de frijol o de *Oxalis*, cuando se cubre con luz roja mientras que la planta total está

iluminada con luz blanca? [p.: 814]", se puede percibir el registro de Duhamel du Monceau como una fluctuación cognitiva que no prosperó. El posible significado que hubiera tenido de haber pasado lo contrario se podrá constatar en el VI.15.

Otra oscilación cognoscitiva que se puede constatar que produjeron las averiguaciones de Duhamel du Monceau dentro de los confines del sueño en las plantas, son sus observaciones de los ángulos que forma un ramillo de sensitiva a lo largo del día y después de haberlo tocado. Un poco más de un siglo después, luego de exponer en una gráfica los ángulos de las posiciones que habían tomado las hojas de la sensitiva durante el transcurso del día, Paul Bert (VI.18) avisa que "no podría invocar, para explicar [los movimientos lentos], la acción de la luz ni de la temperatura [1866: 20]". Por su parte, Duhamel du Monceau no utiliza sus observaciones para apoyar su deducción de "que los movimientos de la sensitiva no dependen esencialmente de la luz ni del calor. [op. cit.: 163]", en cambio destaca que:

> Como quiera que sucede que un impulso más fuerte hace doblar más las ramas que otro más debil, ... basta inferir de ello: 1.° Que cuando la planta está en su mayor acción, las ramas se abren, ó se encogen más que cuando la planta se halla menos sensible. 2.° Que cuando el sol está claro y despejado durante todo el día, todas las plantas son más sensibles por la mañana que por la tarde ... [1772: 165].

No cabe duda de que cuando Bert (1866) se situó dentro del sueño en las plantas, este fenómeno ya estaba más diferenciado como un ritmo diario y que, las observaciones que llevó a cabo Duhamel du Monceau de los ángulos que forma un ramillo de sensitiva a lo largo del día y después de haberlo tocado, se pueden detectar como el punto de una bifurcación asistida por el dominio de la irritabilidad:

> No hace el caso sea este u otro el cuerpo con que se toque a estas hojas para excitar su movimiento; lo que importa es producir un sacudimiento, pues se pueden apretar algunas hojas con los dedos, sin que se doblen, con tal que no se excite en ellas sacudimiento alguno, y se evite el oprimir tanto las hojas que se ocasione el menor movimiento en la articulación del pezoncillo, respecto de que en este caso se cierran inmediatamente; lo cual ya prueba que la sensibilidad de la planta reside principalmente en la articulación. También parece

> que en dicha articulación hay unos lugares más sensibles que otros; porque si se rasca ligeramente con la punta de una aguja un puntito blanquizco que está en la articulación de una hojuela sobre la penca, u hoja compuesta, se dobla inmediatamente; lo que no sucede tan pronto ni tan [fácilmente], aunque se cause igual irritación, en cualquier otra parte de las hojuelas. [Duhamel du Monceau, 1772: 165].

Siguiendo por la misma rama de la bifurcación cognitiva, la de la irritabilidad, Duhamel du Monceau cayó en la cuenta de que las hojas de la sensitiva "enteramente marchitas y amarillas, ó por mejor decir blancas, y cercanas a morir, conservan todavía su sensibilidad; lo cual confirma que esta sensibilidad reside más especialmente en las articulaciones, las cuales conservan su verdor mucho más tiempo que las hojas [1772: 165-166]". Muy posteriormente, ya en 1895, Ludwig Jost (VI.22) se fijó en que "una determinada hoja etiolada[97] se hace excitable al tacto en oscuridad -cuando la planta es sensible en condiciones normales- y hace movimientos periódicos regulares [p. 478]". Hecho que, como se podrá constatar en un tiempo más, marcó la pauta para los experimentos en oscuridad constante que contibuyeron a la formulación de la hipótesis de un origen endógeno para los ritmos circadianos y que acá tiene el cargo de permitir registrar este logro de Duhamel du Monceau (1758) como otra fluctuación cognoscitiva más, dentro de sus averiguaciones, que se desvaneció.

Asimismo, Duhamel du Monceau estuvo frente a otro ritmo diario, el de la recuperación de la sensitiva al sacudimiento: "el tiempo que una rama que se ha tocado, necesita para volver a su estado natural, varía según el vigor de la planta, la hora del día, la estación, y otras circunstancias de la atmósfera [1772: 166]". De acuerdo con los criterios adoptados para llevar a cabo las revisiones con las que se formuló la presente comunicación, se esperaba que, durante la gestación del estadio intra- de la

---

[97] "Blanqueada ... obtenida cuando las plantas crecen en ausencia de luz [Steen, 1971: 172]".

Circadiología, se hubiera descubierto el experimento que consiste en colocar a los organismos en los que se manifiestan ritmos diarios bajo oscilación libre y se hubiera procurado el análisis de sus propiedades internas o de sus consecuencias inmediatas, con la limitación de que no habría coordinación de esta operación de base con otras en un agrupamiento organizado (II.16.1). Es precisamente lo que hizo Duhamel du Monceau (1758): no hace alguna alusión de que, por lo menos, hubiera procurado el registro de este otro ritmo bajo oscilación libre, como lo hizo con el del sueño, lo que le hubiera permitido poner en correspondencia dos ritmos diarios a través de una misma operación de base. De todas formas, se puede uno fijar en otra perturbación cognitiva que no prosperó.

A favor de que Duhamel du Monceau (1758) estaba más interesado en la irritabilidad que en el sueño de las plantas y que por lo mismo, sus logros que tienen que ver con esta segunda materia han sido tomados en cuenta como realizados al azar, están las seis páginas restantes de este tercer artículo del II tomo de su libro.

Por otro lado y de todas formas fue así, en el artículo IV, Duhamel du Monceau (1758) llamó: "De las horas en que se abren las flores de diferentes plantas, y de algunos movimientos, que son peculiares a algunas partes de ciertos frutos [p. 171]", este gran contribuyente de la Fisiología vegetal declara que, a primera vista, no le parecía tan maravilloso que muchas flores, como las de los Convolvulus, se abrieran por la mañana y se cerraran por la tarde "pues el sol que empieza a calentar el aire produce verosímilmente la rarefacción de los líquidos contenidos en los vasos de las flores; los cuales, hallándose entonces más llenos, hacen esfuerzo por enderezarse, de donde puede resultar que se abran estas flores [1772: 171]". Continúa:

> Si otras plantas, como son algunas especies de *Malvaceas*, no abren sus flores hasta cerca de las once de la mañana, o alrededor del mediodía, es fácil persuadirse que siendo sus líquidos más difíciles de enrarecer que los de las otras flores que se abren desde por la mañana, se necesita para el mismo efecto mayor calor; pero contra este sistema ofrece un grave inconveniente la observación de muchas plantas, que no

abren sus flores hasta que empieza a sentirse la frescura de la tarde. De este género son la Jalapa[98], el Cereo rastrero[99] y el Geranio-triste. [ib.]".

Una vez más, como ya se hizo a propósito del ritmo diario de la recuperación de la sensitiva al sacudimiento, cabe denotar que en consistencia con el contexto de las revisiones hechas para la formulación de la presente comunicación, como era de esperar para los procesos de abstracción realizados durante la gestación de la época intra- de Circadiología, Duhamel du Monceau (1758) no llevó a cabo una interrelación entre su deducción de "que los movimientos de la sensitiva no dependen esencialmente de la luz ni del calor. [op. cit.: 163]" y el ritmo diario de la apertura y cierre de las flores, ritmos a los que se les toma en cuenta como dos manifestaciones de la ritmicidad circadiana. Regresando a lo que pasó con este segundo ritmo, tampoco colocó al de la apertura y cierre de las flores bajo oscilación libre. A esto se le puede achacar que para el origen de este ritmo haya formulado como hipótesis que es el calor matutino la causa de los movimientos de referencia. Una proposición exogénica, completamente contraria a la que configuró para los movimientos de las hojas de la sensitiva y que deja vislumbrar las dificultades para derribar el obstáculo epistemológico gestado en la concepción general de que el medio se impone al organismo (II.15.2).

Por otra parte, en la citada explicación, en ese enrarecimiento de los líquidos contenidos en los vasos y en ese mayor llenado de éstos que puede resultar en la apertura de las flores, se pueden constatar algunas igualdades con la composición que realizó René J. H. Dutrochet (VI.10) durante el segundo

---

98 En esta ocasión, cabe hacer notar la ocupación paradigmática que ha tenido esta herramienta de origen americano en la configuración de la Circadiología.

99 "Otros le llaman *Serpentina*, atendiendo a su figura y algunos le dan también el nombre de *Hierba de la alfarería*, a causa de la virtud que creen depositada en sus flores. Linn. Sp. 24. p. 950. N. DEL T. [Duhamel du Monceau, 1772: 172]".

cuarto del siglo XIX. Para este, asimismo, gran contribuyente de la Fisiología vegetal: "en la flor de *Miriabilis*, el despertar y el sueño, es decir la expansión y la oclusión de la corola resultan de la acción alternativamente predominante de dos tejidos orgánicos situados en las nervaduras de la corola y que tienden a curvarse en sentidos inversos[100] [Dutrochet, 1836: 181]". Como se podrá captar en otro momento, la experiencia le demostró a Dutrochet "que tanto en las hojas como en las flores el tejido curvable por endósmosis es el único agente del despertar [1836: 187]". Es digno de tomar en cuenta que en esta interpretación de Dutrochet, apuntalada en la naciente Teoría celular y en la ósmosis, ya está más diferenciada, ya se hace una síntesis que reune a los movimientos de las hojas y de las flores.

Hay otro paralelismo entre las explicaciones de Duhamel du Monceau (1758) y de Dutrochet (1836). Las dos son exogénicas, las dos se basan en la presencia del sol: en la del primero, este astro "que empieza a calentar el aire produce verosímilmente la rarefacción de los líquidos [1772: 171]"; en la del segundo, "en la mañana, [una] las causas que hacen predominar la curvatura del tejido celular, agente del despertar, [es] por una parte, una ascención más fuerte de la savia bajo la influencia de la luz ... [1836: 183]".

No obstante estas correspondencias, hasta donde se conoce, estas explicaciones de Duhamel du Monceau (1758) y de Dutrochet (1836), para el ritmo diario de los movimientos del sueño en las plantas, deben ser tomadas en cuenta como dos fluctuaciones cognitivas amortiguadas que se dieron independientemente en este camino del conocimiento de los ritmos circadianos.

Como postrimerías de este subcapítulo dedicado a Duhamel du Monceau (1758) cabe hacer saber que éste apunta que "Carlos

---

[100] "Un tejido celular que tiende a curvarse hacia afuera de la flor por inclusión de líquidos en exceso o por **endósmosis** ... Un tejido fibroso que tiende a curvarse hacia adentro de la flor por **oxigenación**. [Dutrochet, 1836: 181]".

Linneo compuso una Disertación sobre [las horas en que se abren las flores de diferentes plantas] y [que] en consecuencia construyó una especie de reloj para el uso de los Botánicos [1772: 172]". Al mismo tiempo, avisa que "es forzoso confesar que este reloj está sujeto a muchas variaciones, según los diferentes estados de la atmósfera; pero no deja de notarse alguna regularidad en su movimiento [ib.]". Otra vez, Duhamel du Monceau (1758) no puso en correlación la operación de base de la Circadiología por él establecida con otro procedimiento. Una vez más se puede constatar la repercusión de las condiciones internas y externas sobre la formulación de la Circadiología.

VI.5) Johannes Gottfried Zinn (1759)

Un año después de la reseña de Duhamel du Monceau, Zinn (1759) informó haber obtenido resultados similares a los de aquél: investigó de nueva cuenta los movimientos de las hojas y confirmó que éstos pueden continuar en ausencia de ciclos de iluminación o de temperatura. El informe de estos resultados lo presentó en un trabajo que tituló **Del sueño en las plantas** (Bünning, 1960: 1973).

Para poder conocer mejor el sueño en las plantas y poder aprender exactamente su independencia de la temperatura y la humedad de la noche, fenómenos que habían sido "considerados con mucha atención y conducidos por Linnâus y D. Hill, [Zinn] tomó experiencias propias con unas mimosas criadas por él, llamadas *Virgata* por Linnâus [págs. 42 y 43]":

> En esas plantas es muy marcado el cambio en la dirección y en el lugar del peciolo y hojas y en todas las pruebas premaneció insensible. Todas las observaciones conincidieron en que esta planta, alrededor de las 4 horas endereza su peciolo, despliega su hoja y en la tarde, a las 18:00, deja colgar su peciolo de manera que todas las hojas quedan en su cara superior junto a la otra. Estos cambios ocurren diariamente aún cuando la temperatura en el invernadero, en las mañanas, sólo sea de 8 grados y aún cuando la temperatura de la tarde sea tanta o más que al medio día. Para cambiar esta experiencia de distintas formas, llevé las plantas a un sótano a medianoche en donde la

temperatura del día y de la noche fue casi igual, alrededor de 20 grados en algunos días muy cálidos; hicieron lo mismo que en el invernadero y a la misma hora. Luego llevé las plantas del sótano frío a un invernadero varios grados más cálido. Debe una pequeña modificación de la temperatura o un aire húmedo, producir el sueño de las plantas, entonces en ese caso las hojas desplegadas en un aire frío y húmedo deberían permanecer en su estado o bién, si se hubieran contraído, deberían volver a desplegarse.

En esos experimentos, tuve ocasión de notar que esa apertura y cierre de las plantas no era por efecto de la luz. Pues cuando evité totalmente la entrada de la luz en el sótano, ocurrieron los cambios habituales de las hojas y también las plantas expuestas a la luz plegaron y desplegaron sus hojas. Estas observaciones me convencieron y me atrevo a sospechar que, difícilmente, alguien pueda tomar a la luz como causa del sueño diario de las plantas y tanto más que los resultados de Linnâus y de otros naturalistas, coinciden con mis experimentos. [págs. 43-46].

Recuerdo que en los largos días de verano este sueño no sigue a la puesta del sol sino que en la tarde, alrededor de las 18:00, ya se presenta, de modo que el sol todavía está 2 horas en el horizonte cuando estas plantas han plegado totalmente sus hojas. Otras observaciones me mostraron que el género *Mimosa* empieza su sueño a las 6 horas aunque se cambie del sótano al invernadero iluminado o a la ventana. Según la teoría de Hill (¿?)[101], en este caso la *Mimosa* no habría plegado sus hojas por el oscurecimiento o si hubiera ya empezado su sueño debería haberlas desplegado. Estas plantas esperan a su tiempo acostumbrado, que es 1.5 de hora luego de la puesta del sol, de modo que algunas veces el sol ha iluminado totalmente las plantas durante media hora y estas aún no despliegan totalmente sus hojas.

---

[101] "En el verano anterior a [ocuparse de sus investigaciones, Zinn (1759) encontró] en 1758 un anuncio de una pequeña obra del famoso naturalista Hill en Inglaterra, sobre el sueño de las plantas donde el escritor hace observaciones expresas de que ni el frío, ni la humedad pueden producir el sueño y que sólo la ausencia de luz es la causa de los cambios en las plantas. Hizo sus experiemntos, principalmente con *Glycine*, de día estuvieron con más o menos luz. [Sus] observaciones [mostraron] que el alejamiento de la luz en esas plantas aún en horas habituales, puede producir un sueño, pero [a Zinn le quedó la duda de que] si el sueño de día también puede adjudicarse a la ausencia de luz, como Hill pensaba y si no se pueden buscar otras causas para estos fenómenos [Zinn, 1759: 46]".

Después de ver con gusto los experimentos llevados a cabo por de Mairan, du Hamel y du Fay, con y escritos por du Fay en los ensayos de la Real academia francesa de la investigación o de ciencias en Paris y que en sus partes principales coinciden con mis observaciones; tras varias repeticiones muestran que mis plantas despliegan temprano sus hojas y en las noches las cierran. De todas esas observaciones creo poder concluir que en una planta con las hojas desplegadas la supresión de la luz del día puede producir un sueño de la planta, pero que el despliegue diario de las hojas en la mañana temprano y el cierre cerca de la noche no puede adjudicarse a la luz o la oscuridad, sino que debe derivar de otra causa, la que expresa su efecto en un tiempo determinado y luego deja de actuar en atención al calor, sequedad y a la luz. Me atrevo a expresar que en muchas flores hay cambios comparables que se producen a ciertas horas del día. Pertenecen a ellas todas aquellas flores llamadas por Linnâus **Flores aequinoctiales**, que observan tan exactamente su tiempo que pueden servir como horario y que él trató en una obra especial **Horologium florae**. ¿Por qué duerme, entre otros, el salsifí blanco, sus flores diariamente, entre 9 y 10?, ¿porqué el sol brilla o por el cielo con nubes?. No podemos determinar exactamente la causa de los cambios en las flores para darle una explicación al sueño en las plantas. [págs. 48-50].

Zinn se encuentra entre los discípulos de von Haller a quien sucedió en la cátedra de Gottingen (Laín Entralgo, **et al.**, 1973: 49). Este hecho permite reconocerlo como uno de los constructores de la Fisiología de la Ilustración. Incluso como buen fisiólogo de esa época abordó otros temas como el de los órganos de los sentidos[102].

---

[102] "No pocas novedades hubo, en fin, en lo tocante a la **fisiología de los órganos de los sentidos**. El sensualismo de la época aguzó mucho la curiosidad por la función perceptiva, más no todos los fisiólogos trataron el problema con igual mente. En lo relativo a la **visión** contrapusiéronse dos tendencias, una realista y mecánica, heredera de Newton, y otra idealista, continuadora y superadora de John Locke. Los adeptos a la primera siguieron investigando el mecanismo de la función visual, sobre todo en lo tocante a la acomodación del ojo [Dollond, Felice Fontana, Zinn y Robert Whytt]. La teoría corpuscular o newtoniana de la luz, dominante a la sazón, sobre la ondulatoria o de Huygens, constituía el fundamento último de esta orientación realista de la fisiología ocular. El primer paladín de la tendencia idealista fue el filósofo George Berkeley (1709), con su ensayo sobre la percepción visual del espacio -**An assay towards a new theory of**

VI.6) Relojes, navegación y ritmos circadianos (1762)

[La necesidad de precisar la medición de la longitud terrestre] adquirió importancia cuando, a fines del siglo XV, los barcos comenzaron a navegar de las costas atlánticas de Europa hacia oriente y occidente, al lado opuesto del globo terrestre. Por más de dos siglos los navegantes se acostumbraron a establecer los grados de longitud a los que se encontraban, valiéndose del método rústico de bitácora y brújula, sin utilizar la observación astronómica: calculaban, día tras día, la distancia navegada hacia el oriente o hacia el occidente. Observaban la posición longitudinal del barco midiendo la diferencia entre el tiempo de un día en determinada posición y el tiempo de un momento igual fijado por la embarcación, en el momento de hacerse a la mar, como si fuera medido por un reloj desde el inicio del viaje.

Esto, sin embargo, no pudo efectuarse hasta la invención de un cronómetro capaz de medir el tiempo, desde el instante en que fuese echado a andar, y después de transcurridos varios meses. Era necesaria una precisión absoluta, puesto que el mínimo error en el cronómetro determinaría un error considerable en el cálculo longitudinal de la posición del barco, cuando dicha posición se dedujera de la lectura del reloj y se comparara con las observaciones del navegante. En 1714, el gobierno británico ofreció una recompensa principesca de veinte mil libras a quien construyera un cronómetro que midiera, con exactitud, los grados de longitud a los que se encontrara una embarcación.

El premio fue otorgado a J. Harrison, en 1762. Esa fecha marca el inicio de una nueva época, no sólo en la historia de la navegación, sino también en el reconocimiento de las diferencias de tiempo por zonas, en los cambios de tiempo en relación con los cambios de los grados de longitud de los barcos, y hasta en la

---

vision [Laín Entralgo, **et al.**, 1973: 60]".

En este párrafo, aunque, se cita a Zinn, a propósito de un tema alejado del sueño en las plantas, se sugiere un ejemplo de los estrechos vínculos que han existido entre la Epistemología y la Fisiología. También se hace evidente la penetración del paradigma newtoniano de la Física a la Fisiología, rápidamente se estaba erigiendo el marco epistemológico newtoniano (II.13 y V.8).

concepción metafísica del tiempo en sí mismo [Toynbee, 1981: 83-85].

En el desarrollo del conocimiento acerca de los ritmos circadianos el reloj ha tenido dos usos fundamentales. Uno práctico, para medir más exactamente la duración de los ritmos y de sus sincronizadores y calcular sus relaciones de fase. El otro teórico, en la construcción del modelo en el que se les considera como un reloj.

VI.7) Los inicios de la Electrofisiología (1773-1792) y los ritmos biológicos.

El progreso de la Circadiología y de la Electrofisiología significó una interacción entre ambas, con la que, la primera fue favorecida y obstaculizada. El paradigma disciplinario de la Física levantado por Dufay en 1733 (VI.2), llegaba cuarenta años después a la Fisiología, de donde pasó a los estudios acerca de los ritmos circadianos. En éstos llevó a i) la formulación de una hipótesis muy importante para la trayectoria del sueño en las plantas (VI.26, VI.29 y VI.30), se propuso que "los cambios en la conductividad eléctrica del aire eran, aparentemente, los responsables de los movimientos autónomos [Bünning, 1931: 440]" y ii) la construcción de técnicas de registro que han permitido detectar algunos ritmos circadianos p. ej., el del electrorretinograma (ERG) de algunos invertebrados (VI.15).

VI.7.1) Luigi Galvani (1773 y 1792)

> Galvani fue profesor de Anatomía en Bolonia desde 1775. En 1773, leyó en la Academia de aquella ciudad su memoria **Sul moto musculare della rane**. Trabajando con este batracio, y en colaboración con su sobrino. Giovanni Aldini, también fisiólogo, elaboró su teoría de la 'electricidad animal' (galvanismo), más tarde expuesta en el libro **De viribus electricitatis in motu muscularis comentarius** (1792). Ante este hallazgo, se hizo general la opinión de que había descubierto el secreto para explicar la verdadera naturaleza de los fenómenos vitales, originándose una prolífica literatura, ya en Italia, ya en otros países. [Laín Entralgo, y col., 1973: 49].

Laín Entralgo y col. (1973) han incluido a este gran pionero de la Electrofisiología dentro del movimiento científico que ellos llaman Fisiología de la Ilustración. Pronto el galvanismo: por una parte, se convirtió en un paradigma disciplinario y por otra, de él se extrajeron elementos para la composición de la Filosofía-natural.

VI.7.2) Pierre Bertholon (1780 y 1786)

El abate Bertholon fue hermano de la orden de San Lázaro; profesor de Montpellier (Laín Entralgo y col., 1973) y "de Física experimental de los Estados generales de Languedoc, miembro de una docena de Academias reales de provincia y de varias Academias extranjeras [Bachelard, 1981: 71]".

"Fuertemente influido por François B. L. de Sauvages (1749 y 1753), creyó en una relación entre la electricidad atmosférica, la enfermedad y la salud, que expone con gran detenimiento en su libro **De'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie** -1780 [Laín Entralgo, y col., 1973: 52]". "El abate Bertholon vio llenos de un fluido eléctico toda la atmósfera y el organismo viviente [Rothschuh, 1973: 227]".

Con base en "el uso de las tablas de presencia y ausencia [Bachelard, 1981: 72]", en 1786, Bertholon escribió: "el genio de Milton brillaba desde el mes de septiembre hasta el equinoccio de primavera, período en el cual la electricidad del aire es más abundante y más continua, y durante el resto del año, ya no se encontraba Milton, ni en Milton mismo [p. 107]".

Se incluyó el párrafo anterior no con el propósito de reprobar el uso de las tablas de presencia y ausencia, como lo hace Bachelard (1981), con cuya increpación a dicho uso por otra parte y en lo general, se está de acuerdo. Su incorporación se debe a que, además de las intenciones anunciadas, en él se podrá leer el primer informe, hasta donde se sabe, de la formulación de una proposición en la que se incluye una posible influencia de los cambios eléctricos de la atmósfera sobre el comportamiento de los organismos. Proposición que de nuevo aparecerá y orientará

los experimentos de Stoppel (VI.26) al finalizar esta etapa intra- de la Circadiología.

VI.8) Alexander von Humboldt (1789, 1793 y 1797)

> [Además de otras muchísimas cosas, a Humboldt] también le atraía la fisiología vegetal, lo que él denominaba 'los poderes de las plantas', y concebía su estudio en el marco de un ambicioso programa que sólo podría ser acometido como un trabajo de conjunto. En una carta fechada el 25 de febrero de 1789, refería a su amigo en Frankfurt, Wegener, que estaba trabajando "en una obra sobre los poderes de las plantas (excepto los curativos) ... tarea ésta que me desborda porque exige investigaciones y conocimientos botánicos muy profundos, así que estoy intentando interesar a otras personas. Entre tanto, yo me dedico a ello por propio placer, y a menudo tropiezo con cosas que -perdona mi trivialidad- me dejan con la boca abierta". [Meyer-Abich, 1985: 40-41].

Dentro de dichos "poderes de las plantas", de esas cosas que dejaban a Humboldt "con la boca abierta" ¿se encontraban los movimientos del sueño en las plantas? ¿Es posible? que con "su talento, incesante inquietud [y] tremendo polifacético acervo de su conocimiento [Schiller, 1797]" ¿no haya leído a Zinn, su paisano y casi contemporáneo (VI.5)? Y si lo leyó ¿que opinión tuvo de los trabajos de este gran fisiólogo de la Ilustración?. Las respuestas a estas interrogantes tal vez se puedan obtener en su libro **Florae Fribergensis specimen**, publicado en 1793. Libro que en su tiempo, "tuvo una acogida muy favorable [Botting, 1981: 33]".

> [El **Florae Fribergensis specimen**] Incluía un apéndice titulado ... **Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Planzen**. Dados los escasos conocimientos que entonces se tenían acerca de los procesos químicos imperantes en los seres orgánicos, estos aforismos de Humboldt suponen una valiosa aportación al estudio de las relaciones químicas que se establecen entre la planta y la luz, es decir, al problema de la fotosíntesis. Por lo demás continúa con exquisita coherencia las investigaciones emprendidas en Freiberg sobre el reverdecimiento de la vegetación de las minas. [Meyer-Abich, 1985: 58].

Este párrafo sugiere que en los estudios de Humboldt (1793) descritos en sus Aforismos se incluyen antecedentes de las investigaciones que más tarde aparecerían sobre el sueño en las plantas etioladas y que hicieron progresar esta vía del conocimiento. Pero, hasta donde se ha podido revisar, dichos Aforismos no fueron citados por otros investigadores en este campo, p. ej., Ludwing Jost (VI. 25), Stoppel (VI.26), Bünning (VI.29) y Kleinhoonte (VI.30). Es posible que el contenido no haya sido correcto, aunque hay otra posibilidad que será formulada un poco más adelante.

Debe hacerse notar que la dotación intelectual de Humboldt lo llevó a abordar muchos otros problemas dentro de la Biología, p. ej., la excitabilidad del sistema nervioso de los insectos. Así, Albrecht Bethe, en su artículo de 1897, declara que:

> El primer trabajo sobre experiencias en el sistema nervioso de los artrópodos que [pudo] descubrir se encuentra en el de Humboldt (1797). Este investigador comprobó que los nervios de los insectos son excitables eléctrica y químicamente como los de los vertebrados, que la pata de una *Blatta* y de un *Cerambyx* se mueven por excitación de los nervios como un anca de rana. También hizo algunas experiencias de excitación eléctrica en los ganglios. [p. 450][103].

---

[103] "Desde Harvey [V.8.3] y von Haller, la física y la química de los seres vivos se encuadra dentro de la Fisiología, y dentro de este campo hay que situar las **Versuche über die gereizte Muskel und Nervenfaser** (Investigaciones sobre la irritabilidad de la fibras musculares y nerviosas) de 1797. A partir de von Haller, la irritabilidad o capacidad de responder a los estímulos es un fenómeno esencial a la naturaleza viva que la diferencia de manera radical de la inerte ... Humboldt, pues, admitía la irritabilidad como rasgo distintivo de los organismos vivos y de hecho contribuyó a cimentar sobre bases más sólidas las raíces orgánicas de la irritabilidad, constatando en ella 'ámbitos' cualitativamente diferenciables. En consecuencia, debemos descartar taxativamente cualquier intento de interpretar a Humboldt como un fisiólogo mecanicisa, con otras palabras, como un fisiólogo que sólo se movía dentro de parámetros físico-químicos, apoyándonos en su teoría fisiológica de la irritabilidad [Meyer-Abich, 1985: 77, 78 y 79]".

Ciertamente como se podrá captar rápidamente, Humboldt no fue un fisiólogo mecanicista, a pesar de haber estado en contacto directo con Emil du Bois-Raymond, un prominente médico

En la época en que apareció la descripción de los 4000 experimentos que Humboldt (1797) "tenía por su principal trabajo en física ... provocó cierto revuelo en el mundo científico, pero su influencia no duró mucho tiempo [Botting, 1981: 32]". Esto último debido, aparentemente, a que, por un lado, "parecía que finalmente Volta había desacreditado el concepto de electricidad animal y, con él, los trabajos de Galvani (VI.7.1) y de Humboldt -1797 [op. cit.: 33]"; por otro, al entusiasmo con que éste acogió "la introducción en la naturaleza del fundamento vital, holista, ideado por Schelling y según el cual un mismo principio regía a la naturaleza orgánica y a la inorgánica [Ortega y Medina, 1984: X]". "El propio Humboldt estaba avergonzado por no haber hecho suficiente distinción entre los fenómenos puramente fisiológicos y los puramente eléctricos [Botting, 1981: 33]". Este hecho epistémico expresa la contundente carencia de una diferenciación adecuada del observable, falla que, junto con la situación sociogenética del propio conocimiento, parece que estuvo favorecida por la ideología que empezaba a permear la mente del investigador.

En el capítulo de Rothschuh (1973), 'La fisiología en la época romántica', se descubren indicios de que a Humboldt le pasó algo semejante a lo que le sucedió a Johann W. Ritter[104] y que era muy similar en sus tendencias intelectuales a Johannes Müller (VIII.I); eran hijos de una época de transición.

Un interés común por el galvanismo relacionó a Ritter con Humboldt y Schelling. El primero le dedicó al segundo y a Volta su primer libro, Beweis, dass ein bestandiger Galvanismus den

---

materialista alemán (VI.17.1).

[104] "Ritter (1798) llegó como estudiante a Jena en abril de 1796. Poseído por un ansia de saber y experimentar tan perseverante como inventiva, pronto entró en estrecho contacto con la élite literaria y científico-natural de aquella ciudad [Rothschuh, 1973: 239]". Humboldt había llegado a Jena dos años antes donde fue presentado con Goethe (Botting, 1981).

Lebensprozess in Thierreich begleite (1798). "Las investigaciones de Ritter absorbieron entonces la atención de todo el círculo de Jena, porque a todos ellos les preocupaba la unidad de las fuerzas magnéticas, eléctricas, químicas y galvánicas en la naturaleza [Rothschun, 1973: 230]". Schelling interesó a Humboldt y a Ritter, quienes le proporcionaron "el material experimental que necesitaba para su imagen polar de la naturaleza [ib.]".

Incorporar algunos ingredientes de objetividad en su estructura es una de las cualidades distintivas de las ideologías. En este caso, ésto se puede mirar bien. Tal incorporación, entonces, actúa como un impedimento para desenmascarar sus funciones primordiales: las de adulterar la realidad y, al mismo tiempo, apuntalar el mantenimiento de las relaciones de producción dominantes en una formación socio-económica concreta (II.12.3). En otros ámbitos del quehacer humano, dicha falsificación puede hacer que las ideologías operen directamente. Pero, en los procesos científicos, oficia como un obstáculo epistemológico, sobre la psicogénesis o sobre la sociogénesis. Por ejemplo, la Filosofía-natural fue un obstáculo epistemológico para Humboldt en su investigación sobre el galvanismo; más concretamente, la preocupación de Humboldt por la unidad de las fuerzas eléctricas, "la **magna unidad**, gracias a la cual se explica la estrecha e interna correlación entre el macrocosmos y el microcosmos [Rothschu, 1973: 222]", le incrementó las dificultades para poder "haber hecho suficiente distinción entre los fenómenos puramente fisiológicos y los puramente eléctricos [Botting, 33]". A ello hay que añadir la situación sociogenética por la que atravesaba en aquel momento el conocimiento acerca de la electrofisiología, de tal suerte que, un estudio a fondo de este hecho epistémico tendría necesariamente que abarcar las relaciones entre la Filosofía natural y la situación sociogenética del conocimiento sobre la electrofisiología en aquel tiempo.

Por otra parte, es posible que la poca repercusión que tuvieron los trabajos de Humboldt (1793 y 1797) acerca de las plantas etioladas en las minas y del galvanismo haya sido, al

menos en parte, el resultado de que este investigador se haya involucrado en el círculo que profesaba la Filosofía-natural, sembrando de esta forma la desconfianza en otros sectores de la comunidad científica hacia el producto de su trabajo.

Durante los primeros periodos de la génesis del conocimiento la repercusión de la ideología debe estar muy matizada. En tanto que los observables, datos y hechos, se encuentran aislados y al no funcionar sobre estructuraciones muy estables, su capacidad de desestructuración es menor.

El esbozo que se ha hecho acerca del posible papel desempeñado por la ideología en las investigaciones científicas realizadas por Humboldt requiere evidentemente de un estudio multidisciplinario profundo que permita entender porqué a pesar de la importancia que tuvo en su momento, el trabajo sintético de Humboldt, nunca llegó a trascender todo lo que podría.

VI.9) Jean Baptiste Joseph Fourier (1822 y 1831)

> Ya a principios del siglo XIX, cuando precisamente estaba triunfando la ciencia, cuando el programa newtoniano dominaba la ciencia francesa y esta última dominaba a Europa, apareció la primera amenaza a la construcción newtoniana ... i. e. la ciencia del calor, empezando con el primer desafío lanzado por Jean B. J. Fourier [1822] al formular la ley que gobierna la propagación del calor[105]. Era de hecho la primera descripción cuantitativa de algo inconcebible en dinámica, i. e. un proceso irreversible. [Prigogine y Stengers, 1983: 21].

---

105 "La 'ley de Fourier' describe el proceso de difusión del calor y señala su 'causa': la diferencia de temperatura de los puntos entre los que se produce la difusión, él ha anunciado su propia causa: poco a poco ha desaparecido cualquier diferencia de temperatura entre diferentes regiones del sistema. El punto importante es que esta desaparición es irreversible. La diferencia de temperatura que ha dado lugar al proceso, y que éste ha destruido, se ha perdido sin retorno, sin haber producido un efecto que permitiera restaurarla [Prigogine y Stengers, 1990: 29]".

"Según Prigogine, desde aquel momento se instauran dos universales en Física: la gravitación y el calor [Anónimo, 1991: 15]".

Lo irónico es que, en estos días, la descripción hecha por Fourier de cómo ocurre un proceso irreversible se haya convertido en herramienta básica en muchas ramas de la ciencia y la tecnología que están en contacto con las oscilaciones. Por ejemplo, la Circadiología, en la que la materia prima son variables cuyos valores retornan en periodos de casi 24 horas.

Pero eso no es todo, del mismo modo, es interesante que la inspiración genial de representar la distribución inicial de la temperatura en una barra como suma de funciones seno y coseno, serie de funciones denominada serie de Fourier (Rodríguez, 1992), no haya hecho posible el abatimiento de la apreciación de la oscilación diaria como una totalidad. Percepción que, implicítamente, se tuvo durante la era intra- de la Circadiología. Cabe la posibilidad que esto haya sido acarreado por las dificultades técnicas para desmembrar la citada oscilación. De todas maneras, en estos tiempos las funciones periódicas, miradas como series de furier, están enclavadas en los esquemas de asimilación de los circadiólogos y en los periodogramas, uno de los instrumentos que utilizan ampliamente en la evaluación de sus registros experimentales.

VI.10) René Joachim Henri Dutrochet (1824, 1836 y 1837)

René J. H. Dutrochet que "al igual que Adolf E. Fick y Ludwig [VI.13], profesaba la creencia de que las leyes fundamentales de la física y la química explicaban todos los procesos básicos de la vida [Castillo, del, 1986: 17]", en 1824, al encontrar que en las plantas había unas "vesículas elementales, en las que vio la expresión de la unidad de la vida [Rothschuh, 1973: 240]", junto con Francois Vicent Raspail se constituyó en "precursor de la teoría celular [Rothschuh, 1974: 60-61]". Por otro lado, "sus investigaciones sobre el proceso del intercambio material a

través de las membranas limitantes le llevaron al concepto de la ósmosis, que reconoció como un proceso físico. El proceso de la exósmosis y la endósmosis se convirtió entonces en uno de los temas de investigación más populares. [Rothschuh, 1973: 240]". De tal forma que, la influencia del análisis reduccionista (Aranda Anzaldo, 1994) y este paso inmediato de la Teoría celular en gestación y el naciente conocimiento de la ósmosis a paradigmas, se puede constatar en las averiguaciones que realizó Dutrochet sobre los mecanismos que operan los movimientos del despertar y el sueño en las plantas.

Como antecedentes, solamente y sin mencionar la fuente, en la primera parte de su documento, Dutrochet (1836) hace notar que hay unas flores que tienen un solo despertar y un solo sueño y otras, "que presentan durante varios días la alternancia del despertar y el sueño [p. 177]".

Un poco después de esta primera diferenciación del observable, Dutrochet (1836) hizo notar que: a) para sus experimentos escogió las flores de *Miriabilis jalappa* y *M. longiflora*; b) estas "abren su corola infundibuliforme en la noche y la cierran en la mañana del día siguiente [ib.]"; c) las cinco nervaduras medias de sus pétalos "son los únicos agentes de los movimientos que operan o manejan la expansión de la corola o el despertar y su oclusión o sueño; d) en el primer caso, las cinco nervaduras se curvan de tal manera de dirigir su concavidad hacia afuera; en el segundo, se curvan de manera de dirigir su concavidad hacia adentro de la flor [ib.]" y e) así, a nivel macroscópico, "las mismas nervaduras, en dos épocas diferentes, ejecutan sucesivamente, dos movimientos de curvatura opuestos [ib.]".

Ya en el estrato microscópico, se deja sentir la conducción de la naciente 'Teoría celular', Dutrochet (1836) hace una segunda distinción del observable. Observó que las nervaduras "presentan en el lado externo un tejido celular, en el cual, las células, dispuestas en series longitudinales, decrecen en tamaño, principalmente del lado interno hacia el externo [y en el lado interno,] un tejido fibroso compuesto de fibras transparentes,

sumamente finas y entremezcladas, de glóbulos dispuestos en series longitudinales [op. cit.: 177-178]".

La transición de la anatomía a la fisiología es otro de los hechos epistémicos de los que, igualmente, se puede uno percatar en las averiguaciones de Dutrochet. Con base en su conocimiento de la endósmosis, formuló la hipótesis de que al llegar la turgencia a las células del lado interno de las nervaduras, "el tejido que conforman debería curvarse de manera tal que, dirigiría su concavidad hacia afuera, sería pues, este tejido el que debería operar la expansión de la corola o el despertar [1836: . 178]".

Con la decisión de probar su hipótesis, Dutrochet (1836) "separó en sección longitudinal el tejido celular y el tejido fibroso que componen la nervadura y los sumergió en agua. [Halló que] el tejido celular se curvó hacia afuera y el fibroso hacia adentro de la corola [ib.]". Esto lo dirigió a la conclusión de que "es seguramente el tejido celular de cada nervadura, el que por su curvatura, opera el despertar de la corola y es el tejido fibroso, el que por su curvatura inversa, produce el sueño de la corola o su oclusión [ib.]".

En un tiempo más, al sumergir una nervadura aislada de la corola de *Miriabilis* en agua, logró que se curvara "hacia afuera ostensiblemente, manifestádose de esta manera la curvatura que opera la expansión o el despertar [ib.]". Y al trasladarla del agua a jarabe de azucar obtuvo su curvatura hacia adentro. Esto probaba que "en el primer caso, había turgencia de las células, por efecto de la endósmosis, el agua externa se fue hacia el líquido orgánico de las células y que, en el segundo caso, había plasmólisis de las células, ya que el líquido orgánico menos denso que el jarabe externo se iba hacia él [ib.]". Después de este experimento pudo haber pensado que "la expansión o despertar de la corola era debido a la turgencia del tejido celular de las nervaduras y su oclusión o sueño, a la plasmólisis de este tejido [ib.]". Pero, otro experimento le probó que "esa no es la causa de la oclusión o sueño de la corola [ib.]":

> Aislé una nervadura de la corola casi en expansión y la sumergí en agua. Esta nervadura curvada ligeramente

hacia adentro, tal como se presenta en una corola en botón, se curvó fuertemente hacia afuera, que es el sentido de la curvatura que opera la expansión o el despertar. La endósmosis determinaba la turgencia del tejido celular, órgano de la curvatura. Después de, aproximadamente, seis horas de inmersión, la nervadura dejó su inclinación hacia afuera y empezó a curvarse hacia **adentro,** pronto quedó totalmente enrollada en espiral en este nuevo sentido que es el de la curvatura a la cual se debe la oclusión o el sueño de la flor. Esta sucesión de fenómenos es totalmente independiente de la acción de la luz. Así, en el agua, la nervadura de la corola de *Miriabilis* toma la curvatura que opera el sueño de la flor y después de un cierto tiempo, toma la curvatura que opera el sueño de la misma flor. Es pues, sin duda, la turgencia del tejido celular de las nervaduras el que produce la curvatura a la cual se debe el despertar de la corola o su expansión. Y ya que no se puede admitir que haya plasmólisis del tejido celular sumergido en agua, será otra causa totalmente diferente la que provoca la curvatura a la cual se debe el sueño de la corola o su oclusión. [**op. cit.**: 178-179].

Uno de los experimentos descritos anteriormente le había probado a Dutrochet (1836) que "el tejido fibroso presente en cada nervadura de la corola era el agente de la curvatura hacia adentro, la curvatura del sueño o su oclusión [p. 179]". Entonces, tuvo que reconocer que:

> En las nervaduras de la flor *Miriabilis*, la **curvatura del despertar** ... y que es debida a la turgencia del tejido celular, por su fuerza, se la lleva sobre la **curvatura del sueño** ... la cual, es debida a la acción del tejido fibroso y luego, **la curvatura del sueño** debida a este último tejido, se vuelve definitivamente victoriosa. La curvatura hacia afuera que afecta el tejido celular cuando se sumerge la nervadura en agua, se vuelve en curvatura hacia adentro cuando se sumerge la nervadura en el jarabe, lo que prueba que es la endósmosis la que actúa aquí. Cuando a la nervadura sumergida en el agua durante varias horas y que ha tomado la segunda curvatura que es la del sueño, se le transporta al jarabe, no pierde para nada esta segunda curvatura. No es pues la endósmosis que la que ocasiona esta segunda curvatura que es la del sueño. [**op. cit.**: 179-180].

Reflexionando sobre este fenómeno y de nueva cuenta, basado

en sus observaciones histológicas[106], Dutrochet (1836) formuló la hipótesis fisiológica de que:

> Puesto que no era por el **llenado de líquido** que el tejido fibroso tomaba su estado activo de curvatura, éste podía ser debido al **llenado de oxígeno**. Si esta latencia estaba fundamentada, la nervadura sumergida en agua aireada, tomaría una curvatura hacia afuera, que es la del despertar y tomaría subsecuentemente la curvatura hacia adentro, que es la del sueño. Esta nervadura sumergida en agua no aireada, invariablemente, debería conservar su primera curvatura hacia afuera ... curvatura que es debida a la endósmosis de las células del tejido celular. Esta nervadura no debería presentar nunca la curvatura hacia adentro, que es la del sueño y que yo pensaba se debía a la oxigenación del tejido fibroso. [**ib.**]".

La experiencia justificó estos supuestos de Dutrochet (1836).

Todavía más, Dutrochet (1836) pudo haber pensado que "el aire contenido en los órganos neumáticos de las nervaduras de la corola actuarían en virtud de su elasticidad para producir la curvatura del sueño y no en virtud de la acción química del oxígeno que contienen. Pero esto no sucede así [**ib.**]". La experiencia le mostró que "es pues, sin lugar a dudas, por la acción química del oxígeno disuelto en el agua que el tejido fibroso adquiere la fuerza para la curvatura que produce el estado de sueño [**op. cit.**: 181]".

> Así, en la flor de *Miriabilis*, el despertar y el sueño, es decir, la expansión y la oclusión de la corola, resultan de la acción alternativamente predominante de dos tejidos orgánicos situados en las nervaduras de la corola y que tienden a curvarse en sentidos inversos, a saber:
>
> 1° Un tejido celular que tiende a curvarse hacia afuera de la flor por inclusión de líquido en exceso o por **endósmosis**.
>
> 2° Un tejido fibroso que tiende a curvarse hacia adentro de la flor por **oxigenación**.

---

[106] Al parecer de Dutrochet, "no era sin razón que la naturaleza hubiera obsequiado los órganos respiratorios al tejido fibroso, el cual está situado entre dos planos de órganos huecos llenos con aire [Dutrochet, 1836: 180]"

Una vez que Dutrochet (1836), apoyado en los resultados de la primera parte de sus averiguaciones de 1836, llegó a estas conclusiones, pasó ha probar sus herramientas con otros objetos: primero escogió uno muy cercano, "la corola de *Convolvulus purpureus* L., [que] ofrece exactamente los mismos fenómenos que la corola de *Miriabilis* [p. 181]; luego, pasó "al estudio de las flores que presentan durante varios días, alternancias de despertar y de sueño, [tomó] al diente de león *Leontodon taraxacum*, L. [págs. 181-182]" y uno más distante, "los movimientos por los cuales las hojas toman alternadamente las posiciones de despertar y de sueño [en] el frijol -*Phaseolus vulgaris* ... la hoja de *Robinia pseudo-acacia* y la hoja de *Glycyrhirza glabra* [pág. 185]".

> [De esta manera, Dutrochet constató que] los fenómenos del despertar y del sueño de las hojas ... se encuentran así ligados a las leyes simples[107] que presiden el despertar y el sueño de las flores ... la experiencia le [demostró] que tanto en las hojas como en las flores el tejido curvable por endósmosis es el único agente del despertar y el tejido curvable por oxigenación es el único agente del sueño. [1836: 188 y 187].

Estas formulaciones parecen haber sido dirigidas por una elaboración inductiva, pero, ello es sólo una apariencia. Como era de esperar, fueron logradas a través de la abstracción empírica en la que, dentro del paradigma epistémico del análisis reduccionista, desembocó la puesta a prueba de los instrumentos, que había elaborado Dutrochet (1836) para los movimientos del sueño de las flores de *Miriabilis*, en otras variantes de ellos.

Una vez ubicado en la cadena de la regresión causal, Dutrochet (1836) no se detuvo al enterarse que los tejidos curvables por la endósmosis y la oxigenación eran los agentes del

---

[107] Dutrochet "aseguraba que debían haber similitudes en los procesos físicos y químicos de todos los organismos, fueran plantas o animales; esto debía ser -decía- para hacer posibles las explicaciones a partir de principios fundamentales [Castillo, del, 1986: 17]".

despertar y del sueño, se interrogó por "las causas que hacen predominar en la mañana la curvatura del tejido celular [p. 183].

La respuesta, Dutrochet la localizó en:

> Una ascención más fuerte de la savia bajo la influencia de la luz, lo que aumenta la turgencia de ese tejido, y [en] la disminución de la fuerza de curvatura antagónica del tejido fibroso, agente del sueño, disminución que tiene lugar durante la noche ... de manera que en la mañana, habiendo perdido su fuerza, el tejido celular curvable por endósmosis, agente del despertar se vuelve vencedor. El sueño de esta flor vuelve de nuevo en la tarde, porque la oxigenación del tejido fibroso, agente del sueño, aumenta gradualmente durante el día, lo que hace que su curvatura salga victoriosa; al mismo tiempo, la disminución de la luz ocasiona la disminución de la ascención de la savia, lo que debilita la turgencia y por consiguiente la curvatura del tejido celular, agente del sueño. [1836: 184]".

Como se puede vislumbrar en estas frases, Dutrochet en 1836 postuló un mecanismo, "bajo la infuencia de luz", para la periodicidad diaria del sueño en las plantas. Por más que la claridad de su exposición y su consistencia lógica son magníficas, esta propuesta no se amplificó tanto como para llegar hasta los tiempos de los ritmos circadianos. Esto se puede deber a razones internas y externas, al procedimiento cognoscitivo que dió lugar a ella.

En efecto, dentro de las primeras, está el hecho de que Dutrochet (1836) usó pedazos de florones que no estaban bajo oscilación libre. En resumen, ahí no montó la operación de base apropiada para las averiguaciones que tienen incumbencia con los ritmos circadianos.

Dentro de las razones externas se detecta, obviamente, la noción general de que el medio se impone al organismo. Hecho epistémico que se vuelve a constatar al final de la reseña de Dutrochet (1836):

> El tejido fibroso, curvable por oxigenación es el agente del sueño y siendo que en la sensitiva, la curvatura del sueño es igual a la realizada bajo la influencia de excitantes, resulta que ese tejido fibroso actúa fuera de la excitación, de modo que lo que se llama **irritabilidad vegetal** parece ser la propiedad de un tejido fibroso que actúa curvándose por oxigenación. Esa palabra **irritabilidad**, que no tiene ningún

significado exacto, debe así ser reemplazada por la palabra **curvabilidad**, agregando que esta **facultad de curvarse** está asociada, en el caso de que se trata, a la excitabilidad o a la facultad de recibir la influencia de los excitantes, los cuales determinan la acción del tejido fibroso curvable. [págs. 188-189].

Todavía más, esta definición de curvabilidad se puede colocar en conexión con el encuadre de los tropismos que, aproximadamente, medio siglo después trajo Loeb (VIII.6) a la configuración de la Circadiología.

Luego de un año, en sus **Mémoires pour servir á l'Histoire des Végétaux et des Animaux**, Dutrochet (1837) afirmó que "la acción de la luz prolongada es la causa del estado movil ... y sobre este tema es lo mejor que" al parecer de Sachs se había realizado hasta 1863 (p. 471).

> Sus investigaciones llevaron a [Dutrochet] a la frase de que es suficiente privar a la sensitiva de la influencia de la luz para que tome las condiciones de su movilidad y bajo la influencia de ese agente, gana como nuevas esas condiciones y luego, la *Mimosa* (a la que se ha privado de movimientos mediante la oscuridad) prosigue con el modo de existencia de otras plantas (...), esto es, se mueve aunque sus hojas no estén bajo la influencia de estímulos mecánicos, etc. Cuando [Dutrochet] dejó una *Mimosa* a 20-25° R (25-31.2° C) en un espacio oscuro, durante 3 días movió sus hojas periódicamente, las hojas perdieron su excitabilidad, aunque la almohadilla del pecíolo fue excitable. Al cuarto día los pecíolos aún se movían al ser excitados; al quinto día desaparecieron los movimientos. Cuando colocó, esa planta habituada a la inmovilidad por oscuridad, bajo la luz del sol, las hojas se abrieron en corto tiempo y luego de dos horas fueron excitables; luego de 2 1/2 horas los pecíolos comenzaron a moverse y en el transcurso del día, la *Mimosa* recuperó completamente su movilidad. cuando repitió el experimento a 22-24° R (27.5-30° C) la sensitiva perdió su movilidad en 4 1/2 días. En este segundo experimento la temperatura media fue algo mayor y el tiempo para la aparición de la inmovilidad por oscuridad algo más corto. Se vio esa influencia de la temperatura cuando colocó una planta en oscuridad y a 14-20° R. (17.5-25° C), después de diez días, le había desaparecido el movimiento. Mientras que en el primer experimento se presentó la movilidad luego de pocas horas de luz directa de sol, la planta citada en último lugar necesitó de cinco días para retomar su movilidad bajo la influencia de la luz difusa. Más aún: a 13-17° R (16.2-21.2° C) necesitó 11 días y a 10-15° R (12.5-18.7°

C) necesitó 15 días hasta perder toda movilidad; la planta perdió muchas hojas. [Sachs, 1863: 471-472]".

En este caso se constata que, para sus averiguaciones de 1837, Dutrochet ya puso las plantas de *Mimosa* bajo oscilación libre, montó la operación de base que le había faltado el año anterior. Y no solamente hizo ésto, le puso una nueva cualidad a su operación: varió las temperaturas constantes. Con este procedimiento, Dutrochet (1837) se anticipó por casi un siglo a las maniobras de Bünning (1931). Por más que no constataron lo mismo. Según Sachs (1836), la frase, del primero fue que "es suficiente privar a la sensitiva de la influencia de la luz para que tome las condiciones de su movilidad y bajo la influencia de ese agente, gana como nuevas esas condiciones [p. 471]". Y para el segundo resultó que "los movimientos son autónomos: esta periodicidad no se produce mediante ningún factor externo con oscilaciones diarias [Bünning, 1931: 478]".

Como este hecho cognoscitivo, esta divergencia en los hechos que fueron engendrados de experimentos o resultados experimentales, semejantes, no fue la única vez que se presentó en esta historia se buscó una posible explicación para él en la noción de 'hechos' que proporciona la Epistemología genética. En ésta, se considera al 'hecho' -ya sea que se trate de una propiedad, de una acción o de un evento cualquiera- como un observable, pero a partir del momento en que es 'interpretado'[108]

---

[108] "Es decir, revestido de una significación relativa a un contexto más amplio, mientras que un simple observable posee una significación (puesto que toda asimilación confiere ya una significación) que puede permanecer enteramente local en el espacio y aun en el tiempo ...

Si la interpretación resulta clara en los casos en que es errónea, no es menos necesaria para la constitución del hecho cuando es correcta ... Pero si esta interpretación propia de la constitución del hecho muestra ya que, en todos los niveles, un hecho es siempre solidario de un sistema de conceptos o de esquemas sensorio-motrices, conviene sin embargo precisar que este tipo de interpretación, aunque superior a la asimilación simple que sirve de registro al observable, no es sino la menos compleja de una serie jerárquica que conduce al objeto, a la legalidad y, finalmente, a la interpretación causal, es decir

[Piaget y García, 1982: 24]". Por consiguiente, los hechos de Dutrochet (1837) y Bünning (1931), fueron el producto de la composición entre una parte provista por sus observables y otra construida por ellos mismos. La intervención de esta última fue tan importante, que, en ambos casos, se gestó una bifurcación asistida. Es claro que se trata de interpretaciones y que los hechos son solidarios del sistema de conceptos que tenían a la mano. A todo esto, hay que agregar que en el observable, de que después de casi un siglo se hayan repetido los experimentos, se constata la calidad epigenética de las configuraciones cognoscitivas.

Así, los resultados experimentales logrados por Dutrochet en 1836 y 1837 que, bajo la solidaridad de su propio sistema de conceptos, tuvieron una significación para él, pueden llegar a tener otra intensión para los miembros de una comunidad que, en nuestros días, los observe con un sistema de esquemas diferente. En ambos casos dimanan hechos científicos. De este modo, los hechos observados por De Candolle "así como sus propias observaciones sobre las plantas mantenidas en oscuridad fueron la causa principal de que Dutrochet (1837) considerara a los cambios del día y la noche sólo como reguladores de una forma de movimiento rítmica y hereditaria [Pfeffer, 1909: 259-260]".

---

explicativa. Los observables pueden contentarse con un solo esquema para ser registrados, sin perjuicio de su diferenciación por acomodación en caso necesario. Por el contrario, nosotros admitiremos que hay un 'hecho' a partir del momento en que se torna necesario un sistema de esquemas. [Piaget y García, 1982: 24 y 25]".

VI.11) Agustín Pyramus De Candolle (1832 y 1835)

Los experimentos de Agustín P. De Candolle "(1832) con legumbres que crecían experimentalmente, bajo luz u oscuridad, o bajo ciclos de luz-oscuridad, lo llevaron a hablar de una 'tendencia innata en las plantas para presentar movimientos periódicos' [Bünning, 1960: 1]".

> [De Candolle] comenzó sus investigaciones con una planta sensitiva, *Mimosa pudica*. Confirmó las observaciones de De Mairan Dortous [1729] y Duhamel du Monceau [1758] y aportó pruebas de que las horas de apertura y cierre de las hojas eran independientes de la temperatura, asi como también (con exactitud factible para su época) independientes de la humedad, [con lo cual se inició la eliminación de este factor como señal externa,] y que estaban claramente ligadas a la salida y a la puesta del sol. Luego, dio dos pasos realmente imaginativos.
>
> Primero, dispuso una hilera de 6 lámparas de modo que iluminaran continuamente las plantas con una intensidad casi igual a la de un día sin sol. En la medida en que estas plantas podían 'ver', la noche no llegaba nunca. De todas maneras continuaron durmiendo por la noche y despertando por la mañana, casi en la misma forma en que lo habían hecho en el ciclo normal de día y de noche. Sin embargo, las cuidadosas observaciones de De Candolle revelaron una diferencia importante. ¡Los relojes de las plantas iluminadas continuamente funcionaban más rápido de lo normal!. Completaban sus ciclos diarios, no en 24 horas, sino más bien en 22-22.5 horas. [Ward, 1977: 56].

Precisamente, cabe recordar que actualmente, "los ritmos circadianos son definidos como aquellos ritmos biológicos cuyo τ_{OL}[109] es una aproximación al periodo de la rotación de la tierra [Pittendrigh, 1960: 160]", nunca de 24 horas. Sin embargo, también se debe insistir en que durante la etapa intra-, este descubrimiento de De Candolle, junto con muchos otros obtenidos

---

[109] Con esta letra griega y las iniciales OL se representa la duración del periodo de un ritmo circádico.

en ella, quedaron únicamente como anotaciones aisladas y tuvo que transcurrir más de un siglo para que Franz Halberg y sus colaboradores (1959) acuñaran "el término circádico o circadiano (del latín **circa**, 'alrededor' y **diem** 'día') [para hacer referencia] a la propiedad de la materia viviente de 'manifestar períodos diarios que no difieren mucho del acotado en veinticuatro horas [Fuentes Pardo, 1977: 6-7]".

Existen amplias observaciones de que "la **gama** de valores **posibles** para τ_{OL} **difiere** claramente de una **especie a otra** [Pittendrig, 1960: 160]". También se ha observado que dichos valores de τ_{OL}, están en función de la intensidad luminosa. Los resultados que han obtenido diversos investigadores en sus experimentos "sugieren la hipótesis de que se incrementa la frecuencia de la actividad espontánea de los animales diurnos (...), cuando éstos son colocados bajo condiciones de luz constante con un incremento en la intensidad de iluminación, mientras que en los nocturnos (...), bajo idénticas condiciones, se presenta un decremento en la frecuencia de dicha actividad [Aschoff, 1960: 14]". Hipótesis que posteriormente ha sido conocida como una de las reglas de Aschoff.

Estos son dos ejemplos de cómo fueron asimilados en nuestro siglo aquellos descubrimientos de De Candolle. Aunque todavía hay más.

> De Candolle se preguntó qué sucedería si acomodaba sus lámparas de modo tal que las plantas estuvieran iluminadas de noche y a oscuras durante el día. Las plantas se confundieron -pero sólo por unos pocos días. Y a medida que los días pasaban, comenzaban a adecuarse a la fase rítmica del nuevo ciclo luminoso y cerraban sus hojas regularmente en lo que a ellas les parecía ser la caída de la noche, y las abrían nuevamente cuando les parecía que era de madrugada. Pronto estuvieron funcionando con la misma exactitud de antes, aunque con un régimen de luz oscuridad inverso. [Ward, 1977: 57].

Esta acción se conoce ahora, como un experimento típico de inversión del fotoperiodo, con sus ciclos transitorios y la posterior puesta en fase del ritmo observado con la oscilación luminosa sincronizadora.

Una vez que se tiene un instrumento, pronto se tiene la necesidad de probarlo con otros objetos o en otras situaciones con el propósito de buscar por esta vía el análisis de sus diversas propiedades, su gama de aplicabilidad o sus consecuencias inmediatas. De hecho en la mayor parte de las veces esto lleva a una rápida mejora de la herramienta o a la construcción de otra.

> Extendiendo sus indagaciones en otras clases de plantas De Candolle encontró que diferentes especies de plantas sensitivas mostraban reacciones similares a las de *Mimosa pudica*, aunque menos marcadamente, mientras que dos especies de acederas (*Oxalis*) rehusaban absolutamente invertir sus hábitos de sueño-vigilia. De Candolle razonó que diferentes especies de plantas podrían necesitar diferentes intensidades de luz para cambiar sus reacciones. Sus propias publicaciones no incluyen ninguna indicación de que haya seguido adelante con esta corazonada. [Ward, 1977: 57].

Así, mediante la realización de diversas acciones, De Candolle introdujo importantes mejoras a la operación de base: a) en lo que respecta a la iluminación, ya no fue la oscuridad lo que mantuvo constante, fue una cierta intensidad de luz; b) realizó la medición de la duración de los ciclos del ritmo observado; c) construyó el experimento de inversión del fotoperiodo y d) colocó los ritmos de otras especies de plantas en oscilación libre.

VI.12) La teoría celular (1838, 1839 y 1855)

Con los logros de Dutrochet y Raspail (VI.10), así como con los de los otros grandes pioneros de la Citología, "el ambiente estaba pues preparado para el establecimiento de la moderna teoría celular [Welch y col., 1972: 357]".

En 1838, el botánico alemán, Matthias J. Schleiden publicó un trabajo sobre cómo se originan las células. "En esta comunicación científica estableció la hipótesis de que los núcleos juegan un papel principal en el desarrollo de la célula y consideró que cada célula lleva una especie de doble vida. Una parte de su vida

es independiente y pertenece sólo a su propio desarrollo y la otra, es su acción como integrante del tejido vegetal [ib.]".

"El siguiente adelanto de importancia se debió a un zoólogo alemán, Theodor Schwann (...), que el año de 1839 interpretó correctamente los datos ya existentes[110]. Modificó la definición de célula ya aceptada y no sólo se interesó en las paredes celulares sino también en el contenido celular [Moore y col., 1980: 72]".

"Finalmente en 1855 Rudolf Virchow, médico y biólogo alemán, llegó a la generalización de que las células siempre se multiplican por división celular. [Su] afirmación en latín fue: **omnis cellula e cellula**, que quiere decir toda célula viene de otra célula [Welch y col., 1972: 358]".

Ya que se han planteado las aportaciones de Virchow (1858), es necesario aludir a los demás miembros de la pléyade de los Médicos materialistas alemanes cuyas aportaciones a la Biología y al paradigma epistémico del materialismo mecanicista tuvieron mucha influencia en el desenvolvimiento de la Circadiología.

VI.13) Cambios hegemónicos: los Médicos materialistas alemanes (1840-1900)

"La hegemonía francesa duró hasta el decenio de 1840. En ese entonces empezaron a sentirse influencias desde más allá del Rin y hubo que pasar pronto al liderazgo, en medicina y biología a los alemanes [Coleman, 1983: 14]".

En Alemania, un factor especulativo había predominado desde finales del siglo XVIII. Este estaba "orientado de una parte hacia el vitalismo en sus diversos matices (...), por otra hacia

---

110 Sus observaciones llevaron a Schwann a "la siguiente generalización: 'las partes elementales de todos los tejidos están formadas de células ... Se puede afirmar que hay un principio universal del desarrollo para las partes elementales de los organismos por muy diferentes que sean y que este principio es la formación de células' [Welch y col., 1972: 358]".

la **Naturphilosophie**[111]. [Este] 'interludio romántico' alcanzó su cenit en el segundo decenio, pero [aunque ya] desde 1830 contaba en Alemania el **Bierdermeier**[112] ... su total ocaso no tuvo lugar [sino] hasta los años 40 [Rothschuh, 1974: 59]".

> Desde 1840 va haciéndose perceptible en toda Europa algo nuevo. En el ejemplo de la física y la química se evidencia el carácter determinista y sujeto a leyes del acontecer en la naturaleza muerta ... Mediantes descomposición y análisis se aprende a distinguir y combinar átomos, moléculas y radicales, y a elaborar nuevas sustancias ... En contraposición con las ciencias naturales, cuyas leyes explican multitud de fenómenos, predicen acontecimientos y hacen forzosos, con certidumbre, resultados determinados, en fisiología apenas se había superado el estadio descriptivo. Y así se hace cada vez más patente que la biología y la fisiología no alcanzan en modo alguno el modelo de la física, en la exactitud del saber y de la predicción.
>
> El convencimiento de que la fisiología, con el vitalismo y la teología y a remolque de la anatomía, había quedado a la zaga de la física y la química, se hizo punto de reflexión en los años cuarenta, ante todo en Alemania. [Rothschuh, 1974: 59-60].
>
> En 1847, un grupo berlinés conocido con el nombre de 'materialistas médicos' (...) dio a la publicidad un manifiesto en el que pedían la reintroducción en la biología de los métodos físico-químicos, por lo cual entendían, en gran parte, el análisis experimental[113].

---

[111] "La comparación, en la **Naturphilosophie** [que fue un] peligroso momento de la conclusión analógica, se [había convertido], en la anatomía y la fisiología comparadas, en un método para la identificación de estructuras morfológicamente emparentadas, [que facilitó] la comprensión de su significado funcional [Rothschuh, 1974: 59]".

[112] Una orientación empírica de la Fisiología preexperimental y escéptica (Rothschuh, 1973) que dio lugar a una "época sin planes ambiciosos, dedicada a lo concreto, a lo observable, al detalle. El estudio de la naturaleza, desilusionado de la exuberancia filosófica, se hace descriptivo, analítico. Se intenta mediante leyes empíricas, reunir mil detalles, acrecentar el número de los fenómenos observables, ordenarlos y hacerlos abarcables [Rothschuh, 1974: 59]".

[113] Como se podrá captar en un momento más, los integrantes de este grupo, entre otras cosas, "aislaron órganos del cuerpo y los sujetaron a experimentos de perfusión (...); estimularon músculos

> [Estos médicos] concibieron el organismo como una máquina compleja, como un mecanismo cuyo funcionamiento el hombre podría llegar a comprender con las herramientas de la física y la química ... Fueron experimentales en tanto que procuraron comprobar sus hipótesis en sistemas nerviosos en los que estudiaron sólo una variable por vez. [Allen, 1983: 23].

Bajo el surgimiento de este experimentalismo en la Biología, a mediados del siglo XIX, se encuentra un cambio epistemológico fundamental. Este periodo presenció la propagación del Empirismo desde la Fisiología hasta la mayoría de las demás esferas del pensamiento biológico. Dicha epistemología derivada comparte con otras epistemologías, también materialistas, "la opinión de que la materia existe con anterioridad e independencia de todas las percepciones sensibles o ideas acerca de su naturaleza y organización; [en ella], los fenómenos del mundo se deben todos a la materia en movimiento que obra conforme a leyes cognoscibles [Allen, 1983: 32]." En este paradigma epistémico, se encuentran dos ilusiones. Una estriba en suponer "que el sujeto es un agente pasivo, contemplativo y receptivo, cuyo papel en la relación cognoscitiva es registrar los [datos] procedentes del exterior [Schaff, 1974: 84]"; no se reconoce "que el estudio experimental del problema conduce, por el contrario, a una situación típica de asimilación recíproca [Piaget, 1979a: 115]". La otra, consiste "en creer que se puede reducir lo biológico a las leyes fisico-químicas (ib.)" conocidas en el momento[114]. "du Bois-Reymond

---

y nervios con corrientes eléctricas, registraron el paso de los impulsos por las vías nerviosas y midieron las propiedades ópticas de lentes aislados, de las retinas y demás partes de los ojos de los vertebrados [Allen, 1983: 23]".

114 "[En esta epistemología] no se presta atención al hecho esencial de que en la historia de las ciencias, particularmente las contemporáneas, la reducción de un campo complejo B a otro simple A siempre ha rematado en una asimilación recíproca tal, que A se ha enriquecido con nuevos caracteres, no previstos en un primer momento, pero sin subordinarse por ello a B [Piaget, 1979a: 115". En ella tampoco se capta del todo bien "que muchas veces las propiedades de un todo son consecuencias de la restricción de los grados de libertad presentes en las partes

escribe en mayo de 1842: 'Ernst von Brücke y yo nos hemos propuesto demostrar la verdad de que en el organismo no actúan más fuerzas que las fisico-químicas exactas' [En: Rothschuh, 1974: 60]".

Parece que Garland E. Allen (1983) a este paradigma epistémico le daría el nombre de Materialismo mecanicista, Schaff (1974) el de Empirismo trascendente y los soviéticos "para ponerse a distancia, Materialismo dogmático [Piaget, 1979a: 114-115]".

En el II.15 se escribió que Piaget (1969) nombra la tríada de las nociones, más generales, de totalidad, atomísticas y relacionales, como otra de las tres triadas que se encuentran en todos los campos que conciernen a las nociones biológicas. Uno de los problemas planteados en esta tesis (III.9) lleva a examinar si los estudios realizados en el campo de los ritmos circadianos han seguido la tendencia evolutiva orientada por estas nociones generales. La escuela berlinesa y sus discípulos (incluyendo a los que se abocaron a analizar los ritmos diarios), al sostener que:

> la mejor manera de comprender cualquier fenómeno consiste en estudiar las partes individuales del mismo que interactúan, que las partes se estudian por separado y el todo se reconstruye como suma (y nada más) de éstas, que no se debe prestar atención mayor a las complejas interacciones entre las partes, sino que hay que esforzarse por caracterizar a cada una en y por sí misma [Allen, 1983: 33],

expresan que en la constitución de sus sistemas cognitivos se encuentra presente una concepción atomística de los quehaceres científicos.

---

constituyentes [y] que la naturaleza y función de [éstas] son consecuencia de sus relaciones dentro del sistema [Aranda Anzaldo, 1994: 24]". A pesar de ello, "la fuerza del reduccionismo físico-químico consiste en la circunstancia de proveer de un método efectivo de investigación, salga o no airoso, según el estado de los problemas, pero cuya fecundidad atañe al hecho de que su empleo lleva a perfeccionar y a veces renovar su instrumento de trabajo [Piaget, 1979a: 114]".

En cuanto a la postura filosófica, la única "aceptable para un químico o un fisiólogo 'serio' del siglo XIX, es una forma de kantismo implícito y confesado, que justifica el que se limite a unas investigaciones sistemáticas en el interior de un cuadro conceptual dado [Prigogine y Stengers, 1983: 95]".

> La figura más acabada de este tipo de 'kantismo' es Hermann von Helmholtz, químico, médico, físico y fisiólogo quien dominó la universidad alemana cuando esta última se convertía en modelo y centro de la ciencia europea. Es él quien declara que todos los "fenómenos de la naturaleza deben ser reducidos a los movimientos de partículas materiales que poseen fuerzas motrices invariantes, dependientes solamente de su situación espacial (1847)". Comprender la naturaleza es comprenderla en términos mecánicos[115] ... La fisiología en tanto que es ciencia objetiva debe estudiar el funcionamiento de lo vivo tal cual, como dado, sin cuestionar su esencia o su génesis. El vitalismo es, pues, en el siglo XIX ampliamente aceptado por los medios científicos, pero constituye una convicción subjetiva asociada a una actividad científica objetiva y perfectamente reduccionista.
>
> Reduccionismo contra antirreduccionismo, conflicto en el centro de la cultura científica, nacido en el siglo XIX, y que sigue separándonos -constituye la huella, la cicatriz dejada por la ruptura con el pensamiento filosófico. [op. cit.: 95-96].

Aunque por otro lado, "el positivismo alemán se desarrolló en una atmósfera muy diferente de la del positivismo francés. Se opuso principalmente a la metafísica alemana (...), y, principalmente a Emmanuel Kant [Grawitz, 57]". En esta corriente ideológica alemana Ernst Mach ejerció una profunda influencia.

---

115 "La mayor parte de los fisiólogos de la poderosa escuela alemana (Liebig, Ludwig, Müller, du Bois-Reymond, Virchow) están de acuerdo con von Helmholtz en lo esencial: el funcionamiento fisicoquímico del ser vivo está sometido a las mismas leyes que la materia inanimada, y debe ser estudiado en los mismos términos. No excluyen que una 'fuerza vital' exista, que explique el desarrollo de la particularidad de lo vivo; pero como esa fuerza no interviene de manera causal, no participa en la economía de las fuerzas fisicoquímicas que la ciencia estudia, no es, no puede ser para ellos, objeto de la ciencia [Prigogine y Stengers, 1983: 96]".

El origen de esta fisiología mecanicista coincidió con los transtornos políticos de fines de la década de 1840 (Allen, 1983):

> Unas veces subterránea y oculta, y otra manifestándose al aire libre, la agitación nacional y liberal no cesó de aumentar hasta la crisis de 1848 que trastornó a casi toda Europa.
>
> Este periodo está caracterizado, de una parte, por el **desarrollo de los partidos republicanos y la aparición de las primeras agrupaciones socialistas** ...
>
> Berlín tuvo el 13 y 19 de marzo sus 'jornadas' de motín, cuyo resultado fue la convocación por Federico Guillermo de una **Constituyente**. [Malet e Isaac, s. f.: 171 y 173].

> [Más, con todo y a pesar de ...] puede decirse sin exageración que la fisiología alemana de la segunda mitad del siglo XIX alcanzó una cima jamás superada en lugar alguno, en cuanto a personalidades, universalidad y copia de descubrimientos fundamentales. Ello dependió, no en pequeña parte, de la creación de cátedras independientes de Fisiología, de la fundación de grandes Institutos para especialidad y la estimación general de que gozó la investigación básica en Alemania. [Rothschuh, 1974: 73].

Son numerosos los paradigmas disciplinarios construidos por este grupo y sus seguidores; como muestra se presentan algunos de ellos : a) hechos como los relativos a la actividad enzimática, la conservación del calor, la diabetes, la difusión, la electricidad animal (diferencia de potencial y corrientes), la filtración y la absorción renal, la fisiología del habla y del oído, la función de las glándulas salivales, mucosas y serosas, el haz de His, la hemodinámica, la inervación sináptica, la inhibición central, la mecánica articular y auricular, el metabolismo, la ósmosis, la placa motora terminal, el proceso de la visión (acomodación, percepción cromática y profundidad), los procèsos de regulación vegetativa, los reflejos, la regulación espontánea de la respiración y el centro vasomotor, el tono cardíaco, el trabajo y torsión muscular, la velocidad de la propagación final en los nervios motores; b) leyes, como p. ej., "el 'principio de Fick', esto es, la determinación del volumen-minuto en el hombre vivo a partir del consumo de oxígeno

y la diferencia arteriovenosa de dicho gas [Rothschuh, 1974: 72]". y c) operaciones como el aislamiento y perfusión de órganos (corazón, vasos renales, etc.) y la construcción de curvas.

En cuanto a personalidades, destaca la presencia del ya mencionado du Bois-Raymond. Las de von Brüke y Fick, que aparecerán en la senda de los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales (X.1.2 y X.2.15). Destacan también von Helmholtz y Ludwig. De estos autores, los siguientes trabajos tuvieron particular relevancia en la formación del conocimiento acerca de los ritmos circadianos:

> [VI.13.1] Emil du Bois-Reymond ... impulsado por su maestro Müller, eligió como campo de trabajo la electricidad animal ... En 1845 fundó du Bois-Reymond, con otros, la **Physikalische Gesellschaft** de Berlín; el decenio 1840-1850 fue una época de estudios intensísimos sobre electricidad animal ... Este tema le hizo ponerse en contacto con Humboldt, que asimismo había dedicado muchos años de su vida al estudio de la electricidad animal [VI.8 y VII.3.1] ... Como se desprende de su línea de trabajo, du Bois-Reymond fue un fanático contradictor de la idea de la fuerza vital ... A partir de 1841, du Bois-Reymond fue desarrollando paulatinamente todos los recursos físicos operativos esenciales para la investigación electrofisiológica: un multiplicador sumamente desarrollado, electrodos no polarizables, interruptores, aparatos productores de excitabilidad. [Rothschuh, 1974: 70].

Los electrodos no polarizables fueron empleados poco más o menos un siglo más tarde por Bennit (1929: 426) para "excitar la migración ... de los pigmentos retinales ... por la estimulación artificial del nervio óptico [p. 425]". Como se podrá notar en el X.2.23, Bennitt fue uno de los obreros que desarrollaron la vereda de los ritmos de la migración en los pigmentos de los ojos de los invertebrados.

"Du Boys-Reymond fue también, el primer fisiólogo que se limitó exclusivamente a un campo de trabajo especial ... Tenía, **expresis verbis**, la tendencia a representar relaciones causales mediante la imagen de una dependencia matemática, esto es, con una curva [Rothschuh, 1974: 70 y 60]".

VI.13.2. A partir de 1844, a la par que du Bois-Reymond, Ernst von Brücke de Stralsund trabajó con Müller (X.2.1). von Brücke "todavía en plena juventud fue designado Profesor extraordinario de Fisiología y Patología General de la Universidad de Königsberg. En 1849 fue, como profesor de Fisiología, a la Universidad de Viena, convirtiéndose en miembro destacado de la segunda Escuela de Viena [Rothschuh, 1974: 71]".

En los tiempos de Paul Bert (VI.21) "la configuración general de la sensitiva (*Mimosa pudica* L.) era de todos conocida. La estructura histológica de sus diferentes partes fue detallada en numerosos trabajos: están en primer término los de Meyen (s. f.) y de von Brücke -1848 [Bert, 1866: 12]". Según este último constructor, "la pared celular es más gruesa en la parte superior que en la inferior de la prominencia [**ib.**]".

Bert (1866) también hace saber que no era sorprendente "ver que, con excepción de von Brücke (1848), cuyo trabajo le era desconocido cuando hizo sus investigaciones, todos los autores hayan considerado los movimientos excitados de la sensitiva como un estado de sueño provocado [**op.cit.**: 13]".

[VI.13.3] El cambio total de orientación, de objetivos, de métodos y de autocomprensión en los fisiólogos alemanes, se pone de manifiesto en dos tratados de aquella época, en el **Lehrbuch der Physiologie des Menschen**, de Gabriel G. Valentín [IX.2], del año 1844 y en el **Lehrbuch der Physiologie des Menschen** de Karl Ludwig (Vol. I: 1852 y vol. II: 1856).

El tratado de Ludwig es fundamental, principal. Formula los nuevos puntos de vista y objetivos: "La fisiología científica tiene como tarea determinar los rendimientos del cuerpo animal y deducirlos necesariamente de las condiciones elementales del mismo ... El precedente concepto no es, ello es notorio, el tradicional; es aquél, de entre los nuevos, que llamamos **físico**, en especial contraposición con el **vital**. Esta concepción exige, de conformidad con la ley de causalidad a la que debemos atenernos si es que queremos pensar, que una cosa contiene dentro de sí las causas de sus efectos".

El **modus operandi** de tal fisiología sería, según Ludwig (1852, I: 11-13) el siguiente: "1) Hay que intentar descomponer el cuerpo animal en sus partes constituyentes, tratando de separar estas últimas, prescindiendo de sus actividades del organismo humano y mediante características de cualquier clase, lo más

acentuadas posible. 2) Hay que intentar medir en su valor absoluto los rendimientos por medio de aparatos más o menos complicados, sin tener en cuenta el modo y manera en que se produce este resultado a partir de los procesos subyacentes. 3) Hay que intentar entender cualquier actividad como una función de las condiciones originantes, esta tarea es considerada como la suma de las investigaciones fisiológicas. En términos generales pueden utilizarse dos caminos para cumplir los requisitos señalados: a) Se combina teórica (por medio del cálculo matemático-físico) o prácticamente (mediante la experiencia físico-química) una determinada suma de condiciones conocidas y próximas a las peculiaridades orgánicas, comparando los efectos por ellas producidos con los que se originan en la naturaleza ... b) Cuando este método no sea utilizable, se apela a otro, usualmente de éxito no menos difícil; consiste en dividir en grupos las condiciones que intervienen en un proceso cualquiera, independientemente de que sean o no conocidas en su conjunto: de esos grupos unos se mantienen constantes, otros se hacen cambiar de forma mensurable cuando se miden los valores de los rendimientos producidos por el proceso. Este método general facilita, en las condiciones especificadas, información sobre la proporción en que interviene una condición (la varible) en la consecución de la actividad total, auque sin indicar, como el antes mencionado, a través de qué peculiar acción participa la variable, en este resultado total, sobre las restantes condiciones". [Rothschuh, 1974: 70, 69, 71-72 y 64].

Las reflexiones de Ludwig (1852) son una excelente muestra de Epistemología particular de una ciencia (Piaget, 1979b). Hecho que, por otra parte, simple y llanamente, no es otra cosa que un argumento para sustentar, una vez más, la validez de la Epistemología genética. Epistemología que apoya la existencia de la reflexión sobre la acción como el ingrediente fundamental en las relaciones entre el sujeto y el objeto de conocimiento. De acá, que la singular y extraña paradoja consiste en que el paradigma epistémico que a los Médicos materialistas alemanes les parecía que apoyaba sus investigaciones, tenga que ser colocado como integrante del grupo de paradigmas epistémicos (II.12.2.3) que están alrededor del modelo que le asigna al sujeto de conocimiento, únicamente, el papel de "registrar los datos procedentes del exterior [Schaff, 1974: 84]".

Por otra parte, también en dicho párrafo se puede observar los nexos estrechos de las formulaciones de Ludwig con los

equipos cognoscitivos del pasado, de aquel entonces y del futuro. Por ejemplo: hacia atrás, con los inicios mismos de la Ciencia moderna, con Galileo (1623), con su definición de causa (V.8.2); en aquel momento con la caracterización que elaboró Bernard (VI.14) de las 'condiciones determinantes' y hacia adelante, con uno de los canales de la Circadiología, el de 'los ritmos de migración vertical y mareas (VIII)'.

"En 1846, Ludwig introdujo el registro gráfico en fisiología, y precisamente con un quimógrafo con superficie de inscripción continua e inscriptor de tinta (¡!), que años más tarde se convertiría en punto de partida de innumerables modificaciones [Rothschuh, 1974: 69]" y de incalculable apoyo a otras operaciones. De aquí que esta realización científica, pronto haya adquirido un completo reconocimiento que perdura hasta hoy. Esto significa que debe ser considerada como un paradigma más de los muchos que dejaron como herencia los médicos berlineses. De hecho, como se podrá captar en otro momento, las operaciones esenciales para el estudio de los ritmos circadianos también fueron favorecidas con la introducción de dicho sistema de registro en las tareas de la Fisiología.

VI.14) Claude Bernard (1855, 1857 y 1865)

En 1841, Claude Bernad empezó su carrera de científico como preparador de Magendie, quien ocupaba la cátedra de Medicina experimental en el **Collège de France**. "Dos años más tarde se doctoró en Medicina [y después de] su segundo doctorado en Ciencias Naturales (1853), se creó para él ... una nueva cátedra de **Physiologie générale** en la Sorbona. En 1855 murió Magendie, sucediéndole Bernard en la cátedra del **Collège de France** [Rothschuh, 1974: 74]".

Bernard trabajó en el **Collège de France** durante veinte años "con gran intensidad y resultados, tan sólo interrumpidos por una licencia por enfermedad en su pueblo natal (1865-1868) ... En St.

Julien, surgió su famosa **Introduction à l'étude de la médecine expérimentale** [op. cit.: 74]".

> En los textos de Endocrinología es obligatorio mencionar el nombre de Bernard ... [Quien] demostró la liberación de azúcar por el hígado en la sangre (1855) y acuñó el término 'secreción interna' para describir esta función. Esto puede resultar un poco confuso para los estudiantes de los días presentes porque estrictamente hablando, el azúcar no está calificado como una hormona. [Beach, 1981: 330].

Con todo y ello, la incrustación de este concepto de 'secreción interna' dentro de los esquemas fisiológicos por parte de Bernard, lo sitúa como uno de los pioneros en la elaboración del paradigma endocrinológico. Por ende, este insigne personaje debe ser percibido como uno de los contribuyentes en la formación de la trayectoria de 'los ritmos en la migración de los pigmentos animales (X)'.

> El organismo es para Bernard una unidad, un todo integrado. Sus manifestaciones vitales son ciertamente de naturaleza físico-química, pero tienen lugar en elementos organizados, cuya organización y estructura son cuestión de la vida y de la evolución. La facultad requerida para su formación, le viene dada originalmente al ser vivo; esta "**force vitale** es innegable y evidente como la luz del día (...)". Desde luego, cada órgano no posee inteligencia, pero sí el todo. Sin embargo, en el organismo todo transcurre determinadamente, pues los mecanismos de la vida trabajan en un medio constante. Este es el supuesto para la autonomía del organismo. Las manifestaciones de la vida son exteriorizaciones de esa organización. Sus causas primarias no pueden ser objeto de investigación, pero sí las causas inmediatas o secundarias ... Tan sólo la vida, considerada como organización y coordinación, concede a la fisiología carácter de ciencia independiente. Hasta aquí quizá sea pertinente hablar de un vitalismo físico-químico en Bernard. Apoyaba la determinación de las causas 'próximas', porque ello haría posible predecir lo que debía acaecer. [Rothschuh, 1974: 75]:

> El experimentador quiere llegar al **determinismo**, es decir, trata de ligar, con ayuda del razonamiento y de la experiencia, a los fenómenos naturales con sus condiciones de existencia, o dicho de otro modo, con sus causas próximas ... El fin que se propone el método experimental es siempre el mismo; consiste en referir, por la experiencia, los fenómenos naturales a sus condiciones de existencia, o sea a sus causas próximas ... Lo que llamamos la causa próxima de un fenómeno, no es otra cosa que la condición física y material de su

existencia o de su manifestación. La finalidad del método experimental o el término de toda investigación científica, es pues idéntico para los cuerpos vivientes o para los cuerpos brutos; consiste en encontrar las relaciones que ligan a un fenómeno cualquiera con su causa próxima, o dicho de otro modo, en determinar las condiciones necesarias para la manifestación de ese fenómeno ... Entendemos por causa de un fenómeno, la condición constante y determinada de su existencia, esto es lo que llamamos el determinismo relativo o el cómo de las cosas, es decir, la causa próxima o determinante ...

Definiremos pues a la Fisiología diciendo que es la ciencia que tiene por objeto estudiar los fenómenos de los seres vivientes y **determinar** las condiciones materiales de su manifestación. [Bernard, 1865: 77, 83, 89, 112 y 89-90].

Se pueden vislumbrar las semejanzas entre estas definiciones de 'condiciones experimentales' que otorga Bernad y los esquemas aristotélicos de 'causa material' y 'causa eficiente' (V.3.1), la perspectiva galileana de 'causa' (V.8.2) y el plano teórico implicado en la causalidad que ostentaban los Médicos materialistas alemanes (VI.13). Igualmente, se puede uno percatar de las razones por las que estas 'causas inmediatas' fungieron como obstáculos epistemológicos en la historia de la Circadiología; en particular, en la evolución de la vía de 'los ritmos en la migración vertical y mareas (VIII.11)': todavía sin una definición adecuada, resultaba inconcebible la existencia de movimientos espontáneos en los seres vivientes.

Desde su plano determinista, Bernard advierte en contra de la manera de ver las manifestaciones de la vida como "determinadas por la acción espontánea de una fuerza vital particular, en lugar de ser, como las de los cuerpos brutos, resultado necesario de las condiciones o de las influencias fisicoquímicas de un medio ambiente [op. cit.: 84]". El ve "que esta espontaneidad de los cuerpos vivientes no es más que una simple apariencia, consecuencia de cierto mecanismo de medios perfectamente determinados[116] [ib.]":

---

[116] Bernard (1865) nota que "en los vegetales, los fenómenos de la vida están igualmente ligados en sus manifestaciones, a

En consecuencia con este paradigma espistémico, en el dominio metodológico, el investigador debe tratar de conocer las condiciones de las variaciones en las manifestaciones de los seres vivientes, "porque no puede haber efecto sin causa ... la experimentación comparativa consigue este objeto con agregar en un organismo semejante, que debe servir de comparación, todas las modificaciones experimentales, menos una, que es la que se desea separar [op. cit.: 94 y 170]". En el VIII.11 se podrán vislumbrar las repercusiones que tuvo esta encomienda metodológica de Bernard sobre el desarrollo de la Circadiología cuando fue repetida con palabras similares por su discípulo Louis E. Lapicque (1907) en la **Société Biologique de Paris** para argumentar en contra de los experimentos que hizo Georges Bohn (VIII.9) bajo 'condiciones invariables'.

Está claro que estas precisiones teóricas y metodológicas de Bernard fungieron como paradigmas para labrar la mayor parte de los caminos de la Fisiología. Aún y cuando, una atención

---

condiciones de calor, de humedad y de luz del medio ambiente. Lo mismo sucede con los animales de sangre fría; los fenómenos de la vida se entorpecen o se activan según las mismas condiciones. Ahora bien, estas influencias que provocan, aceleran o retardan las manifestaciones vitales en los cuerpos vivientes, son exactamente las mismas que provocan, aceleran o retardan las manifestaciones de los fenómenos fisicoquímicos en los cuerpos brutos ... Sólo en los animales de sangre caliente parece haber independencia entre las condiciones del organismo y las del medio ambiente; en estos animales, en efecto, la manifestación de los fenómenos vitales no sigue las alternativas ni las variaciones que experimentan las condiciones cósmicas, y parece que una fuerza interior interviene para luchar contra estas influencias y mantener, a pesar de ellas, el equilibrio de las funciones vitales. Pero en el fondo no hay nada de esto, que depende simplemente de que por causa de un mecanismo protector más completo, que tendremos que estudiar, el medio interior del animal de sangre caliente, se pone más difícilmente en equilibrio con el medio cósmico exterior. Consecuentemente, las influencias exteriores no producen modificaciones y perturbaciones en la intensidad de las funciones del organismo, sino en tanto que el sistema protector del medio orgánico resulta insuficiente en condiciones dadas. [p. 84 y 85].

superficial hacia ellas y la situación sociogenética por la que atravesaban en aquel momento los canales de la Circadiología, abrieron la posibilidad de que en éstos, dichas precisiones sirvieran más bien como obstáculos epistemológicos. Además esta ocupación de los paradigmas bernardianos fue reafirmada por el mismo Bernard al estrechar, como lógicamente tenía que ser, todavía más las ligas entre las 'causas próximas' y los 'reflejos':

> Las partes vivientes tienen además la facultad de ser **irritables**, es decir, de reaccionar bajo la influencia de ciertos excitantes, de una manera especial que caracteriza a los tejidos vivientes; tales son la contracción muscular, la transmisión nerviosa, la secreción glandular, etc. Pero cualesquiera que sean las variedades que presentan estos tres órdenes de fenómenos, y lo mismo que la naturaleza de la reacción sea del orden fisicoquímico o vital, dicha reacción nunca tiene nada de espontáneo, sino que el fenómeno es siempre el resultado de la influencia ejercida sobre el cuerpo que reacciona, por un excitante fisicoquímico que le es exterior.
>
> Cada uno de estos cuerpos es inerte, es decir, que no es capaz de darse el movimiento por sí mismo; necesita siempre para esto, entrar en relación con otro cuerpo y recibir de él la excitación ... los elementos anatómicos mismos, que son los principios más alterables y más inestables, son también inertes, es decir, que no entran jamás en actividad vital, si alguna influencia extraña no los solicita a ello ... Los diversos elementos vivientes juegan así el papel de excitantes, unos con relación a otros, y las manifestaciones funcionales del organismo no son más que la expresión de sus relaciones armónicas y recíprocas ... Todo cambio en la materia supone la intervención de una relación nueva, es decir, de una condición o de una influencia exterior. [op. cit.: 105 y 106-107].

Con estos supuestos de que los cuerpos irritables no son capaces "de darse el movimiento por sí mismos" y de que las manifestaciones funcionales de los organismos no son más que la expresión de sus respuestas a cambios exteriores, se pueden vislumbrar las dificultades que debieron haber existido en aquellas fechas para que se pudiera atisbar alguna de las propiedades de los ritmos circadianos (I.6). Por ejemplo, su casi-termoindependencia (I.6), en cuanto a la influencia de la temperatura sobre la vida, Bernard postula que:

Su elevación hace más activos los fenómenos vitales, así como la manifestación de los fisicoquímicos. La baja de la temperatura, disminuye la energía de éstos y entorpece las manifestaciones de la vida animal o vegetal en la superficie de la tierra. Estas variaciones no tienen lugar sino porque el medio interior o la atmósfera orgánica de las plantas y de ciertos animales se pone en equilibrio con la atmósfera exterior. Si se colocan las plantas en invernaderos calientes, la influencia invernal cesa de hacerse sentir y lo mismo sucede con los animales de sangre fría e invernantes. Pero los de sangre caliente, mantienen en cierto modo sus elementos orgánicos en invernadero y no sienten la influencia de la invernación. Sin embargo, como esto no es más que una resistencia particular del medio interior para ponerse en equilibrio de temperatura con el medio exterior, esta resistencia también puede ser vencida en ciertos casos, y los animlaes de sangre caliente pueden también en ciertas circunstancias, calentarse o enfriarse. [**op. cit.**: 159].

En un plano epistémico más general y ligado con la sucesión azar-necesidad en la evolución de la Ciencia, en lo que continúa se repiten algunas líneas bernardianas:

Las ideas experimentales nacen muy frecuentemente por casualidad y en ocasión de una observación fortuita. Nada es más común y aun es éste el procedimiento más sencillo para comenzar un trabajo científico.

Un descubrimiento es en general una relación imprevista que no se encuentra comprendida en la teoría, porque si lo estuviera, estaría prevista.

En ciertos casos no podremos dirigirnos más que por una especie de intuición, según las probabilidades que se perciban, y aun cuando el asunto sea enteramente obscuro e inexplorado, el fisiólogo no deberá temer obrar aun un poco al azar ... en medio de las perturbaciones funcionales que producirá, puede esperar ver surgir algún fenómeno imprevisto, que le dé una idea sobre la dirección que deba imprimir a sus investigaciones. Esta especie de experiencias de tanteo, que son en extremo frecuentes en Fisiología ... podrían ser llamadas **experiencias para ver**, porque están destinadas a hacer surgir una observación de antemano imprevista e indeterminada, pero cuya aparición podrá sugerir una idea experimental y abrir una vía de investigación.

La hipótesis experimental, en una palabra, debe estar siempre fundada en una **observación** anterior. [**op. cit.**: 203, 53, 31 y 47].

Por esta caracterización que hace Bernard de la forma en que se labra el conocimiento científico, por su formulación de las

etapas y conductas que se sitúan en la evolución de las ciencias, por la posición con la que atendía los 'hechos' y por su concepción de obstáculos para el conocimiento, llama mucho la atención que como fisiólogo, Bernard sea determinista, no acepte la espontaneidad y como epistemólogo, acepte el indeterminismo y no tema "obrar aún un poco al azar".

Entre los que acá se han denominado obstáculos epistemológicos, Bernad advierte en contra de los 'hechos mal observados', el empirismo, el teoricismo, el reduccionismo, el anatomicismo y el abuso en el uso del cálculo y la estadística:

> Otra forma de aplicación muy frecuente de las matemáticas a la biología, se encuentra en el uso de los promedios o en el empleo de la estadística que, en Medicina y en fisiología, conducen por decirlo así necesariamente, al error ... El empleo de los **promedios** en fisiología y en Medicina, no da, lo más frecuentemente, más que una falsa precisión a los resultados, destruyendo el carácter biológico de los fenómenos.
>
> Lo mismo, en fisiología es necesario no dar jamás descripciones medias de experiencias, porque las verdaderas relaciones de los fenómenos desaparecen en este promedio; cuando se tienen que hacer experiencias complejas y variables, es preciso estudiar las diversas circunstancias de ellas y en seguida dar la experiencia más perfecta como tipo, pero que representará siempre un hecho verdadero. [Bernard, 1865: 178-179 y 180].

Como se podrá uno fijar, en otras fechas y en la vereda de los ritmos de migración de los pigmentos en los ojos compuestos de los invertebrados, M. A. Mossler (1915) cayó frente a este obstáculo y en 1930, Welsh (X.2.27) abordó la misma materia que Mossler (X.2.25), prácticamente siguiendo las recomendaciones de Bernard.

VI.15) Julius Sachs (1857, 1860, 1863, 1865 y 1887)

Julius Sachs fue "un gran defensor del experimentalismo y, como Fick [X.2.15], un firme mecanicista ... Mediante la utilización de los métodos del análisis químico, estudió los efectos de las propiedades iónicas sobre las células vegetales [VI.26, VI.30 y

VI.31] y el papel desempeñado por la clorofila en la fotosíntesis [Allen, 1983: 173 y 24]".

"El primer investigador que distingió el reloj de sus manecillas fué el gran experimentador Sachs; en 1857, concluyó que la periodicidad endógena del movimiento de las hojas estaba basada en una periodicidad del complejo entero de los procesos de desarrollo -Vegetationsprozeß [Bünning, 1960: 2]". En su publicación, primero, Sachs (1857) confirma que "casi no había duda de que los cambios de turgencia se corresponden con cambios en el estado diosmótico [p. 809]" y prosigue preguntándose "si estos últimos son la inmediata y única causa de los primeros [ib.]. Algunos hechos lo dirigieron a formular una respuesta que parecía que tendría que ser negativa.

> Si la endósmosis es la única causa de los cambios de tensión, entonces debe ponerse atención a la evaporación en la superficie de las hojas por la regulación de la endósmosis. Bajo este supuesto, cualesquiera que sean las proporciones de tensión de la posición de día, éstas se deberían ver alteradas si se cambia súbitamente la superficie de evaporación; si se corta, una parte o toda la hoja, durante la posición de día. Pero no es ese el caso, sino que los cojines conservan su posición y durante algunos días hacen movimientos exactamente como si las hojas allí estuvieran hasta que se secan y caen. Bajo el mencionado supuesto, también la humedad atmosférica debería influir sobre la intensidad de los movimientos; eso no ocurre; *Phaseolus* y *Oxalis* mantenidos en una atmósfera saturada con vapor de H_2O, hacen sus movimientos periódicos ... las mismas hojas que ya tenían su posición de día, si se las coloca súbitamente bajo agua, conservan los movimientos, siempre y cuando no se cambie la iluminación. [págs. 809-810].

Otros experimentos sólo le probaron a Sachs (1857) que "la anulación de la evaporación no produce ninguna interferencia en las proporciones de la presión o tensión y [le hablaron] de los resultados obtenidos por Hoffmann, de que una temperatura estable condiciona una vigilia persistente y un cambio de temperatura debería anular la vigilia [p. 810]".

Habían transcurrido apenas unas tres décadas desde que Fourier (1822 y 1831) formulara la ley que gobierna la propagación del calor cuando Sachs (1857) se plantea que "si los

cambios en la temperatura tuvieran una influencia inmediata sobre los movimientos periódicos, se podría intervenir al interior de los tejidos modificando la conducción del calor: sobre esto no [se tenía] ninguna experiencia [págs.: 810-811]".

Siguiendo estas ideas:

> Bajo temperaturas semejantes, una parte del tejido es más expandible que otra, así ... el órgano de movimiento ... presentaría bajo cierta temperatura una concavidad del lado del tejido que se dilataría un poco si se sube la temperatura; mientras más alta fuera la temperatura, más fuerte sería la concavidad, una consecuencia [que] no [había sido] justificada por ninguna observación. [op. cit.: 811].

De este modo, únicamente quedaba "la influencia de la luz del día sobre la curvatura de las articulaciones [op. cit.: 812]", la cual era "tan evidente que no podía dudarse [ib.]" de ella. Pero Sachs (1857) tenía que decidir sobre la pregunta de "¿[cuál era] el agente en la luz del día, si [eran] las radiaciones caloricas, las radiaciones de algún color o sólo las químicas? [op. cit.: 812]".

Sachs (1857) planteó el siguiente experimento:

> Para que una *Oxalis*, que estaba en una espaciosa maceta, estuviera totalmente oscura y adoptara, la posición de noche, [la colocó] en un recipiente de lámina de hierro. Luego, calentó la tapa del recipiente con agua caliente; la radiación interna calórica debió llegar a las hojas, pero después de una hora no se presentó ningún efecto. Igualmente negativo fue el resultado al enfriar la tapa. Las radiaciones caloricas del cuerpo calentado que [aproximó] a los órganos de movimiento, no demostraron nada para la pregunta aquí planteada.
>
> Sobre el efecto de las distintas radiaciones de la luz [Sachs experimentó] con vidrios de color, cuyos efectos serían contundentes. [Usó] sólo vidrio rojo, el rubí más oscuro y hermoso que [pudo] conseguir y vidrio azul cobalto, también oscuro ... Con [ellos cubrió] plantas enteras o partes intactas ligadas a la planta, de manera que recibieran la menor cantidad de luz blanca. En media o en una hora, unas plantas que tenían la posición de día, con el rojo, adoptaron la posición de noche y con el azul, permanecieron en su posición anterior sin perturbarse.
>
> Si [cubría] las plantas que estaban bajo el rojo con el vidrio azul, se despertaban en el lapso de una hora y viceversa. Así en el transcurso de un día, una

hoja [podía] cambiar su posición 8-10 veces mediante el cambio de vidrios.

Los rayos rojos se comportaron para la posición de la hoja como la oscuridad total, mientras que los azules, los violetas o ambos juntos, tuvieron el efecto de la luz del día ... Las plantas cubiertas con cristal rojo en las mañanas, mediodías o tardes, se duermen enseguida y si permanecen cubiertas, no se abren a la mañana siguiente, como lo hacen las cubiertas con azul. [Sachs concluyó] que si la luz roja se comporta realmente como oscuridad total, las plantas que se dejan días en oscuridad, se deberían abrir en la mañana; esta conclusión parece totalmente correcta. [op. cit.: 812-813].

Sachs (1857) llevó a cabo otros experimentos y la conclusión que sacó de sus observaciones fue que "los movimientos periódicos de las hojas de *Phaseolus* y *Oxalais* son coefectos secundarios de los procesos vegetativos de esas plantas y la luz azul actúa sobre el movimiento de las hojas como si estimulara los procesos totales de la planta [op. cit.: 814]".

Sachs (1857) vió que la luz roja producía en las plantas de sus experimentos el efecto de la falta de luz, "mientras que las crecidas bajo luz azul se vieron fuertes y vigorosas, como si fuera luz blanca [ib.]". El creía que "la luz azul actúa sobre los movimientos periódicos manteniendo en buen estado los procesos vegetales [ib.]". Pero reconocía que "no se solucionaba con ello el problema de los movimientos periódicos [ib.]".

En las postrimerías de su reseña de 1857, Sachs se pregunta ¿Por qué duerme una hoja sola de frijol o de *Oxalis*, cuando se cubre con luz roja mientras que la planta total está iluminada con luz blanca? [p. 814]" y lo termina confirmando que no "niega que la luz tenga un efecto inmediato [pero] que permanece el hecho de que las plantas sin nada de luz siguen haciendo sus movimientos periódicos [p. 815]".

En este párrafo, ya en 1857, Sachs apunta un hecho que bien puede ser un apoyo al actual esquema teórico que apuntala el origen endógeno de los ritmos circadianos en la versión que defiende la existencia de un sistema de osciladores múltiples. Fue apenas en el año de 1960, cuando Pittendrigh afirmó que en aquel momento, se estaba "obligado a abandonar el común y

corriente punto de vista, según el cual el problema era aislar y analizar '**el** ritmo endógeno' o 'el reloj interno' y a enfrentarse a la conclusión de que los organismos comprenden una población de sistemas oscilatorios casi-autónomos [p. 165]". Esta obligación tenía su origen a partir de la estructura teórica "de los dos osciladores[117] para la eclosión de la *Drosophila* que había sido llevada a prueba para el ritmo de actividad en cucarachas por Janet E. Harker (1960), así como también por Frank A. Brown Jr. y H. Marguerite Webb (1949) para el ritmo del cambio de color en *Uca*, cuando lo estudiaron unos años antes [ib.]". Otro experimento que aportó pruebas claras en favor de esta nueva visión propuesta por Pittendrigh (1960), fue el realizado por Jorge A. Sánchez y Beatriz Fuentes Pardo, (1977) quienes "observaron que las variaciones de la amplitud del electrorretinograma -ERG- en tallos oculares aislados[118] reúnen todas las características aceptadas para identificar un ritmo circádico [p. 603]". Es factible proponer que los resultados de Sachs en 1857, quedaron aislados por la falta de un marco teórico que los pudiera asimilar como hechos. Bajo oscilación libre, ¿se podrán poner en distintas fases los osciladores de cada hoja? y si esto resulta, ¿cómo será la dinámica para el restablecimiento de la fase al regresar a la planta a condiciones de luz-oscuridad?

> En abril de 1863, [Sachs] seleccionó una planta de *Acacia lophanta*, la cual él asegura que tenía las "hojas nuevas y finas, éstas se veían muy saludables". La colocó en el interior de una caja de madera que tenía un termómetro adentro. Después, durante 4 días midió cada hora el ángulo que hacían las hojas con el pecíolo y registró la temperatura en cada medida. Las hojas continuaron presentando sus movimientos de sueño durante cuatro días en la oscuridad pero estos no estaban

---

117 "Un componente rítmico -oscilación **B**-, distinto del marcapaso fotosensible -oscilación **A** [Pittendrigh, 1960: 165]".

118 Pertenecientes "a ejemplares adultos del acocil *Procambarus bouvieri* -Ortman [Sánchez, & Fuentes Pardo, 1977: 601]".

correlacionados con las variaciones de la temperatura en el interior de la caja. Así, [de otra forma], fue eliminada la posibilidad de que los ciclos de la temperatura estuvieran causando los movimientos del sueño en la oscuridad. [Sweeney, 1987: 4].

Como ya se avisó, casi un siglo antes a través de otra clase de acciones, colocando el ritmo en luz-oscuridad, Duhamel du Monceau (VI.4) hizo la determinación de "que los movimientos de la sensitiva no dependen ni de la luz ni del calor [Duhamel du Monceau, 1758]".

Sachs principia su segundo artículo de 1863 haciendo una diferenciación de un observable. Esta no se refiere propiamente a los movimientos de las plantas, sino a los efectos de la oscuridad o la luz sobre éstos, en función de la intensidad o duración de su aplicación. En el siguiente esquema resume sus observaciones:

1 Estado inmóvil. Inmovilidad de oscuridad lograda mediante oscuridad prolongada:
- a) ninguna excitabilidad mediante perturbaciones;
- b) ninguna excitabilidad por cambios de luz;
- c) ningún movimiento libre periódico;

2 Traslado del estado inmóvil al móvil mediante iluminación duradera.

3 Estado móvil. Logrado a través de iluminación duradera:
- a) excitabilidad por perturbaciones;
- b) rápidos cambios de luz actúan como estímulos:
  - i) el aumento de la luz produce posición de día;
  - ii) La disminución produce posición de noche.
- c) el cambio de día y noche produce como consecuencia de b) un determinado compás del movimiento periódico [pero no es su causa].
- d) bajo constante pero no muy prolongada oscuridad se presentan libremente movimientos periódicos, condicionados por cambios de temperatura en vez de luz; bajo oscuridad más duradera terminan esos movimientos pues la planta entra en un mero estado de inmovilidad por oscuridad.
- e) bajo iluminación constante se presentan libremente movimientos periódicos.

[Sachs, 1863: 467-468].

Abajo de este cuadro, Sachs (1863) colocó un inciso que denominó comprobaciones. Estas las tomó de los informes de

Duhamel du Monceau (1758), De Candolle (VI.11) y Cohn. Lo que dice "puede resumirse en la frase: el movimiento periódico en sí es independiente del cambio de iluminación pero el movimiento periódico en su compás o ritmo será determinado a través del estímulo de la luz como se presenta bajo las características habituales [p. 469]". Esta es una de las más tempranas y mejores definiciones de los ritmos circadianos de que se tenga noticia y que Sachs (1863) complementa con una propuesta que se parece mucho a la que hizo Pittendrigh (1960) casi un siglo después (cf. última nota al pie de página): "la posición de las hojas móviles se expresa como el resultado de dos fuerzas distintas, una de los movimientos periódicos en las plantas y otra que transmite el estímulo de la luz [op. cit.: 470]". Otra vez, como en el caso de Dutrochet (VI.10), en el que fueron experimentos y en esta ocasión se trata de proposiciones, retornan los visos de la homeorresis en los crecimientos cognitivos.

El deseo de Sachs (1863) era "ordenar los diferentes hechos para que puedan expresarse científicamente [ib.]" y de acuerdo con esto: declaró que "así como una fórmula algebraica puede solucionarse cuando los signos están en el orden correcto, así deben agruparse los fenómenos antes de encontrar la causa oculta [ib.]" y todos los fenómenos mencionados por él, eran "los signos de un estado de los órganos móviles, el estado en el cual se mueven diariamente y que muestran que ese estado es una consecuencia del efecto de la luz duradera o prolongada [ib]". Esto y lo anterior, según Sachs, "puede dar la siguiente frase: la luz produce el éstado móvil, en el cual los órganos son móviles aún sin la influencia simultánea de la luz y el cambio súbito de luz actúa sobre el estado móvil como estímulo del movimiento [ib]".

"Particular significación en el desarrollo del enfoque experimental de la biología durante el siglo XIX tuvo la escuela de fisiología vegetal encabezada por Sachs durante la década de 1870 y la de 1880 en Würzburg [Allen, 1983: 24]". Acá fue ayudante del gran fisiólogo Fick (...), a su vez, antiguo

discípulo de Ludwig (...), uno de los materialistas médicos de Berlín, -tal y como recién se ha leído (op. cit.).

Sachs fue amigo de S. Arrhenius -1898 (VI.26); amigo, condiscípulo y maestro de Jacques Loeb (VIII.7 y VIII.12) y maestro de Hugo de Vries (VI.27) y Pfeffer (VI.22 y VI.28).

> En la fecha en que Loeb fue a Würzburg (1886), Sachs estaba interesado en el estudio de los tropismos de las plantas, en la respuesta de los vegetales a diversos estímulos externos, como los de la luz, la temperatura o la gravedad. La esencia de los tropismos según él, era que se producían como respuestas automáticas casi inevitables del organismo a un conjunto conocido de condiciones. En las plantas, Sachs había podido mostrar que las respuestas a menudo tenían claras causas químicas o mecánicas [Allen, 1983: 173-174].

"Sachs demostró la existencia de ritmos en las tasas del crecimiento y de la exudación del fluido en las terminaciones cortadas a los retoños de las plantas. La periodicidad del crecimiento continuo en oscuridad constante. Además ciclos más cortos o más largos que las 24 horas fueron observados [Sweeney, 1987: 7]".

Es clara la influencia que tuvo el paradigma levantado por Ludwig (VI.13.3) sobre la obra de Sachs y se vislumbra la que éste tuvo en el progreso del conocimiento de la ritmicidad circádica.

VI.16) Charles Robert Darwin y Francis Darwin (1859, 1876, 1880 y 1892)

La teoría darwiniana ha sido el paradigma más importante de la Biología[119], paradigma que se ha transformado en otros y que se

---

[119] La obra de Darwin ejerció una profunda influencia en la biología en dos direcciones ... Una de ellas fue el enorme interés que generó por el estudio de la filogenia animal y vegetal y el enfoque que le dio a la misma. Una vez que en los círculos científicos fue aceptado el concepto básico de la evolución, se hizo posible, y se convirtió en actividad enormemente popular, trazar la historia filogenética de toda

originó dentro del marco epistémico newtoniano. El reconocimiento de esta procedencia puede ayudar a entender un poco las conexiones que se ha intentado describir anteriormente entre algunos de los esquemas conceptuales de la Circadiología y otras estructuras que conforman el marco epistémico newtoniano (V.8). Pero por otro lado, se levanta la cuestión de ¿cuáles han sido las relaciones que ha tenido el paradigma de Darwin dentro de dicho marco? Esta interrogante adquiere mayor importancia si se la pone en contacto con un elemento general e implícito en el enfoque darwiniano, puesto en relieve por Prigogine (1982b):

> En [la concepción de Darwin] se combinan dos elementos: por un lado, la asunción expontánea de

---

clase de especies ... Una segunda dirección fue el método que estableció Darwin (sobre todo en **El origen de las especies** -1859). El escribió en esta obra que había procedido de una manera básicamente inductiva; que había reunido vastas cantidades de información, de datos a los que su teoría general de la selección natural había cubierto luego como una sombrilla ...

En realidad, los estudios históricos han mostrado que Darwin procedió mucho menos inductivamente de lo que había sostenido, o de lo que había decidido declarar en sus libros. No obstante, la imagen que el enfoque darwiniano presentó al público científico en los últimos años del siglo se fundó primordialmente en la inducción. Cada vez más, el legado metodológico de Darwin fue asignando un elevado valor a un tipo comprensivo de teoría en gran escala, capaz de abarcar toda clase de cuestiones, todo tipo de preguntas. Este legado alcanzó suprema importancia para el condicionamiento del desarrollo de un gran número de teorías ambiciosísimas que hicieron su aparición hacia fines del siglo pasado.

La influencia metodológica de Darwin se propagó en otra dirección, relacionada con la anterior. Sacó apoyos para la teoría de la selección natural de muchos otros campos de la investigación biológica ... Esferas cuyos descubrimientos quedaron incorporados a los argumentos de **El origen de las especies**. Al obrar de tal manera Darwin obtuvo apoyo para su idea general de la evolución por selección natural ... Así pues, mientras que las amplias generalizaciones trazadas por Darwin sirvieron como sombrilla bajo la cual se pudieron recoger testimonios procedentes de muchos campos aparentemente diversos de la biología, el uso de los datos procedentes de tantos campos dio un nuevo apoyo a las generalizaciones. La moneda metodológica del legado de Darwin tuvo dos caras, y cada una de ellas apoyó a la otra. [Allen, 1983: 39-41].

fluctuaciones en las especies biológicas, las que posteriormente, merced a la selección del medio, conducen a la evolución biológica **irreversible**. Por lo tanto, su modelo combina dos elementos: la idea de **fluctuaciones** o azar, de procesos estocásticos, y la idea de evolución de **irreversibilidad** ... A nivel biológico, de esta asociación resulta una evolución que corresponde a una complejidad creciente y a la autoorganización. [p. 18].

De igual modo que en el caso de [Boltzmann -1872], evolución y probabilidad, azar, están estrechamente relacionados. Sin embargo, el resultado de Boltzmann es distinto al de Darwin, e incluso contradictorio. La probabilidad alcanza el máximo cuando se **llega a la uniformidad** ... Por lo tanto la aproximación al equilibrio corresponde a la destrucción de condiciones iniciales prevalentes, al olvido de las estructuras primitivas; contrariamente al enfoque de Darwin, para quien evolución significa creación de nuevas estructuras.

Por lo tanto [aparece] la primera contradicción heredada del siglo XIX: ¿cómo pueden **tener razón a la vez** Boltzmann y Darwin? ¿Cómo podemos describir a la vez la destrucción de estructuras y los procesos que implican autoorganización?. Sin embargo ... ambos procesos contienen elementos comunes: la idea de probabilidad (...) y de irreversibilidad que se desprende de esta descripción probabilística ... Veamos en qué consiste la segunda contradicción:

Entramos ahora en una problemática mucho más arraigada que la oposición entre Boltzmann y Darwin. El prototipo de la física clásica es la mecánica clásica, el estudio del movimiento, la **descripción de trayectorias** que trasladan un punto de la posición A a la posición B. Una de las propiedades básicas de la descriptiva dinámica es su **carácter reversible** y determinista[120] ... Predicción y retrospección son idénticas. Por lo tanto, en el nivel dinámico fundamental no parece existir lugar para el azar ni la irreversibilidad. [Prigogine, 1982b: 19-20]"

Pero, habrá que retornar al enlace entre Darwin con los ritmos circadianos vía el sueño en las plantas y vislumbrar otra faceta de las dudas planteadas por Prigogine (1982b).

El 4 de agosto de 1863, Darwin le escribió a Asa Gray:

---

120 "Dadas unas condiciones iniciales apropiadas, podemos predecir con exactitud la trayectoria. Además, la dirección del tiempo no desempeña papel alguno [Prigogine, 1982b: 20]".

> A usted le debo mi actual tema, el de los zarcillos; su irritabilidad es hermosa, tan hermosa en sus modificaciones como todo en las orquídeas. Respecto a la cuestión del movimiento espontáneo (independientemente del contacto) de los zarcillos y los entrenudos terminales, me coge más bien de improviso lo que usted dice "¿no se conoce a fondo?" No he encontrado nada en ninguno de los libros que tengo ... El movimiento espontáneo de los zarcillos es independiente del de los entrenudos terminales, pero ambos trabajan armoniosamente juntos, describiendo un círculo para que los zarcillos se enganchen a un palo. Así, en todas las plantas trepadoras (carentes de zarcillos) hasta hora examinadas, los entrenudos de extremo siguen describiendo su círculo, noche y día, en una dirección fija ... ¿Me puede decir si se ha publicado algo sobre el tema? No me gusta publicar sobre materias ya conocidas; pero sentiría mucho que mi trabajo no aportara nada nuevo, pues me he divertido enormemente realizándolo. [Darwin, 1892: 446-447].

Darwin "pronto descubrió que sus observaciones no eran por completo originales, y escribió a Joseph D. Hooker: 'he leído recientemente dos libros alemanes, y todo lo que creo se ha escrito sobre las trepadoras; me ha estimulado el descubrimiento de que poseo gran cantidad de datos nuevos [Darwin, F., 1892: 447]'". Además de la "gran cantidad de datos nuevos" que Darwin se atribuye, es digno de marcarse: a) la forma en que introduce la noción de 'espontáneo' a la caracterización de los movimientos en las plantas, criterio con el que quedaba salvado el determinismo de Bernard (VI.14); b) el descubrimiento de que "el movimiento espontáneo de los zarcillos es independiente del de los entrenudos terminales [y c) que] ambos trabajan armoniosamente juntos [Darwin, 1892: 447]".

En este tema de los zarcillos y su irritabilidad, se puede captar otro ejemplo de como Darwin se coloca en contradicción con el nivel dinámico fundamental de la descriptiva dinámica, en el que no parece existir lugar para el azar ni la irreversibilidad: la intensión que declara para la espontaneidad de los movimientos de los zarcillos es su independencia respecto a un estímulo mecánico. A esto habrá que articular que, dentro de los asuntos intelectuales, "con frecuencia repetía que nadie puede ser un

buen observador sin ser un activo inventor de teorías[121] [Darwin, F., 1892: 160]".

De otra manera se vislumbra la tercera contradicción dentro del marco newtoniano heredada del siglo XIX: el reconocimiento a la existencia de la serendipia por los grandes pensadores de aquel siglo (Introducción a la presente tesis, II.2 y el VI.14). Como ya se habrá podido captar, en su autobiografía, Darwin declara que la lectura de un artículo de Gray, publicado en 1858, lo llevó a dedicarse al tema de las plantas trepadoras (**Climbing Plants**), que le agarraba más bien de improviso lo que en él decía sobre ello y que no había encontrado algo en ninguno de los libros que tenía. Gray le envió a Darwin "semillas, y al cultivar algunas plantas [quedó] tan fascinado y perplejo por los movimientos de los zarcillos y los tallos, movimientos que son realmente muy simples aunque a primera vista [le hayan parecido tan] complejos, que [se procuró] otras varias clases de plantas trepadoras y [estudió] todo el tema [Darwin, 1892: 94]":

> En 1880 publiqué, con la ayuda de mi hijo Frank, nuestro **Power of Movement in Plants**. Fue este un arduo trabajo. El libro mantiene en cierto modo la misma relación con mi librito sobre **Climbing plants** que **Cross Fertilisation** con **Fertilization of Orchids**, puesto que de acuerdo con el principio de evolución era imposible explicar que las plantas trepadoras se hayan desarrollado en grupos tan diferentes, a menos que todas las clases de plantas poseyeran una cierta capacidad de movimiento de análoga naturaleza. Demostré que este era el caso, y más tarde llegué a una generalización bastante amplia: que los grandes e importantes tipos de movimientos, los excitados por la luz, la atracción de la gravedad, etc., son todos formas modificadas del movimiento fundamental de circunmutación. Siempre me ha agradado elevar las plantas a escala de seres

---

121 "Había en [Darwin] una cualidad que parecía constituir una especial y excepcional ventaja que lo llevaba a hacer descubrimientos. Era la capacidad de no dejar jamás que una excepción pasara inadvertida ... era como si estuviera provisto de una capacidad teorizante dispuesta a desembocar en cualquier cauce a la menor confusión, de manera que ningún dato, por pequeño que fuera, podía evitar una descarga de teoría y, de este modo el dato adquiría importancia [Darwin, F., 1892: 160-161]".

> organizados, y por lo tanto sentí un placer especial al demostrar la cantidad de movimientos que posee la punta de una raíz y lo admirablemente adaptados que están. [Darwin, 1892: 98-99].

En estos renglones se pude captar un ejemplo de como comenzó a oficiar el paradigma configurado por Darwin: el principio de evolución por selección natural y la adaptación de los 'seres organizados' que deberían dar sentido al hecho de "que las plantas trepadoras se [hubieran] desarrollado en grupos tan diferentes [Darwin, 1892: 98-99]", impusieron la necesidad de demostrar que "todas las clases de plantas [poseían] una cierta capacidad de movimiento de análoga naturaleza [ib.]", necesidad que en un futuro cercano motivó la "generalización bastante amplia [de] que los grandes e importantes tipos de movimientos excitados [de las plantas] son todos formas modificadas del movimiento fundamental de circunmutación [ib.]".

Los métodos de observación de Darwin se encuentran ampliamente descritos en este libro de 1880:

> [Haciendo uso de éstos] Darwin dibujó los movimientos de las hojas de gran variedad de plantas bajo diferentes condiciones. Usó luz fuerte y luz débil, luz difusa y luz direccional, y finalmente ninguna luz (excepto para periodos breves de observación), tanto por la noche como durante el día ... Un experimento realizado con una planta de tabaco de Virginia es típico entre los registros de movimiento de hojas que Darwin llevó a cabo ... El movimiento principal de la hoja describía una elipse, y alcanzó su punto más bajo entre las 3:00 y las 5:00 de la tarde, y su punto más alto entre las 10:00 y las 11:00 de la mañana ... La mayoría de los gráficos de las otras variedades vegetales (Darwin catalogó 55 variedades cuyos coleóptilos duermen y 86 variedades cuyas hojas duermen), mostraban movimientos durante el sueño mucho más complicados. [Ward, 1977: 75 y 87].

De acuerdo con la descripción de Ward (1977), las aportaciones directas que hizo Darwin (1880) al conocimiento de los movimientos del sueño de las plantas, proporcionalmente son muy pobres. Según él únicamente se le puede reconocer que continuó la labor emprendida casi cincuenta años antes por de

Candolle con quien estuvo en contacto directo[122] (VI.11) y en este lugar, se debe aumentar de forma resaltada que dio con uno de los valores adaptativos de estos movimientos, por más que no con el de su periodicidad, todavía tenía que transcurrir harto tiempo para llegar a la diferenciación de estos observables. Como Darwin tenía a su disposición una gran capacidad intelectual y una sólida formación científica, inmediatamente surge la necesidad del planteamiento de un problema que oriente la formulación de hipótesis sobre las causas de esta pobreza de sus contribuciones directas a los dominios de la Circadiología: ¿existió algún obstáculo epistemológico (II.14)? o ¿se debe al carácter epigenético del conocimiento (II.1)?.

En cuanto a las impliaciones del **Power of Movement in Plants**, Francis Darwin (1892) hace saber que:

> La idea central del libro, [de] que los movimientos de las plantas en relación con la luz, la gravitación, etc., son modificaciones de una tendencia espontánea a girar o circunmutar, que es en general innata en los órganos vegetativos de aquellas ... no [había] sido universalmente aceptada y no [ocupaba] un lugar entre los cánones de la fisiología ortodoxa. El profesor Sachs [VI.15] trató el libro con las palabras despectivas propias de un catedrático; y el profesor Wiesner lo [honró] con una crítica atenta y expresada con generosidad.

Además de la caracterización de la "tendencia espontánea a girar o circunmutar" de los órganos vegetativos de las plantas, que como ya se apuntó, Darwin la hizo independiente con respecto a un estímulo mecánico, las nociones de que aquella sea innata en éstos, periodicidad diaria innata y hábito innato, éstas dos últimas a las que se arribará más abajo, de nueva cuenta, son concepciones características del marco newtoniano.

---

[122] F. Darwin (1892) le atribuye al profesor de Candolle (1882) la descripción de una visita a Down: Darwin y "de Candolle quedaron mutuamente complacidos al descubrir que habían adoptado el mismo sistema de clasificacinón de datos. De Candolle describe el método en su **Phytologie** (Fitología), y en el retrato de [Darwin] menciona la satisfacción que experimentó al ver que en Down también se practicaba [op. cit.: 163]".

Por otra parte, ¿en qué pudieron haber consistido las "palabras despectivas propias de un catedrático", con las que "trató" Sachs (VI.15) "el libro" de los Darwin? la respuesta peude resultar interesante, pero del mismo modo lo es, que se puede captar como pronto entran en acción los mecanismos de regulación para el mantenimiento del sistema cognitivo que podrían haber impedido que se amplificara en él la fluctuación.

El Sr. Thieselton Dyer [observó] muy bien:

> "Sólo el tiempo dirá si [la] magistral concepción de [Darwin con respecto a] la unidad de lo que hasta ahora se nos ha presentado como un caos de fenómenos inconexos se ha de mantener. Pero nadie podrá poner en duda la importancia de lo que ha hecho el Sr. Darwin al demostrarnos que en el futuro los fenómenos del tropismo de las plantas se podrán, y en efecto se deberán estudiar desde un punto de vista único". [Darwin, 1892: 449-450].

Efectivamente, en otros días "los fenómenos del tropismo de las plantas" se pudieron y debieron estudiar a tal grado que, como se podrá captar un poco después, la corriente teórica enlazada con ellos se volvió un obstáculo epistemológico para la consolidación de la Circadiología.

> [Darwin] había comenzado [su] trabajo [hacia los movimientos de las plantas] en 1877, después de la publicación de **Different Forms of Flowers**, y hacia el otoño estaba ya totalmente entusiasmado con el tema, y escribía al Sr. Dyer: "me he lanzado al trabajo con todo ardor". En este tiempo estudiaba los tropismos de los cotiledones, en los cuales se observa el sueño de las plantas en su forma más simple; en la primavera siguiente trató de descubrir a qué fin útil podían servir estos tropismos nictinásticos y escribía a Sir Hooker [Darwin, F., 1892: 450]:
>
> Creo que he demostrado que el sueño de las plantas sirve para disminuir los perjuicios que las radiaciones causan a las hojas. Esto me ha interesado mucho, y me ha costado un gran esfuerzo, puesto que ha constituido un problema desde los tiempos de Linneo. [Darwin, 1878: 25 de marzo].

"Independientemente de la posición que las hojas asumieran durante el sueño pleno, **la actitud era tal como exponer la menor superficie posible de la hoja al cielo nocturno.** ¡Aquí estaba el indicio para la relación evolutiva que [Darwin] buscaba! [Ward, 1977: 88]": "no puede haber ninguna duda de que la posición de

las hojas durante la noche afecta su temperatura a través de la radiación, hasta un grado tal que cuando están expuestas a un cielo claro durante una helada, se les presenta una cuestión de vida o muerte [Darwin. En ib.]". En esta composición se puede captar de nueva cuenta el encargo que, como paradigma, ha tenido la explicación darwiniana; su potencia que le permitía, mediante el concepto de la selección natural, "poner en relación recíproca testimonios procedentes de tantos y tan diversos campos de la biología [Allen, 1983: 40]".

El **Power of Movement in Plants** "se publicó el 6 de noviembre de 1880, y el Sr. Murray vendió 1,500 ejemplares [Darwin, F., 1892: 450]". En una carta del mismo año a Hooker, entre otras cosas, Darwin escribía: "el caso de las radículas que se doblan después de una hora de exposición al geotropismo, con los extremos (o cerebros) cortados, creo que merece una lectura (...); a mi me dejó atónito ... La sensibilidad de las plantas jóvenes a la luz es maravillosa [1880: 23 de noviembre]". Y como se podrá vislumbrar, en otro tiempo, esta sensibilidad se constituyó en material de los experimentos de Pfeffer (VI.24), Richard Semon (VI.25), Bünning (VI.29) y Kleinhoonte (VI.30), al terminar la consolidación de la vía del sueño en las plantas. Pero se puede captar como la teoría de 'los tropismos' ya estaba abriendo el cargo de obstáculo epistemológico que tuvo en la composición de la Circadiología: con la relación evolutiva que Darwin había encontrado para la posición que las hojas asumen durante el sueño pleno y con los antecedentes de esta teoría, estaba excesivamente difícil que elaborara un experimento de oscilación libre.

Por otra parte, son ejemplares las reacciones a que dieron motivo estas otras fluctuaciones cognoscitivas originadas por el paradigma darwiniano: "el libro fue ampliamente criticado, y suscitó un gran interés entre el público en general [Darwin, F., 1892: 451]". Hay un artículo de fondo en el **Times** del 20 de noviembre de 1880 y "un volumen dedicado a la crítica del **Power of Movement in Plants** por un botánico consumado, el doctor Julius

Wiesner (1881), profesor de botánica de la Universidad de Viena [op. cit.: 452]".

A esta crítica Darwin (1881) contesta sus disensiones "de la manera más incuestionable, y no obstante [expresa] sus diferencias con la cortesía más perfecta [25 de octubre]". Entre otras cosas declara:

> Del tema más importante de mi libro, la circunmutación, sólo puedo decir que las diferencias de nuestras conclusiones me ha dejado totalmente perplejo; pero no logro comprender algunos pasajes que mi hijo Francis me traducirá cuando vuelva a casa. La mayor parte de su libro es perfectamente clara.
>
> Finalmente, me gustaría tener la suficiente fuerza y ánimo para emprender una nueva serie de experimentos y publicar los resultados, con una nueva confesión completa de mis errores, cuando estuviera convencido de ellos; pero soy demasiado viejo para una empresa de tal envergadura, y supongo que no podré realizar muchos trabajos originales, o quizá ya ninguno ... [En: Darwin, 1892: 454].

Desde una concepción epigenética, no se puede excluir "la posibilidad de que la existencia de una u otra clase de creoda [o estructura] sea necesaria [Waddington, 1976: 31]" para el crecimiento de otras. Es posible que se esté ante uno de estos casos. Como en las etapas intra- los observables se miran muy indefinidos; como son, en vocablos de Bachelard (1981), "siempre un objeto nuevo se comprende de inmediato que las primeras determinaciones sean fatalmente inadecuadas. Son necesarios largos estudios para que un fenómeno nuevo haga aparecer la variable conveniente [p. 248]". Así, siguiendo los trabajos de Darwin (1880), se hallan los movimientos de los coleóptilos y las hojas de una amplia variedad de especies, dibujados muy claramente y con datos precisos de la hora en la que se llevan a cabo. Pero, no se da con una clara distinción entre las formas que desplegaban esos movimientos y su periodicidad. Darwin logró formular una hipótesis bastante aceptable sobre la función adaptativa del envolvimiento de los coleóptilos y las hojas, pero no discernió entre la función adaptativa de este comportamiento y la que tiene la periodicidad del mismo. "Nunca se le ocurrió a Darwin (1880) que los ritmos diarios endógenos pudieran tener un

valor selectivo [Bünning, 1960: 2]". Tuvo que pasar casi un siglo de investigaciones para que Bünning, en 1960, durante la sesión inaugural del XXV simposio de Cold Spring Harbor sobre Biología cuantitativa, expresara que hubiera sido "verdaderamente entretenido para su Simposio, haberlo podido titular 'The Adaptation of Organisms to the rotation of the Earth' [p. 1]".

En la misma conferencia, Bünning (1960) narró que "la naturaleza inherente de la periodicidad diaria fue claramente enfatizada por los Darwin en su libro On the Power of Movements in Plants (1880) [y que en este libro] el mismo Darwin arribó ... a una interpretación por poco lamarckiana [op. cit. 1 y 2]".

"Después de reflexionar sobre la periodicidad diaria del movimiento de las hojas [op. cit. 2]", los Darwin escribieron:

> Nosotros podemos concluir que la periodicidad es hasta cierto punto innata ... Pfeffer niega tal característica y cuando dicha periodicidad se prolonga por un día o dos en la oscuridad, él se la atribuye a la **Nachwirkung** o efecto posterior de la luz y la oscuridad. Pero a nosotros nos resulta imposible seguir por la misma dirección de su discurso -Darwin, & Darwin F., 1880: 407-408. [Bünning, 1960: 2].

Del mismo modo, padre e hijo compararon "la presencia de una periodicidad diaria innata con el 'hábito también innato del trigo de otoño e invierno y el candeal ... no dudamos que algún efecto pueda producirse sobre las semillas por su amplio y continuo cultivo ... bajo diferentes climas -Darwin, & Darwin, F., 1880: 407-408-' [Bünning, 1960: 2]".

Finalmente se debe subrayar que en estas primeras implicaciones que tuvo el paradigma darwiniano sobre la historia del conocimiento que tiene que ver con los ritmos circadianos, se alcanza una prueba más para sustentar la preposición de que ésta posee una índole epigenética. Los Darwin localizaron el carácter innato de la periodicidad diaria por un trayecto distinto al de la búsqueda del análisis de las diversas propiedades internas de la operación básica de la Circadiología, que es lo propio de la etapa intra- de su configuración. Da la impresión de que su conclusión más bien se debió a que dedujeron que si la periodicidad diaria se exhibía por varios tipos de plantas,

debería tener un valor adaptativo y si esto era así, esta adaptación se debió haber seleccionado durante la filogénesis, de aquí que tendría que ser innata.

VI.17) W. Hofmeister (1862 y 1867)

"Estuvo interesado en la periodicidad diaria del movimiento de las hojas. Encontró claramente que dichos movimientos eran causados por un ritmo diario, inherente y controlado por la alternancia de la luz y la oscuridad [Bünning, 1960: 1]".

VI.18) Paul Bert (1866, 1870)

> Paul Bert, entrenado por Bernard [VI.14] y él mismo un fisiólogo experimental dirigente, enunció bien (1870) el 'simple buen sentido' que consideraba característico de la fisiología francesa y tenía su origen en Bernard: "establecer la relación general entre fenómenos y las condiciones experimentales que dominamos, variar esas condiciones tanto como podamos, disponer y formular los resultados así obtenidos y tratar de descubrir, multiplicando nuestros puntos de vista, qué clase de modificaciones tiene que experimentar nuestra fórmula para ser aplicable a las complejas condiciones sobre las que no tenemos control: tal es la función verdadera para nosotros los fisiólogos y tales son los límites que [uno no debe] traspasar". [Coleman, 1983: 262].

De donde se desprende que la consideracion compartida por Dutrochet (1873), Sachs (1863) y Hofmeister (1867) de que "los cambios del día y la noche actúan sólo como reguladores de una forma de movimiento rítmica y hereditaria, evidentemente no lo fue por Bert -1870 [Pfeffer, 1909: 260]". Este es el primer ejemplo de la función que, como obstáculo epistemológico, tuvieron sobre la construcción del conocimiento acerca de los ritmos circadianos los paradigmas erigidos por la escuela de Bernard (VI.14).

> En [sus] investigaciones [Bert (1866) se propuso] en primer lugar, examinar hasta que punto puede sostenerse la comparación tan frecuente, y a menudo con ligereza, entre los fenómenos de sensibilidad y de movimiento comunes a todos los animales y los que

presenta la sensitiva; y luego, de poderse, determinar las propiedades elementales a las cuales conviene asociar la explicación de hechos que interesan sobremanera a la Fisiología general [p. 13].

[Bert (1866) consigna que], como ya se sabía, la *Mimosa pudica* presenta dos tipos de movimientos: 1o. movimientos lentos que constituyen lo que se conoce comúnmente como el estado de sueño y el estado de vigilia de la planta; 2o. movimientos bruscos, consecutivos con una excitación más o menos intensa; éstos otorgan a la sensitiva su nombre y fama.

[Al parecer de Bert] estos dos tipos de movimiento tienen como resultado apariencias semejantes: en los dos casos, los pecíolos primarios se abaten, los folíolos se acercan por su cara superior; [era] normal que se [hubieran] comparado uno con el otro y luego identificado. Por lo tanto no [debería] uno de sorprenderse al ver que, con excepción de von Brücke (1848), cuyo trabajo [le] era desconocido [a Bert] cuando hizo sus investigaciones, todos los autores hayan considerado los movimientos excitados de la sensitiva como un estado de sueño provocado. Era aún la opinión de Feé (1849 y 1858) en su importante memoria, un poco posterior a la de aquél ... Son dos tipos de fenómeno totalmente distintos respecto a su causa interna. Es verdad que se parecen (por lo menos en un cierto periodo de su movimiento) y que una sola descripción puede servir para ambos. [págs. 11 y 12].

Puede uno darse cuenta de cómo continuó Bert (1866) la diferenciación del observable. Las diferentes variedades de inmovilidad o de movimientos ya no son, como en el caso de Sachs (VI.15), productos de las distintas formas de condiciones; Bert (1866) advierte que las dos variedades de movimientos de la sensitiva "son dos tipos de fenómeno totalmente distintos respecto a su causa interna [p 13]". Aunque esto no significa que les haya asignando a los dos o uno de los grupos de movimientos, un origen endógeno, hizo una comparación de los mecanismos involucrados.

Después de mostrar una gráfica de los ángulos de las posiciones que van adoptando las hojas en el transcurso del día, Bert (1866) hace saber que "no podría invocar para explicar [los movimientos lentos] la acción de la luz, ni la de la temperatura [p. 20]". Amplía: "he aquí un hecho cuya importancia sobrepasa la historia particular de la sensitiva y que deberá tomarse en

cuenta siempre que se pretenda explicar el sueño en las plantas [ib.]".

Según Bert (1866):

> Los movimientos nocturnos tienen lugar a partir de un aumento de tensión de las prominencias motrices. En los pecíolos primarios, el resorte superior aumenta de energía durante la noche; el resorte inferior, después de haber disminuido un poco, aumenta también consecutivamente: de la potencia recíproca de estos resortes depende la posición del pecíolo en los diversos instantes o momentos de la noche. [p. 45].

El uso de conceptos propios de la mecánica newtoniana en este modelo para el mecanismo de los movimientos nocturnos de la sensitiva es muy conspicuo.

En la otra mano, Bert (1866) descubrió una prueba experimental de que "los movimientos rápidos provocados por una excitación y los movimientos lentos espontáneos que constituyen la oscilación diaria, son pues, fenómenos de orden totalmente diferente. El éter los separa unos de otros, aboliendo los movimientos provocables, respetando los movimientos espontáneos [págs. 45-46]". Además del alto valor que pudo haber tenido para el conocimiento de los movimientos del sueño en las plantas, esta maniobra, trae un aparente enfrentamiento de Bert con su mentor, con Bernard, quien, como se podrá recordar (VI.14), el año anterior había advertido que "en los cuerpos vivientes, como en los cuerpos brutos, la materia no puede tener ninguna espontaneidad [1865: 104]". También pareciera que le resta sustento a la hipótesis de que en las investigaciones de Bert se puede detectar un primer ejemplo de la función que, como obstáculo epistemológico, tuvieron los paradigmas erigidos por la escuela de Bernard sobre la construcción del conocimiento acerca de los ritmos circadianos, pero no fue así.

La diferencia entre los movimientos rápidos provocados por una excitación y los movimientos lentos espontáneos que constituyen la oscilación diaria, no fue la única localizada por Bert (1866). Este trabajador además hace una diferenciación entre los movimientos de los pecíolos primarios y los folíolos:

> Influencia de la oscuridad prolongada y de la luz continua.- Hill, de Candolle, Dutrochet y otros autores,

estudiaron las relaciones que existen entre la presencia o ausencia de la luz y los movimientos de la sensitiva. Pero estas observaciones no examinaban más que los movimientos de los folíolos, que coinciden bastante, en el estado regular de las cosas, con el amanecer y el atardecer. En cuanto al movimiento de los pecíolos primarios, se ocupaba uno poco en virtud de creerlos concomitantes con los de los folíolos.

Sin embargo, desde los hechos señalados en nuestra primera memoria, esta simultaneidad ya no puede ser admitida; fue aún necesario, de alguna manera, invertir o voltear la antigua proposición y considerar como estado nocturno lo que se llamaba estado diurno. [Bert, 1870: 11].

Se puede uno percatar muy bien de la conciencia que tenía Bert de estar haciendo un cambio de paradigma.

Esta nueva constatación mostraba que los movimientos del pecíolo primario no empiezan en el momento en que comienza ya sea el día o la noche; sin embargo, no probaba nada sobre la relación que puede existir entre estos movimientos y las alternancias de los periodos diurno y nocturno. Era importante, sobre todo desde el punto de vista de la teoría general de los movimientos espontáneos, buscar lo que le pasaría a una sensitiva sometida de manera continua ya sea a la luz o la oscuridad. [op. cit.: 11-12].

Por supuesto, acá ya no se llega a la operación de base por azar. La puesta en oscilación libre del ritmo del sueño en las plantas Bert (1870) la hace "sobre todo desde el punto de vista de la teoría general de los movimientos espontáneos [p. 12]".

[Bert] colocó una sensitiva muy vigorosa sobre una mesa, cerca de una ventana abierta al atardecer y por lo cual los rayos directos del sol no llegaban a la planta más que de 4 a 6 de la tarde. Al cabo de algunos días cuando la planta ya estaba bien acostumbrada a ese estado de cosas, [empezó] a tomar regularmente medidas del ángulo que hacía el pecíolo primario de alguna de sus hojas y el tallo (...). Después de cuatro días y cuatro noches de esta observación, hecha en condiciones regulares, normales, iluminaba, todas las noches, a partir de las 19 o 20 horas, [su] sensitiva con la ayuda de tres lámparas, entre las cuales se hallaba una de carcel muy brillante. Estas lámparas estaban colocadas a 0.50 m de la sensitiva y la luz caía sobre de ella desde arriba siguiendo más o menos la dirección de los rayos del sol. Esta precaución era necesaria para evitar torsiones de las hojas. [Encendía] sucesivamente las lámparas de manera de aumentar la luz artificial a medida que disminuía la luz natural. La iluminación duraba toda la noche y a veces también en la mañana en

concurrencia con la luz del día. Después de cinco días de iluminación continua, [quitó] las lámparas y [prosiguió] las observaciones durante siete días y siete noches bajo condiciones normales.

Junto a esta sensitiva [Bert] colocó otra planta, del mismo tamaño y vigor, dentro de un armario el cual permaneció abierto durante varios días. Después de un periodo de descanso, [hizo] con ella las mismas observaciones que para con la anterior, a las mismas horas del día y de la noche. Después de cuatro días y cinco noches de observación cerró el armario y la planta se mantuvo así en oscuridad continua. Permaneció cinco días desde lo cual y en virtud de que sólo quedaba una hoja viva entre las que se observaban, abrió el armario y [prosiguió] las medidas durante siete días y siete noches seguidas.

Esta larga y cansada serie de observaciones duró, para cada sensitiva, 18 noches y 17 días consecutivos, siendo que las mediciones se tomaron generalmente de dos en dos o de tres en tres horas.

El lector [encuentra] en las páginas siguientes, tablas de números que expresan los resultados de estas observaciones y trazos gráficos que los traducen bajo una forma más fácil de captar. [fig. 2. Op. cit.: 12-13].

El hecho epistémico del que se puede uno enterar es de lo detallado de la descripción de la operación de base. Hecho que denota que ya se estaba gestando, en palabras de Piaget, (1978b) "la toma de conciencia -con sus insuficiencias o su adecuación- de la propia acción [p. 60]:".

[Al parecer de Bert,] las observaciones hechas durante los primeros días, cuando la planta estaba en condiciones normales, ratifican totalmente lo que ya había adelantado en [su] primera memoria, es decir, que los pecíolos primarios se inclinan durante el día y se elevan durante la noche, contrario a lo que se enseñaba anteriormente[123] [1970: 19].

Comparando estos resultados con los que [aportó] en [su] primera Memoria, es fácil de ver que la ascención del pecíolo se efectuó, en las observaciones que [presenta] ahora, mucho más rápidamente que en las

---

123 "El final del periodo diurno está particularmente marcado por una caída muy brusca que continúa a menudo durante una o dos horas al inicio del periodo nocturno. Inversamente, la inclinación del pecíolo empieza algunas veces un poco antes del despuntar del día [Bert, 1970: 19]".

anteriores. Es que en ésta fueron tomadas a fines de septiembre, época en que las noches son mucho más largas. Es remarcable que el mínimo de inclinación del pecíolo tuvo lugar, en las dos estaciones, más o menos a la misma hora, la gran diferencia recae en el máximo de elevación, mucho más temprano en verano que en otoño.

El hecho que había señalado [Bert] fue verificado por otros naturalistas y la observación [resultó] tan accesible que se [estaban] haciendo esfuerzos para explicar el error universalmente admitido. [Era] necesario de hacer una suposición un poco irreverente para los botánicos. [Era] necesario admitir, en efecto, que siempre suspendieron sus observaciones hacia las 9 o 10 horas de la noche, suponiendo que la planta que veían a esa hora en estado de sueño permanecería así, como ellos, durante toda la noche. En la mañana a plena luz, veían las hojas abiertas y elevadas y concluían que esa elevación del pecíolo primario se había efectuado bajo la influencia de la luz. Un poco más de asiduidad en la observación les hubiera mostrado fácilmente su error y tal vez se [le] perdonará de extraer un poco de vanidad de [sus] 18 noches y 17 días seguidos durante los cuales [logró] alrededor de 950 medidas de ángulos. [op. cit.: 19-20].

Se vislumbra cómo el haber logrado la operación de base permitió, aún y cuando implícitamente, apartar el ritmo circadiano de una de sus propiedades, la sincronización. Separación que, posiblemente por la carencia de aquélla, no fue alcanzada por Rau (VII.5.18), quién observó que "conforme avanza el verano, en la mayoría de los casos, [las luciérnagas] aparecen más temprano [1932: 10]" y entonces, "mantenía que la intensidad luminosa y el tiempo de [su] aparición están estrechamente relacionados y que los factores internos no están involucrados [Buck, 1937: 58]".

Un botánico francés, el Sr. Millardet (1869), repitiendo [las] observaciones [de Bert], las encontró exactas y les añadió hechos muy singulares e interesantes. El vió que esos movimientos de ascención y declinación del pecíolo primario no se ejecutan de una manera continuamente progresiva, lo que de hecho muestran [las] gráficas [de Bert], sino que se ven interrumpidos por oscilaciones de segundo y tercer orden.

Estos hechos curiosos se [le] habían escapado totalmente [a Bert,] a causa del intervalo demasiado largo entre [sus] observaciones y de la poca precisión de [su] procedimiento para la medición de los ángulos.

Sin embargo, se puede ver que [sus] gráficas ya indicaban su existencia. [Bert, 1870: 20 y 22].

En esta breve nota, Bert (1870) enmarca muy bien la dependencia que tiene la información que se puede obtener de un experimento, en función del tamaño del grano de la técnica empleada. Aunque esos hechos que se le habían escapado a Bert, fueron atrapados bajo condiciones naturales, no dejan de ser idénticos a los que quedaron en las acciones de Sachs (1857), Pfeffer (1909), Sweeney (1960) y Sánchez y Fuentes Pardo (1977) que fueron revisados en el VI.15.

Pasemos ahora al estudio que realizó Bert (1870) de sus "resultados nuevos debidos a la influencia de la oscuridad o la iluminación continua [p. 22]":

> Si resumimos ahora las enseñanzas indicadas por estos experimentos, diremos que: 1o. la estancia en la oscuridad prolongada altera rápidamente los movimientos del pecíolo primario y que esta alteración persiste cierto tiempo después de que la planta ha vuelto a ver la luz; 2o. esta alteración consiste en una disminución y luego una suspensión de las elevaciones nocturnas de tal suerte que el pecíolo termina por permanecer más o menos inmóvil en una direción muy inclinada, a veces, inferior a la posición más inclinada que alcanzaba al final del día en condiciones regulares de iluminación; cuando la planta ha vuelto a ver la luz, las elevaciones nocturnas, inicialmente retardadas, luego bastante débiles, aumentan cada vez más de tal manera que todo al mismo tiempo, máximos y mínimos de las curvas están de más en más elevados; 3o. insistiendo, la oscuridad mata a la hoja, el pecíolo permanece declinado y sólo se eleva cuando se ha descargado del peso que soporta por la caída de los folíolos. [Bert, 1870: 24-25].

Sobresale: a) la influencia perniciosa de la oscuridad continua sobre la sensitiva, resistencia del objeto que en otras fechas rotuló los quehaceres involucrados con el sueño en las plantas y b) la forma en que Bert (1870) vislumbró la sincronización del ritmo.

"Iluminación continua.- ... En fin, la planta, con todas sus hojas elevadas y sus folíolos extendidos, no sufrió con esta iluminación continua y su sensibiliadad; lejos de disminuir, pareció, por el contrario, notablemente exaltada [Bert, 1870: 20 y 22]".

Cuando ya todo hace suponer que la fluctuación congnoscitiva se amplificaría, que Bert formularía una hipótesis que tratara del origen endógeno del ritmo del sueño en las plantas, esto no sucede, en el resumen de su relación de 1870, hace saber que:

> Los movimientos espontáneos son consecuencia de cambios en la cantidad del agua que contienen los hinchamientos motores. Estas variaciones se relacionan con la formación o la destrucción de una sustancia endosmótica localizada en las células de esos hinchamientos. La luz, especialmente por los rayos amarillo-rojos, determina la producción de esta sustancia o por lo menos de los materiales de los que se desprende su formación; en la oscuridad esta sustancia y esos materiales desaparecen. Todas estas modificaciones químicas se acompañan de una absorción de calor de tal manera que la temperatura de los hinchamientos motores es siempre, notablemente inferior a la del tallo y del aire ambiental. [p. 58].

En estas líneas se constata un cambio en el paradigma que subyace a las formulaciones de Bert. En su relato de 1866, se vislumbra un modelo mecánico, en el que, "los movimientos nocturnos tienen lugar a partir de un aumento de tensión de las prominencias motrices [p. 45]" y de la potencia recíproca de dos resortes en los pecíolos, uno superior y otro inferior, depende la posición de éstos en los diversos instantes o momentos de la noche. En un tiempo más, el modelo que postula Bert (1870), es más físico-químico, con visos termodinámicos. Para su formulación Bert supuso "que la materia endosmótica que se forma bajo la influencia de los rayos luminosos, se forma lentamente y adquiere sus propiedades osmóticas después de una prolongada exposición a la luz [y que ésta] es glucosa proveniente de almidón previamente formado [p. 53]":

> Tomemos la planta a las tres de la mañana; la energía del hinchamiento motor y en consecuencia el enderezamiento del pecíolo están a su máximo. Hay una gran cantidad de glucosa saturada de agua que se formó a partir de almidón pero ya no hay o por lo menos muy poco, almidón. Si seguimos manteniendo la planta en la oscuridad, la glucosa se destruirá y lentamente, el almidón ya no se formará; el poco que queda ya no se transformará en glucosa y la energía del hinchamiento motor disminuirá para ya no volver nunca a aumentar. Llegamos así a la inmovilización por debajo. Si dejamos las cosas seguir su cauce normal, la luz solar interviene, la glucosa se destruirá rápidamente y el

pecíolo se abatirá más rápido que en el primer caso (...); pero bajo la influencia de la luz solar se formará nuevamente almidón y éste, una vez formado engendrará glucosa agotando toda el agua disponible del hinchamiento; estamos al final del día; la glucosa, que se forma rápidamente, atrae el agua al hinchamiento, éste se infla, el pecíolo se levanta, la ascención nocturna empieza y proseguirá mientras la glucosa no esté saturada de agua. Y si ahora, tercera circunstancia, iluminamos en forma continua nuestra planta, se formará continuamente almidón; éste originará continuamente glucosa cuya pérdida se verá compensada y la energía del hinchamiento motor, su enderezamiento, alcanzarán y mantendrán sus valores más elevados, llegamos así, a la inmovilidad por arriba. [op. cit.: 53-54].

Al parecido en el papel de la luz y la endósmosis, de este mecanismo para explicar los movimientos del sueño en las plantas con el de Dutrochet (VI.10), hay que adherirle que, por más que como aquél, está basado en resultados empíricos, es imaginario. Y ya que se alude a su base empírica, "hay que señalar que el ejemplo seleccionado [por Bert] para explicar [su] hipótesis, expone resultados que se relacionan con hechos conocidos [op. cit.: 54]":

> En efecto, se [sabía], por un lado, que en las células vegetales, el almidón se forma bajo la influencia de la luz y desaparece en la oscuridad; por otro lado, que el almidón disuelto se transforma rápidamente en glucosa bajo la influencia de la luz; en fín, que la glucosa se destruye incesantemente, que no se almacena, en las plantas en plena actividad de vegetación. [ib.].

Pero estos acercamientos con los que Bert en 1870 emprendió la conexión de los ritmos diarios con el de otro material de la Fisiología vegetal, el de la fotosítesis[124], como él mismo lo reconoce, estaban "lejos de demostrar que se [trataba] verdaderamente de la glucosa y el almidón; experimentos

---

[124] A este respecto, cabe destacar que en 1779, Jan Ingenhousz, publicó su descubrimiento de la fotosítesis bajo el título de **Experiments on vegetables, discovering their great power or purifying the common air in sunshine, but injuring in the shade or at night.**

especiales [deberían] desarrollarse con el objetivo de buscar la naturaleza de esa substancia endosmótica, si de verdad existía [ib.]".

De todo lo anterior, resulta en consecuencia, que la espontaneidad de los cuerpos vivientes y el enfrentamiento de Bert con Bernard (1865), no podían haber ocurrido. Y ya que Bert (1870) finalmente atribuye el origen de los movimientos lentos de la vergonzosa a los cambios en la iluminación del medio, se puede afirmar que se sustenta la hipótesis de que las declaraciones de Bernad en contra de las ostentaciones de espontaneidad por parte la materia viva fungieron como obstáculo espistemológico al progreso de un esquema endógeno para el origen de los ritmos circadianos.

> [A Bert (1870) le] pareció interesante registrar, con la ayuda del cilindro giratorio de Marey, las diversas fases que presentan la reclinación y la elevación de la hoja. El procedimiento experimental [fue] de lo más sencillo: a un pecíolo primario [le] amarró un estilete liviano, un pelo de jabalí que pudo marcar su huella sobre el papel ahumado que rodeaba al cilindro. Se las arregló de manera tal que el plano del movimiento de la hoja fuera horizontal y que el estilete estuviera tangente a la generatriz superior del cilindro. [p. 41].

Este es un tercer tipo de fluctuación cognoscitiva que llegó a las sendas de la evolución de la Circadiología. El primero fue el de las narraciones en las que estaba implicado algún ritmo biológico. El segundo, el de las primeras veces en que se pusieron algunos de ellos bajo oscilación libre. Esta tercer forma de fluctuación cognoscitiva, es esta ocurrencia, por que "le pareció interesante", que tuvo un pionero de colocar en registro automatizado los movimientos de las hojas. A pesar de la trascendencia que pudo haber tenido para el crecimiento de este sendero del conocimiento que involucra a los ritmos circadianos, la fluctuación no prosperó. En aquellos años el hecho nuevo no produjo la más mínima modificación en el sistema cognitivo. Es notoria su calidad azarosa.

VI.19) Wilhelm Friederich Philipp Pfeffer: primera parte de su obra sobre los ritmos circadianos (1873 y 1875).

Para facilitar su estudio, los trabajos de este gran investigador han sido divididos en dos épocas. En esta parte se tratarán los correspondientes a la primera (1873 y 1875) y los restantes, en su momento. "Pfeffer es otro de los fisiólogos que son mencionados junto con su maestro Sachs [VI.15], en relación al descubrimiento de la fotosíntesis [Castillo, del, 1986: 18]".

> El estudio de la periodicidad diaria del movimiento de las hojas presentaba una multitud de problemas y para tratar con ellos Pfeffer emprendió muchos experimentos e introdujo muchas innovaciones técnicas (...). El le dedicó una considerable cantidad de atención a este tema y muchas veces tuvo que cambiar sus conclusiones. Inició sus investigaciones con el estudio de la abertura y cierre de los pétalos. Los resultados fueron publicados en su **Physiologische Untersuchungen** de 1873, este libro estaba "dedicado en gratitud a [sus] altamente estimados profesores Herrn Professor Dr. N. Pringsheim, Herrn Hofrat y Dr. J. Sachs". Este fue seguido por la publicación en 1875 de un libro sobre el **Periodische Bewegungen der Blattorgane** (Movimientos Periódicos de los Organos de las Hojas), "dedicado a Herrn Helmholtz con gran admiración". La secuencia con la cual los científicos son nombrados refleja el propio desarrollo de Pfeffer[125].
>
> El estudio del movimiento diario de las hojas y los pétalos fue el punto de partida de Pfeffer hacia otros campos de investigación: sus investigaciones sobre la ósmosis, sus estudios del efecto de la luz y la temperatura y sus estudios de la turgencia y el crecimiento en conexión con el movimiento de las plantas. [Bünning, 1989: 77-79].
>
> Originalmente, [Pfeffer] cuestionó los resultados obtenidos en los primeros trabajos [acerca del sueño en las plantas]. En 1873, sugirió que dichos datos resultaban de la penetración de la luz en los cuartos oscuros empleados en los primeros estudios. [Bünning, 1960: 1].

---

[125] "Pringsheim lo guió a la investigación sobre la evolución, Sachs lo dirigió hacia la fisiología de las plantas y Helmholtz le mostró el camino de la Fisiología general [Bünning, 1989: 78]".

Como de Candolle [VI.11], Pfeffer observó que las plantas desarrollan movimientos durante el sueño, elevando sus hojas durante el día y abatiéndose éstas por la noche. Eligió trabajar con retoños de leguminosas, un material rápidamente disponible y de fácil manipulación. Al igual que de Candolle, Pfeffer encontró que el ritmo de sueño persistía cuando la luz y la temperatura se mantenían constantes. [Ward, 1977: 61].

[Sus propios estudios condujeron a Pfeffer (1873)] a los resultados de que los movimientos diarios son consecuencia de reacciones paratónicas (movimiento asociado con la recepción de alguna señal externa), los que en ciertas plantas se desencadenan principalmente por cambios de luz y en otras, por cambios de temperatura. [Para él,] las desviaciones[126] de estas reacciones tienen como consecuencia, en muchas plantas, postoscilaciones notables, que continúan un cierto tiempo, en oscuridad o en luz constante. Con esto, el ritmo diario se suprimirá un tanto, de modo que, en general, aparece una sinergia de las postoscilaciones y de las nuevas reacciones paratónicas que se repiten diariamente. Tenía en mente con estos estudios el origen de la periodicidad diaria de los movimientos y especialmente quería seguir la necesidad de los cambios de luz, mientras la temperatura y las otras condiciones externas fueran mantenidas en cantidades suficientes y constantes. [Pfeffer, 1909: 260-261].

Más tarde, Pfeffer alteró su propio punto de vista, como una consecuencia de sus extensas investigaciones [y posiblemente, también como respuesta a la crítica de Darwin -1880]. Publicó muchas contribuciones al conocimiento de los ritmos diarios endógenos y su regulación por la luz, la temperatura y otros factores [Bünning, 1960: 1]".

Es interesante hacer notar que a pesar de que habían transcurrido casi ciento cincuenta años desde que de Mairan Dortous (1729) puso en oscuridad constante el mismo ritmo biológico y por lo menos unos siete investigadores habían repetido esta acción con buenos resultados, Pfeffer empezó por

---

[126] Por lo que se puede leer en el resto del texto, con este término, Pfeffer designó a los conocidos actualmente como cambios de fase.

cuestionar este procedimiento y sugirió que se derivaban de la "penetración de la luz en los cuartos oscuros empleados [Bünning, 1960: 1]". Como en el VI.4 ya se aventuró una posible explicación a este hecho epistémico que se repitió mucho en aquellos primeros años del experimento en oscilación libre, se pasará a un segundo hecho.

A pesar de que con las conclusiones de Dutrochet (VI.10), Sachs (VI.15) y Hofmeister (VI.17), ya se había logrado superar la noción de un origen exógeno de los ritmos circadianos, Pfeffer (1873) propone que "los movimientos diarios son consecuencia de reacciones paratónicas [Pfeffer, 1909: 260]". La fluctuación cognoscitiva todavía no se establecía, el sistema cognitivo mantenía la resistencia. "Después de 1875, Pfeffer no emprendió más investigaciones sobre la periodicidad diaria. Fue hasta treinta años depués, cuando entre 1907 y 1915, publicó algunas 500 páginas sobre sus nuevos experimentos y hallazgos al repecto [Bünning, 1989: 78]", que son con los que tiene que ver la segunda parte (VI.24).

VI.20) Svante August Arrhenius (1887, 1889, 1898 y 1915)

Importancia particular para el enfoque mecanicista de la Ciencia de la vida y en particular para la historia de la Circadiología, "tuvieron los adelantos realizados en la teoría de la cinética química y la disociación electrolítica (...) durante las décadas de 1880 y 1890 [Allen, 1983: 174]". En Würzburg, durante aquellas décadas, junto con Sachs (VI.15) "se hallaba el gran químico sueco Svante Arrhenius, quien demostró en 1887 que los compuestos colocados en solución se disocian en átomos cargados positiva o negativamente (...) en grado que depende de la naturaleza del compuesto y del solvente [op. cit.: 175]".

> Está claro que el aumento en la velocidad de reacción con el incremento de la temperatura depende de algo más que del aumento de la energía cinética del sistema. Arrhenius ofreció, en 1889, una explicación plausible para el aumento al doble o mayor de la velocidad de la reacción termoquímica con un incremento de la temperatura de 10°C. Señaló que, a una temperatura

dada, no todas las moléculas tienen la misma cantidad de energía cinética [Giese, 1983: 245 y 267][127] ... Arrhenius (1915) sugirió que las moléculas ricas en energía tienden más a reaccionar por colisión, y que la intensidad de la reacción dependerá de la concentración de estas moléculas activadas. En suma, para experimentar reacción termoquímica una molécula debe adquirir una cantidad crítica de energía, que se denomina energía de activación.

Arrhenius encontró la manera de determinar experimentalmente la energía de activación. Midió la intensidad de reacción termoquímica a diferentes temperaturas, y proyectó de manera gráfica el logaritmo natural -ln- de dicho valor -k- a cada temperatura absoluta -T- [Giese, 1983: 245 y 267].

La siguiente es la ecuación formulada inicialmente por Arrhenius sobre cimientos empíricos:

$$\frac{d}{dT} \ln k = \frac{\mu}{RT}$$

Esta ecuación establece la relación entre la tasa del cambio en la velocidad de la reacción y la temperatura. k es la constante de la velocidad de la reacción, T la temperatura absoluta, R la constante de los gases (1.986 cal/grado/mol) y μ una constante denominada temperatura característica.

Esta relación aparece como una línea recta cuando el logaritmo natural de la velocidad se dibuja en las ordenadas contra el recíproco de la temperatura absoluta en las abscisas. La pendiente de la recta está dada por el valor μ/R. La tasa de la reacción aumenta con el incremento de la temperatura pero la proporción de dicho aumento puede no ser lineal: ya que puede acelerarse conforme se eleva la temperatura.

Puede verse adecuado para la presente discusión, ciertamente sencillo y más conveniente, expresar la relación entre temperatura y tasa metabólica en términos de un coeficiente de temperatura, el valor Q, derivado de la siguiente ecuación:

$$Q_{10} = \left[\frac{K_1}{K_2} \right]^{10/(t_1 - t_2)}$$

---

127 "Después de colisiones al azar, algunas moléculas acumulan más energía que otras. Algunas se vuelven ricas en energía, otras se conservan pobres en ella, y casi todas las demás acumulan una energía intermedia [Giese, 1983: 245]".

donde K_1 y K_2 son las velocidades constantes correspondientes a las temperaturas t_1 y t_2. El valor Q_{10} para una reacción particular es el factor por el cual la tasa de reacción se incrementa cuando la temperatura se eleva 10°C; en las reacciones biológicas usualmente tiene un valor entre dos y tres. Se podría esperar que permaneciera constante para una reacción particular dentro de la gama total de temperatura en la cual el organismo en cuestión es viable, si la relación de Arrhenius opera uniformemente sobre dicha gama. Sin embargo, comúnmente no permanece constante, por lo que, cuando se anuncia un valor Q es necesario también declarar la gama de temperaturas dentro de la cual fue determinado[128]. [Barrington, 1968: 188 y 189].

En el I.6 ya se hizo notar que el periodo de un ritmo circadiano en oscilación libre depende muy poco de la temperatura:

[Hace más de treinta años,] como los valores del Q_{10} de algunos ritmos establecidos hasta esa fecha (Pittendrigh & Bruce, 1957 y Sweeney & Hastings 1960), fluctuaban entre 0.9 y 1.2, [Pittendrigh consideró] conveniente enfatizar esta casi-independencia de la temperatura. Este hecho sugirió que la casi independencia reflejaba una compensación lograda por un sistema de varios componentes; dicha compensación de temperatura fue tomada por la mayor parte de los trabajadores como el reflejo del significado funcional del sistema: un 'reloj' (Pittendrigh & Bruce, 1957); pero consúltense los artículos de Brown -1959 y 1960. [Pittendrigh, 1960: 160]".

Más adelante, sin embargo, habrá que regresar a este tema.

---

[128] La ecuación anterior, Giese (1983) la expresa de otra forma y la llama "de van't Hoff: $\log Q_{10}=(10/t_2-t_1)\log(k_2/k_1)$, donde k_2 es el ritmo a la temperatura mayor, t_2 y k_1 es el ritmo a la temperatura menor t_1 [p. 246]". Aunque, Ander y Sonnesa (1965), en el índice de su libro, registran como ecuación de van't Hoff, otra que describe "un definido enlace entre las propiedades de las soluciones y de los gases ... van't Hoff, en 1885, obtuvo la ecuación $\pi V = n_2RT$, donde π es la presión osmótica en la temperatura T de una solución que contienen n_2 moles de soluto en V litros de solución, R es una constante. Pero, sustituyendo los valores experimentales para π, V y T se encontró que el valor de R era muy cercano al de la constante de los gases [Ander & Sonnesa, 1965: 425]".

> Uno de los problemas que le habían preocupado tiempo antes a Arrhenius, era la cuestión de cómo las influencias cósmicas podían afectar el comportamiento fisiológico de los vegetales, los animales y el ser humano ... Algunos de los cuadros que estudió proporcionaban datos sobre la ocurrencia periódica de [ciertas variaciones fisiológicas o patológicas]. Comparó gráficos que mostraban frecuencias altas y bajas de estos cambios con otros que reflejaban mutaciones en las cargas eléctricas de la atmósfera. Finalmente pensó que había una relación definitiva entre los dos. Una correlación de este tipo, sugería que uno de los fenómenos podría ser la causa del otro ... Aún más: elaboró una explicación bioquímica para ello. "La influencia fisiológica de la electricidad atmosférica -escribió en 1898-, que ha sido conocida durante mucho tiempo en lo concerniente a las plantas, puede tener gran influencia sobre toda la naturaleza viva. Una alta tensión eléctrica en el aire puede provocar reacciones químicas con efectos sobre cualquier organismo". De este modo, Arrhenius se acercó a otros problemas de enorme interés para él en aquel momento. [Ward, 1977: 71-72].

En consistencia con su encuadre, Ward (1977) opina que con esto Arrhenius "había ofrecido sus propias sugerencias y dejaba para otros científicos, de temperamento más metódico, la tarea de completar los detalles [p. 72]". Pero más bien la labor no era acabar los detalles; tampoco se requería de un temperamento más metódico, bastaba con el que se necesita para revisar cuadros de datos. Es interesante hacer notar que a partir de esta acción, Bertholon (VI.7.2.) en 1786, había arribado a opiniones semejantes a las de Arrhenius (1898). En ambas resalta la inferencia a partir de la experiencia plasmada en los cuadros pero no se muestra una elaboración teórica completa, quedaron lagunas. Con todo y que Ward (1977) afirma que Arrhenius "elaboró una explicación bioquímica [p. 72]", en ninguno de los textos de los dos investigadores que se han transcrito aquí se da cuenta de las características concretas del efecto y menos aún, se propone algún mecanismo para la acción de las variaciones de la electricidad atmosférica sobre los seres vivos. Es posible que en las dos sugerencias se haya formulado una seudonecesidad que tendría su origen en una correlación mal interpretada. Por lo que, el trabajo que dejaron pendiente fue demostrar la inexistencia de tal seudonecesidad. A esta tarea, nada fácil,

aunque no explícitamente y en contra, se dieron Stoppel y sus colaboradores (VI.30). Lo único que hace diferentes las propuestas de Bertholon y Arrhenius, es que, en la de este último subyace una teoría, en aquel tiempo ya bien establecida de la disociación electrolítica, teoría en la que para su formulación, el mismo Arrhenius participó ampliamente.

Por otra parte, es inevitable preguntarse ¿cómo fue posible que habiendo interactuado con la escuela de Sachs (VI.15), que reconocía "una periodicidad endógena del movimiento de las hojas [Bünning, 1960: 2]", Arrhenius formulara una proposición que años después dio pauta para la formulación de una hipótesis que sostenía lo contrario (VI.30)?

VI.21) H. Vöchting (1891)

"La pregunta acerca de la dependencia que tienen las hojas de su capacidad de asimilación fue tratada por H. Vöchting en 1891 [Jost, 1895: 405]". Los experimentos que realizó este investigador, tratando de dar respuesta a esta cuestión, le mostraron que:

> La vida de las hojas desarrolladas está unida a su capacidad de asimilación. Si ésta es frenada suprimiendo el bióxido de carbono, aparecen perturbaciones que tarde o temprano, terminan con la muerte. Las hojas cambian sus movimientos normales, especialmente se doblan o retuercen, cambian de color, pierden la sensibilidad de los órganos excitables y finalmente caen. Pero no sólo las adultas, sino también las hojas en desarrollo dependen de su capacidad de asimilación. [Vöchting, 1891: 12].

VI.22) Ludwig Jost (1895 y 1898)

Teniendo como meta aclarar esa rápida destrucción de las hojas en ambiente sin bióxido de carbono que había sido obtenida por Vöchting tres años antes, Ludwig Jost (1895) conjeturó que:

> La luz podía actuar como algo nocivo y esa acción podía realizarse mediante la asimilación: la luz provocaría la formación de sustancias en la hoja que

serían llevadas a su destrucción cuando la hoja no fuera aniquilada por la asimilación de carbono.

Para probar esta presunción organizó de otra forma los experimentos de oscuridad: sólo puso el ápice de la planta en oscuridad, la base la mantuvo en las condiciones más favorables. [Jost, 1895: 407].

Dentro de los varios resultados que obtuvo este autor, destacan, en concordancia con el tema que se está tratando, los siguientes puntos:

3. Una determinada hoja etiolada[129] se hace excitable al tacto en oscuridad -cuando la planta es sensible en condiciones normales- y hace movimientos periódicos regulares cuyos motivos no son claros y no coinciden con el periodo normal de una hoja situada en la luz.

4. La hoja crecida en oscuridad puede alcanzar su tamaño y su funcionamiento normales sin asimilar.

8. Estas frases tienen validez para las leguminosas *Phaseolus multiflorus*, *Acacia leophanta* y *Mimosa pudica*. Serán válidas aún para otras muchas plantas, aunque no para todas, como lo muestra la experiencia con *Oxalis*. Los hechos hasta ahora comprobados indican que frente a la oscuridad y a la carencia de bióxido de carbono, existe toda la gama, desde plantas sensibles (*Mimosa*) hasta insensibles -cf. Jost, 1894- [Jost, 1895: 478].

Hay que remarcar que Jost (1895) realizó sus experimentos con miras a dar respuesta a cuestiones de un dominio de la Fisiología vegetal, un tanto distinto al del sueño en las plantas, el del metabolismo en las hojas. Asuntos, que como ya se hizo saber en el VI.18, habían sido puestos en contacto unos cinco lustros antes por Bert (1870).

Como pasó con Sachs en 1857 (VI.15), en el párrafo 3, Jost (1895) apunta un hecho que bien puede ser un apoyo al actual esquema teórico que apuntala el origen endógeno de los ritmos circadianos, en la versión que defiende la existencia de un sistema de osciladores múltiples.

---

129 "Blanqueada ... obtenida cuando las plantas crecen en ausencia de luz [Steen, 1971: 172]".

En los otros dos párrafos asentados (4 y 8 del original), Jost (1895) expresa otros resultados obtenidos con sus experimentos. Estos resultados sirvieron a su vez de sustrato para otras maniobras experimentales con hojas primarias etioladas. Tales maniobras desembocaron en las primeras propuestas de un origen endógeno de la periodicidad del sueño en las plantas. Esta transferencia de operaciones del dominio de otra disciplina de la Biología a la Circadiología, constituye un hecho epistémico que se va a repetir y que otra vez, se puede encajar en la trama del modelo epigenético, en el que, el producto de una estructura del medio interno o del medio externo, asume en un momento dado, el papel de un factor de canalización (Piaget, 1978).

VI.23) El descubrimiento de los trabajos de Johann Gregor Mendel sobre la herencia (1900)

> El trabajo original de Mendel, titulado '**Versuche über Pflanzenhybriden**' fue publicado por primera vez en las **Proceedings of the Brünn Natural History Society**, en 1866 ... No obstante la importancia que más tarde se atribuyó a los descubrimientos [citados en dicho trabajo,] esta obra quedó prácticamente en el olvido durante 35 años ... Dado este olvido inicial, resulta tanto más curioso el que su redescubrimiento no haya sido consecuencia de uno, sino de tres acontecimientos más o menos simultáneos. H. de Vries [VI.19], Carl Correns (1864-1933) y Erich von Tschemark (1871-1962) se hallaban entregados a estudios sobre hibridación de plantas cuando, en 1900, tropezaron con el trabajo original de Mendel ... Se supone a veces que, después de este año, los biólogos aceptaron inmediatamente el esquema mendeliano y lo utilizaron para esclarecer toda una variedad de problemas acerca de la herencia y de la evolución que los había tenido perplejos previamente. Sin embargo, hubo un periodo (entre 1900 y 1910) durante el cual muchos biólogos manifestaron su hostilidad o su escepticismo acerca de las nuevas 'leyes' de la herencia ... [Después] reconocieron su importancia al interpretar sus propios datos y al deducir leyes generales acerca de ésta. [Allen, 1983: 118, 120, 121 y 124].

En este párrafo se describe muy bien el caso típico de un paradigma en la Biología (Kuhn, 1971a y 1982b). Evidentemente la

comunidad que estudiaba en ese tiempo el sueño en las plantas fue una de las que recibieron de esta realización científica modelos de problemas y soluciones. Durante las primeras tres décadas de este siglo, principalmente se prestó atención por una parte, a dilucidar el carácter heredable, endógeno y selectivo de la periodicidad diaria del sueño en las plantas; por otra, actuando como un contrario, "a encontrar un 'factor X', el cual, presumiblemente era la causa de dicha periodicidad en los procesos fisiológicos bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura [Bünning, 1960: 2]". Veamos como fue la lucha de estos contrarios.

VI.24) Segunda parte de los trabajos de Wilhelm Friedrich Philipp Pfeffer (1904, 1905, 1908, 1909, 1911 y 1915).

> Pfeffer (1909) en su **Pflanzen Physiologie** escribió que "Las constelaciones o los movimientos moleculares en el protoplasma de los que, finalmente, dependen todas las reacciones fisiológicas, son modificados e influenciados igualmente por otros movimientos moleculares como los provocados por los rayos de luz y calor y no por deformaciones mecánicas y sus consecuentes movimientos de masa" [Kleinhoonte, 1932: 714].

La conexión entre el contenido de este párrafo y la "creencia de que todos los aspectos de los fenómenos vivos podían reducirse, mediante el análisis de laboratorio, a las leyes fundamentales de la física y la química [Allen, 1983: 168]", es evidente. Es posible que esta visión mecanicista y reduccionista, la haya heredado Pfeffer (1904) directamente de la escuela de Berlín, de su maestro Sachs (VI.15).

Pfeffer (1904 y 1905) sostuvo que existe una diferencia entre los movimientos autónomos diarios y las postoscilaciones periódicas. "Como movimientos diarios autónomos él entendía sólo aquellos que se presentan bajo condiciones exteriores constantes totalmente; como postoscilaciones de los movimientos con periodicidad diaria consideraba a aquellas que se repiten con un ritmo de 24 horas, como consecuencia de un estímulo periódico precedente y luego condiciones constantes [Kleinhoote, 1932:

682-683]". Sólo bajo la suposición de que Pfeffer pretendió llevar hasta sus últimas consecuencias el tipo de análisis de los atomistas berlineses (VI.13) se puede comprender que se le haya ocurrido separar como cosas diferentes dos aspectos de un mismo proceso.

> En el resumen de su Fisiología, Pfeffer (1904) supuso más de lo conocido a través de sus estudios que los movimientos típicos de sueño son sólo una reacción especial de los movimientos de desviaciones násticas[130] (fotonásticos, termonásticos, etc.). Así, los movimientos de sueño de la hoja y de las flores, lo mismo provocados por crecimiento que por variación, son reacciones 'fotonásticas' o 'termonásticas' que se presentan a través de los cambios diarios de iluminación, de temperatura o de la sinergia de ambos factores. [Pfeffer, 1909: 262-263 y 465].
>
> [En contacto con la sincronización,] en 1907 (p. 331), Pfeffer escribió "por consiguiente, no debe existir una necesaria isocronía entre la postoscilación y el impulso exterior a través del cual se impone un compás de tiempo a los movimientos, así como un péndulo, el que forzosamente con cualquier ritmo se mueve hacia allá y hacia acá; su postoscilación se efectúa siempre con un ritmo determinado por las caraterísticas físicas del péndulo (su longitud)". Antes, en la pág. 323 escribió "por un lado, a partir de aquello queda indicado que un movimiento en marcha será acelerado mediante una reacción a un estímulo" y finalmente, p. 325, "a partir de esas experiencias, las postoscilaciones deben tener, con sus consecuencias paratónicas, una cierta influencia, aunque en retroceso, sobre el curso y la amplitud de los movimientos diarios".

Cabe insistir en que no todos los paradigmas introducidos por los médicos materialistas alemanes fueron obstáculos

---

130 "Varios estímulos externos son responsables de diversos movimientos vegetales. Los botánicos dividen estos movimientos en dos tipos: movimientos násticos (nastias) y tropismos. Un movimiento nástico no tiene relación con la dirección de la cual proviene un estímulo, y la dirección en la cual el órgano se mueve está determinada tanto por la estructura del órgano como por su relación con la planta como un todo. Un tropismo es una inclinación determinada por la dirección de la cual proviene el estímulo, pero la inclinación puede ser hacia el estímulo o fuera del alcance de éste [Ward, 1977: 84]".

epistemológicos; la gran mayoría funcionaron como factores de crecimiento. Casi 60 años después de que el registro quimográfico había sido incorporado a la Fisiología por Ludwig (VI.13.3) y 40 de que a Bert (VI.18) le había parecido "interesante registrar, con la ayuda del cilindro giratorio de Marey, las diversas fases que presentan la reclinación y la elevación de la hoja [Bert, 1870: 41]", Pfeffer en su informe de 1909, confiesa que "desde hacía tiempo había sido su propósito llegar a utilizar mejores recursos técnicos ... un aparato automático de registro [que le permitiera] hacer lecturas durante muchos meses, en cortos intervalos, de día y de noche [para,] a través del registro gráfico del movimiento, alcanzar en gran medida, la continuidad de la observación [p. 261-262]". En la fig. 3 se ha reproducido la fig. 1 de su comunicación de 1909. En ella, aparecen los aparatos empleados por él. Esta vez, el uso del quimógrafo para registrar un ritmo circadiano ya no fue por ocurrencia, ya no fue por azar y como era de esperarse, la fluctuación cognoscitiva pronto se amplificó. De esta forma fue como Pfeffer (1909) le dió unc de los últimos toques a las operaciones básicas de la Circadiología: realizó el registro automatizado de los movimientos de sueño en las plantas bajo sincronización por señales externas y oscilación libre. Un buen ejemplo de la necesidad anticipándose al aparato. "Tenía en mente con esos estudios el origen de la periodicidad diaria de tales movimientos y especialmente quería observar las consecuencias de los cambios de luz sobre ellos, mientras la temperatura y las otras condiciones externas fueran mantenidas en cantidades suficientes y constantes (ib.)". Es de notarse la gran semejanza que hay entre estos últimos renglones y lo escrito por Ludwig (1852) a propósito del modus operandi de la Fisiología (VI.13.3).

Pfeffer (1909) descubrió que "los movimientos del sueño disminuyen en plantas mantenidas bajo iluminación y temperatura constantes y además, para nada aparecen en otras plantas criadas bajo condiciones semejantes a éstas. [A él le pareció que] en uno y otro caso se producen a través de un cambio natural o artificial de luz y temperatura con periodicidad diaria [p.

465]". Quizás Pfeffer (1909) no consideró la posibilidad de aplicar un único pulso de luz o temperatura que restableciera la oscilación circádica, como lo hizo 20 años después Kleinhoonte (VI.30). Ya estaba por finalizar la etapa intra- de la Circadiología y todavía se dejaban sentir ciertas seudonecesidades con sus correspondientes seudoimposibilidades. Quizás, dentro del esquema de Pfeffer (1909), no tenía sentido dar un solo estímulo de corta duración.

En las reproducciones de los registros (Fig. 4) hechos por Pfeffer (1909), es evidente el amortiguamiento en la amplitud de las oscilaciones diarias de los movimientos del sueño en las plantas así como la presencia de otras oscilaciones de menor amplitud y mayor frecuencia (aprox. 6/24 horas) que son enmascaradas durante la fase de actividad de las oscilaciones circadianas; al desaparecer los movimientos de sueño las oscilaciones ultradianas se vuelven a manifestar con toda claridad. La opinión de Pfeffer (1909) acerca de "que los movimientos típicos de sueño son sólo una reacción especial de los movimientos de inclinaciones násticas [p. 262-263]" y la asignación de movimientos autónomos que el mismo autor dio a las otras oscilaciones, no ha vuelto a ser apoyada. En nuestro tiempo, dentro de la comunidad que plantea un origen endógeno de los ritmos circadianos con participación de múltiples osciladores, estas dos clases de ritmos definidas por Pfeffer (1909) son examinadas como dos manifestaciones de un mismo proceso. Pittendrigh (1960) relata que los ritmos circadianos "son usualmente (si no es que siempre) oscilaciones que se autosustentan (Pittendrigh & Bruce, 1957; Bünning, 1958 y Wasserman, 1959) [y subraya que] en algunas plantas, en las que los ritmos se amortiguan, todavía no está totalmente claro si esto implica un abatimiento real del ritmo individual de las células o meramente su desincronización, la cual impone una aperiodicidad manifiesta en todo el organismo [p. 160]". Con todo y los trabajos de Sweeney (1960) sobre el ritmo de producción de oxígeno en células individuales de *Gonyaulax* spp. esta pregunta aún persiste. En 1977, Sánchez y Fuentes Pardo sostienen que "la

amplitud del ERG presentó oscilaciones de alta frecuencia, [mismas que ellos notaron] que se relacionan con el tiempo circádiano [y que, según proponen], resultan de la presencia de osciladores múltiples, los cuales, cuando están sincronizados, dan lugar a la variación rítmica circadiana [p. 601]". A través de estos ejemplos se puede mirar que oscilaciones semejantes a las que Pfeffer consideró en 1909, como autónomas y distintas de los movimientos de sueño, pueden ser vistas de una forma diferente desde un modelo distinto al que les dio origen como entidades observables.

Como una posible explicación a la existencia de este observable epistemológico que consiste en que resultados experimentales semejantes engendren hechos tan dispares ya fue colocada en el apartado dedicado a Dutrochet (VI.10), en este sitio únicamente se hace notar el hecho una vez más. Así, los resultados experimentales logrados por Pfeffer en 1909 que, bajo la solidaridad de su propio sistema de conceptos, tuvieron una significación para él, pueden llegar a tener otra intensión para los miembros de una comunidad que, en nuestros días, los observe con un sistema de esquemas diferente. En ambos casos dimanan hechos científicos.

Como ya se había anticipado, una vez que se garantizó la posibilidad de repetir el experimento de oscilación libre y la ausencia de errores en la realización de esta operación de base y que surgieron los inductores externos, se emprendió la búsqueda de sus diversas propiedades internas o de sus consecuencias inmediatas, lo que condujo al descubrimiento de la mayoría de las propiedades de los ritmos circadianos. Pfeffer (1909) encontró otros hechos en los que se puede uno fijar como antecedentes del descubrimiento de dos caracteres de ellos, los que en estas fechas se conocen como su amortiguamiento y la capacidad que tienen de ser sincronizados:

> Mediante otros grados de iluminación o de temperatura se presentará un cambio o desviación duradera del lugar o una oscilación transitoria en lo esencial o en la cosa principal. De esta manera reacciona la mayoría de las hojas cuando mediante el oscurecimiento se desencadena un movimiento fotonástico,

mientras que 'unas hojas especiales' las del perigonio de *Tulipa* o de *Crocus* experimentan una desviación momentanea del lugar. Entonces hay dos tipos conocidos unidos mediante todas las transiciones posibles.

Bajo luz y temperatura constante se acaban gradualmente los movimientos de sueño, la amplitud disminuye. Estas postoscilaciones se mantienen en la mayoría de las hojas investigadas durante 3-5 días y en algunos casos al segundo día desaparecen. Estas postoscilaciones pertenecen a las 'oscilaciones compensadas' las cuales, por otras reacciones avanzan o retroceden hacia un nuevo lugar de igual peso.

Las postoscilaciones en cuestión son, al menos en los objetos investigados, innecesarias y sin un significado relevante porque la máxima amplitud del movimiento se desencadena, en la mayoría, a través de un estímulo fotonástico o termonástico. Mediante un estímulo débil habrá un aumento gradual del tamaño de los movimientos a través del efecto conjunto de las postoscilaciones y de los estímulos fotonásticos repetidos diariamente. [Pfeffer, 1909: 465-466].

Hubo también otro gran conjunto de hallazgos realizados por este gran investigador, los relativos a las nastias: las interrelaciones entre las reacciones foto y termonásticas, algunos vínculos entre estas últimas, los movimientos de sueño y los llamados por él 'movimientos autónomos en las plantas':

Considerando que las capacidades fisiológicas y también los movimientos autónomos de las plantas durmientes puedan modificarse a través de estímulos foto o termonásticos, se puede tener como consecuencia que los movimientos autónomos del pecíolo de *Mimosa speggazzinii* estén parcialmente superados por las hojas durmientes de *Phaseolus* y por tanto, aumentan en alto grado su capacidad de sueño cuando es realizada mediante la permanencia en oscuridad. [Pfeffer, 1909: 472].

Dada la carencia en aquellos momentos, de una estructura que contuviera el concepto de oscilación endógena, no es raro que Pfeffer no se haya preguntado acerca de los cambios en la intensidad de las respuestas násticas en función de la fase del ritmo de los movimientos del sueño en las plantas bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura.

Una modalidad de estimulación que introdujo Pfeffer (1909) al estudio de los ritmos circadianos fue la de aplicar cambios de tipo escalón. Dicha acción consiste en realizar un incremento o un decremento súbito de la iluminación o de la temperatura bajo

las que se encuentra un ritmo en oscilación libre. Posteriormente esta acción, ha sido muy utilizada en la composición de las denominadas 'curvas de respuesta de fase', que como ya fue postulado en la introducción a la presente tesis, esta configuración surgió durante el estadio inter- de la circadiología.

> [Según Pfeffer,] ese cambio a otra iluminación o temperatura actúa como estímulo, entonces para desencadenar una reacción fotonástica no se necesita suprimir del todo la luz. Sin embargo, una reacción considerable aparece a través del oscurecimiento total, porque el estímulo aumenta con el tamaño de la caída de luz. También hay que prestar atención a que el mismo descenso de luz en una planta fuertemente iluminada actúa en pequeño grado como estímulo, igual que en una planta débilmente iluminada. Además [sus] investigaciones dan muchos ejemplos de que el oscurecimiento no muestra un efecto fisiológico contrario a la iluminación.
>
> Las condiciones descritas aportan consigo que el volver a la iluminación anterior presenta una marcada reacción cuando la planta ha permanecido cierto tiempo en otra iluminación (más débil o más fuerte) y que luego de una larga permanencia se desencadena la máxima reacción (por el cambio) a la iluminación anterior. [Pfeffer, 1909: 469].

En la última página de su informe de 1909, Pfeffer dice:

> Allí donde los movimientos autónomos se eliminan correlativamente, se infiere -del tipo de disminución-, que los movimientos del sueño no se realizan a través de la regulación temporal de ellos. Esto se desprende de los casos con ritmos más cortos, en los cuales perduran movimientos autónomos junto a los de sueño y en los que se encuentra capacidad de sueño en plantas cuyos movimientos autónomos no existen. [Pfeffer, 1909: 472].

En 1915, Pfeffer insiste en que "para la realización de los movimientos de sueño no es necesaria una capacidad autónoma diaria [p. 150]". En esta consideración, él no toma "a las flores de *Tulipa gesneriana*, así como, a las hojas de *Albizzia lophanta* y *Flemingia congesta* las cuales no presentan movimiento de sueño, lo mismo que tampoco a las hojas de *Phaseolus vulgaris* y las flores de *Calendula arvensis* que poseen una capacidad de movimientos autónomos diarios [ib.]". Se puede constatar que al parecer de Pfeffer, unos son los movimientos de sueño y otros los de la autonomía diaria:

> Está presente una capacidad autónoma diaria que no se activa bajo cualquier condición. Así, no se realiza lo mismo bajo iluminación continua en las hojas de *Phaseolus* y flores de *Calendula*, las que en estas condiciones realizan movimientos de periodos cortos, así como lo hacen otros objetos que han perdido la capacidad autónoma diaria. En las hojas de *Phaseolus* es suficiente oscurecer los peciolos para despertar la actividad autónoma diaria ... Tal capacidad autónoma del movimiento diario de las hojas de *Phaseolus* se termina en oscuridad cuando se han desarrollado bajo determinadas condiciones de supresión de luz, así como también en las flores de *Calendula* desarrolladas en oscuridad. Por lo tanto, la duración de la iluminación produce un cambio de estado que tiene como consecuencia la interrupción de la capacidad de movimientos autónomos diarios, misma que será activada en oscuridad, a menos que mediante la supresión de la luz, dicha capacidad de movimientos se haya refrenado ... En las hojas de *Albizzia* y *Flemingia* los movimientos de sueño se caracterizan como reacciones fotonásticas que a través de un cambio de iluminación periódico diario irán incrementando su amplitud hasta un valor máximo. Mientras que los movimientos de sueño con una amplitud máxima y con cambios de luz muy débiles se presentan cuando en su realización se maneja una capacidad autónoma diaria para la regulación temporal. [Pfeffer, 1915: 150-151].

En el párrafo que continúa, por un lado, se constatan muy bien las interacciones que, al parecer de Pfeffer, se podían postular para las tres formas de movimiento que, en concordancia con su interpretación, él había reconocido en las hojas de *Phaseolus* y las flores de *Calendula* y por otro, en congruencia con el encuadre de la presente tesis, se puede uno fijar en cómo, con el análisis de la operación de base, se gesta, cada vez más, la necesidad de formular la hipótesis del origen endógeno para la ritmicidad diaria de estos movimientos y de ver su capacidad de sincronización como una de sus propiedades primarias. Ya estaba surgiendo el paso del nivel intra- al inter- de la Circadiología. Así mismo, si se retoman los hechos acopiados por Pfeffer y se comparan con la reinterpretación que se acaba de hacer, vuelve a estar presente el ya común fenómeno de los distintos hechos para unos mismos resultados experimentales. Como un detalle que tiene incumbencia con esto, hay que puntualizar que la nomenclatura

empleada por Pfeffer para referirse a las proporciones de fotoperiodo:oscuridad aún está vigente.

> Las hojas de *Phaseolus* y las flores de *Calendula* reaccionan a tal grado fotonásticamente que, bajo el cambio diario habitual de luz, se alcanza la amplitud total de los movimientos de sueño aún sin ayuda de la actividad autónoma diaria. Esta alta actividad fotonástica resulta en que, mediante un cambio de luz de 18:18 (por supresión de los intentos periódicos diarios), se alcanza un movimiento sincrónico como en aquellos objetos que pierden la capacidad de movimientos autónomos y cuyas fases de los movimientos de sueño se trasladan, p. ej., 12 horas a través de estímulos fotonáticos débiles, cuando se ilumina de noche y se oscurece de día. En las flores de *Calendula* permanece la capacidad de realizar un movimiento sincrónico a través de un cambio de luz 6:6 y en todas las oscilaciones se alcanza la amplitud de los movimientos de sueño. Así, los movimientos de sueño persistirían plenamente cuando por acción conjunta de las respuestas a los estímulos fotonásticos y de los movimientos autónomos diarios, estos últimos se suprimen total o parcialmente ... [op. cit.: 151-152].

VI.25) Richard Semon (1904, 1905 y 1908)

> Una opinión contraria a la periodicidad heredable fue en un primer momento la que mantuvo Richard Semon (1904 y 1905). En aquel entonces, no menciona la heredabilidad de la capacidad de movimiento con ritmo diario; en cambio, parece tener en mente la capacidad de reacciones paratónicas sobre cuya existencia real no había duda. Resulta que los datos logrados por Semon con *Albizzia lophantha* no expresan nada en contra de las conclusiones formuladas por Pfeffer en 1875, se corresponden en lo esencial. [Pfeffer, 1909: 260].

"Semon crió en 1905 plantas bajo un ritmo de 6 o de 24 horas y vio luego la periodicidad diaria en condiciones constantes. Aunque algo falló en la técnica experimental de Semon (1905), no debe olvidarse que fue el primero en buscar por ese lado la solución al problema [Kleinhoonte, 1932: 709]" de los movimientos autónomos y las postoscilaciones. Aunque surgió el obstáculo de la falta de diferenciación, emprender esta búsqueda resultó bastante adecuado, ya que las características de heredabilidad y endogenicidad están fuertemente entrelazadas. Así, Semon (1905)

al "estudiar la periodicidad diaria del movimiento de las hojas, confirmó la presencia de un ritmo endógeno y declaró [Bünning, 1960: 2]": "ya que estos movimientos con ritmicidad endógena no tienen valor para la selección, nosotros podemos estar tratando con una impresión heredable de la alteración de la luz y la oscuridad; es decir, con la herencia de una característica adquirida [Semon, 1905 o 1908, en Bünning, 1960: 2]". Con todo y que en 1857, Sachs había logrado distinguir el reloj de sus manecillas (VI.15), de manera semejante a Darwin -1880 (VI.16), "de entrada, Semon confundió las manecillas con el reloj mismo. Ahora sabemos que una amplia variedad de propiedades fisiológicas, además del movimiento de las hojas, está controlada por un reloj fisiológico. La variación diaria de estas otras propiedades le dan al reloj su valor para la selección [Bünning, 1960: 2]".

Todavía no transcurrian 10 años desde el descubrimiento de los trabajos de Mendel -1866 (VI.23.) y ya en la composición del dominio conceptual de la Circadiología se comenzaba a sentir la presencia de los modelos de problemas y soluciones a que dio lugar este paradigma. Es evidente que las cuestiones planteadas a este respecto no han tenido una respuesta contundente pero desde entonces, mucho se ha avanzado en este rubro. Entre los estudios que han propiciado este avance destacan los realizados por Kleinhoonte (1929 y 1932), Bünning (1931 y 1935), Aschoff (1954), Pittendrigh (1954), K. Hoffmann (1957), Pittendrigh y Bruce (1957), Bünning (1958), Bruce (1972), C. J. F. Feldman y M. N. Hoyle (1976) y R. J. Konopka (1981). Este último proporciona una lista de 37 referencias sobre el tema. En esta revisión, se puede ver que dichas investigaciones se pueden considerar como componentes de una ruta en la construcción del conocimiento sobre los ritmos circadianos, la que se puede denominar: 'Acerca de la herencia de los ritmos circadianos' y colocarse en la etapa inter- del crecimiento de la Circadiología. En concordancia con ello están los trabajos de Semon (1904, 1905 y 1908) que pueden ser considerados pioneros de dicho camino.

VI.26) Rose Stoppel y colaboradores (1910, 1911, 1912, 1916, 1919, 1920, 1922, 1925, 1926a 1926b y 1930).

Bünning (1970), en una carta dirigida a Frank B. Salisbury y Cleon W. Ross (1978), recuerda que, en ¿1918? "tuvieron la visita de Stoppel en el laboratorio durante dos o tres semanas, por lo cual pudieron familiarizarse con sus técnicas; en el grupo siempre le llamaron "die Stoppelrose" (la rosa del rastrojo), nombre muy apropiado; era tan enérgica y persistente que murió en el mes de enero de su 96° aniversario [p. 312]". Fue la primera mujer que se incorporó a los estudios sobre ritmicidad circadiana.

"En 1910 y 1911 se publicaron los trabajos de Stoppel y de Stoppel y H. Kniep, respectivamente, que [según Bünning (1931)] aluden a la periodicidad diaria autónoma en los movimientos de las flores de *Calendula*. Y prontamente, la misma Stoppel (1912) hizo indicaciones similares para *Phaseolus* [p. 439]".

> Bünning (1931: 470) se expresa con razón de que los experimentos de Stoppel y Kniep (1911) en *Calendula* son una demostración de la presencia de movimientos autónomos. Allí se ve en la oscuridad -muchos días después de que se colocaron las plantas-, que se presentan movimientos autónomos de las flores en una fase que depende del momento de la posición de oscuridad y que es independiente del tiempo del día natural. Allí hay un desencadenamiento de razones internas (...) de las flores y no un desencadenamiento de los movimientos autónomos mediante estímulos externos. [Kleinhoonte, 1932: 713-714].

"Stoppel crió en 1916 plantas de frijol bajo un régimen de temperatura 6:6 y vió luego sólo movimientos periódicos diarios [op. cit.: 709]". Sin embargo, "la existencia de movimientos diarios autónomos en *Phaseolus* fue puesta en duda de nuevo y singularmente por Stoppel (1916). Según ella, los cambios en la conductividad eléctrica del aire eran, aparentemente, los responsables de los movimientos autónomos [Bünning, 1931: 440]".

> [En 1922, Stoppel y C. Trumpf anotaron que] cuando las plantas de alubias son criadas totalmente en la obscuridad, las hojas hacen movimientos de sueño que siempre caen aproximadamentre al mismo tiempo y, sin duda, la máxima de la posición del sueño se alcanza

aproximadamente a las 2 de la mañana. Si la planta permanecía más en la obscuridad, declinaba la magnitud de los movimientos o se tornaban irregulares y finalmente se extinguían con una degeneración de las hojas.

Totalmente diferente fue la conducta de las flores de *Calendula arvensis*. Los capullos se abrían también en la oscuridad prolongada y las flores realizaban los movimientos de apertura y cierre que en conjunto tomaban 24 horas y que no disminuyeron sino hasta que se marchitaron. La posición temporal de tal movimiento dependió del momento del día del último oscurecimiento del capullo. Pudieron aquí pensar en el ejemplo de Pfeffer del péndulo, el cual, a través del oscurecimiento del capullo sería puesto en marcha y oscilaría posteriormente en forma rítmica hasta que el capullo se abriera. Así, [según ellos,] los movimientos de los pétalos de las flores dan un signo externo de la marcha pendular en las plantas. Sólo la magnitud constante de los movimientos les permitió sacar la conclusión de que no se trataba de un único impulso de ese péndulo sino que también debería producirse el estímulo para los movimientos rítmicos con periodicidad diaria en oscuridad prolongada.

Las observaciones sobre los movimientos del sueño en hojas y flores coincidieron como para que aceptaran que en ambas debería haber un estímulo rítmico que se cambiaba a sí mismo (Stoppel, 1919 y 1920), [obviamente, externo]. Pudieron entonces, de una manera relativamente fácil, pensar en la realización de los movimientos del sueño en oscuridad prolongada, prescindiendo de los procesos internos de la planta. [Stoppel u. Trumpf, 1922: 11-12].

El fenómeno de los dos hechos generados a partir de los mismos resultados experimentales se vuelve a presentar. No sólo se trata de la posibilidad de una interpretación diferente. Los resultados obtenidos por Stoppel y sus colaboradores fueron usados para apuntalar un marco teórico contrario.

Al leer que Stoppel y Trumpf (1922) enunciaron que "los movimientos de los pétalos de las flores dan un signo externo de la marcha pendular en las plantas [p. 11]", viene a la memoria el que actualmente, "muchos obreros en el campo de los ritmos circádicos han adopotado una hipótesis de trabajo en la que se distingue el mecanismo que genera y que controla la ritmicidad del blanco o sistema afectado [Hastings, 1970. 69]"; es decir, se diferencia entre el oscilador (oscilación o ritmo subyacente) y el ritmo evidente o manifiesto; "frecuentemente se hace una

analogía con el reloj y sus manecillas [ib.]". Al iniciarse las investigaciones acerca del sueño en las plantas, se presentó un observable que debido a la carencia de un esquema cognitivo adecuado, se transformó en una perturbación que se intentó suprimir (VI.1 y VI.4). Después, resurge una idea que había sido descartada, al derribarse el modelo en el que estaba incrustada vuelve a aparecer insertada en el paradigma opuesto con un incremento en su alcance y, obviamente, instalada en otra totalidad de transformaciones solidarias.

En la insistencia de Stoppel y sus colaboradores (1910, 1911, 1916 y 1922) de buscar en las condiciones externas el origen de los movimientos del sueño en las plantas, se puede apreciar el poder sugestivo de la concepción general de que el medio se impone al organismo en el transcurso de su funcionamiento (II.15.2.). Noción, heredada quizá, de los materialistas médicos alemanes a través de las propuestas de Arrhenius (VI.20), quien había escrito en 1898 que "la influencia fisiológica de la electricidad atmosférica, que ha sido conocida durante mucho tiempo en lo concerniente a las plantas, puede tener gran influencia sobre todo en la naturaleza viva [Arrenhius, 1898. En: Ward, 1977: 72]".

Una explicación plausible para la primera observación (la de unos resultados para dos hechos) es la que se avanzó en el VI.10 a propósito de unos resultados obtenidos por Dutrochet en 1837 y que pueden dar lugar a hechos distintos. Ahora cabe cuestionar si la estructura utilizada para proponer dicha explicación ¿también puede servir para asimilar la segunda observación epistemológica que se está enlistando en este apartado?. Observación que consiste en mirar que una idea pasa de un paradigma a su antagonista.

Se puede intentar dar una respuesta adecuada, tomando como base un hecho esencial del que Piaget (1969) consideró partir, "es el de que ningún conocimiento, ni siquiera perceptivo, constituye una copia de lo real puesto que supone siempre un proceso de asimilación a estructuras anteriores [p. 6]". Piaget entendía este término en "la acepción amplia de una integración

en estructuras previas . En biología, este término se utiliza en acepciones muy diversas: la 'asimilación clorofílica' es una transformación de la energía lumínica en energía química integrada en el funcionamiento del organismo [ib.]". Puede resultar superfluo destacar que la analogía que se puede establecer entre el proceso fotosintético y los desarrollos del conocimiento es únicamente funcional y no en cuanto a contenidos. Sin embargo, en ambos casos existen estructuras previas que se encargan de la asimilación; elementos que se mantienen a lo largo de las distintas trayectorias (en un caso metabólicas y en el otro cognitivas) y las propiedades de la estructura resultante (moléculas o sistemas cognitivos) no son solamente la suma de las propiedades de sus elementos constitutivos. La significación común de estas acepciones "es la de integración en estructuras previas, las cuales pueden permanecer inalteradas o ser más o menos modificadas por esta integración [Piaget, 1969: 6]". Con una conducta β (II.8.2.) se puede hacer que los hechos inesperados sean asimilables. Por ejemplo, en la vía del carbono radiactivo, un atomo de carbono de la triosa fosfato puede pasar a la tetrosa fosfato o a la pentosa fosfato y colocarse en ellas con distintas funciones; en una creoda cognitiva, unos resultados o una idea pueden ser asimilados por distintos marcos teóricos (incluso contrarios) y establecerse en ellos con diferentes relaciones.

Hay que destacar el hecho epistémico de que, sin denominarla explícitamente de esta forma, Stoppel y Trumpf (1922) realizaron la operación de sincronizar el ritmo del sueño en las plantas:

> Sólo después del método empleado por Trumpf (1921), también fue posible utilizar, para las experiencias de oscuridad prolongada, algunas plantas que previamente fueron expuestas a uno o más estímulos de luz. Con eso se dió la posibilidad de explorar o investigar, si para las hojas de *Phaseolus* vale la misma regla que para las flores de *Calendula* (Stoppel, u. Kniep, 1911), respecto a que el momento del comienzo del último oscurecimiento es decisivo o determinante para el proceso de los movimientos de apertura y cierre en el siguiente período de oscuridad. Con una intensidad de luz suficientemente alta, *Calendula* alcanza en la oscuridad, la apertura más grande a la hora del día, en la cual el capullo había sido previamente oscurecido la

última vez. Bajo intensidades de luz pequeñas se producen cambios, desviaciones o retrasos que no han sido aún investigados cuantitativamente. [p. 1].

¿Qué tipo de influencia tiene entonces la luz sobre los movimientos de la hojas en los cambios diarios normales? Resulta que las hojas, durante una exposición prolongada pueden regular sus movimientos con periodicidad diaria; con un cambio de 18:18, sus movimientos se adaptan a ese ritmo. A partir de la conducta de las plantas en luz duradera o prolongada, debemos aceptar que la luz tiene una influencia contraria a los movimientos y por esta influencia, una exposición más larga supone la adaptación de las hojas a un periodo de 18:18. En el periodo de luz de 18 horas un movimiento será casi totalmente suprimido pero en el siguiente periodo de oscuridad se recuperará. A través de ésto ocurre un cambio o retraso temporal tan considerable en los movimientos que su efecto final corre paralelo con el cambio de luz. [p. 12].

Hemos visto que durante el crecimiento una exposición de 1/2 a 3/4 de hora en las horas de la mañana o antes del mediodía, no tiene influencia sobre la marcha de los movimientos en el siguiente período de oscuridad. El resultado, sin embargo, es otro cuando el tiempo de exposición durante la crianza es en la noche. Entonces, bajo determinadas circunstancias, como un efecto posterior, se puede producir, en el periodo oscuro siguiente, un cambio del tiempo del sueño, una supresión de los movimientos normales o, finalmente, es una influencia tan perturbadora que la hojas degeneran. Permanece aún sin decidirse si los diferentes influjos de la exposición contraria se producen a través de cualquier casualidad o si están condicionados por la época del año en la cual se realizan los experimentos. La última suposición es importante pues los movimientos con periodicidad diaria no son impulsados en todos los meses con la misma intensidad. Stoppel observó que las mejores curvas normales bajo oscuridad se consiguieron en invierno. En junio o julio, este ritmo se destruye más fácilmente por medio de influjos externos. Está presente la posibilidad de que así como la luz tiene una influencia diferente según el momento del día en que se aplique, así también ocurra según el momento del año. La fuerte exposición en los días largos del verano podría causar algún perjuicio a la planta. [págs. 12-13].

Después que se ha vislumbrado que Stoppel y Trumpf (1922) encontraron que podían sincronizar el ritmo del sueño en las plantas; que se ha dado uno cuenta que formularon hipótesis involucradas con el mecanismo de la sincronización del ritmo y su valor adaptativo, en lo que se puede atisbar una conducta

epistémica β (II.8.2); luego que se ha leído de ellos, que "si la influencia de la luz, según el momento del día, es diferente, debemos aceptar que esa diferencia depende del correspondiente estado de la planta [p. 13]"; resulta muy difícil explicar que no hayan percibido que una luz roja, de la misma forma, podía tener el oficio de sincronizador, sobre todo si se recuerda que Sachs (1857) ya le había prestado atención a la influencia que tiene la luz roja sobre el sueño de una sola hoja de frijol o de *Oxalis*, cuando se cubre con ella, en tanto que el resto de la planta está iluminada con luz blanca (VI.15).

> Stern y Bünning (1929 y 1930) demostraron que los argumentos de Stoppel sobre la naturaleza nástica de los movimientos de las hojas etioladas de *Phaseolus multiflorus* no eran sostenibles. Ella no pudo lograr las condiciones experimentales ideales para excluir la influencia nástica de la luz y la temperatura. Los movimientos autónomos no pudieron predominar para nada, sino que tuvieron las características de reacciones násticas, como debería ser, a causa de las condiciones de iluminación y temperatura aún presentes; en especial mostraban una fijación de las posiciones del día y de la noche de las hojas en un determinado momento. En los trabajos de Stoppel, como opinaron Stern y Bünning, los movimientos fueron autónomos pero esto no fue percibido porque la ubicación temporal del momento crítico de esos movimientos autónomos estaba regulada por influencias externas (Bünning, 1931: 440), como la luz roja de 'seguridad' que usaba Stoppel para observar sus plantas [Bünning, 1970: 312].

Debido a que "en aquellos días imperaba el dogma, en todos los textos de botánica, de que [la luz roja] no influía en lo absoluto sobre los movimientos de las hojas de las plantas o sobre la fotomorfogénesis [Bünning, 1970: 312]" no es de extrañar que Stoppel y sus colaboradores (1910-1922) no dirigieran su atención a ella y la incluyeran en sus rutinas experimentales. ¿A qué se puede deber que no hayan cuestionado el dogma y tampoco, supusieran que dicha luz podría ser un buen sincronizador? Se puede dar con que una posible respuesta en la Epistemología genética, en ella se menciona que los observables se construyen

en función del momento histórico[131].

Dentro del marco aristotélico la actuación espontánea del observador se debió haber centrado en las respuestas en positivo (nastias) que presentaban las plantas ante los 'desplazamientos' del sol o la luna. Este hecho debió haber sido una obviedad. Al ser rebasado este marco por el newtoniano, la atención continuó orientándose hacia dichas respuestas en positivo, aunque, para entonces, el 'estímulo que las provocaba' ya no fueran los citados 'desplazamientos'. Entre 1543, año en que Copernico postuló que la tierra giraba alrededor del sol (V.8.1) y 1729, año en que de Mairan Dortous (VI.1) colocó una mimosa fuera de dicha influencia, transcurrieron casi dos siglos y se hizo evidente que la planta "sentía el sol sin verlo -p. 35". El sol

---

131 "Las ocasiones históricas o psicogenéticas de conflictos son mucho más frecuentes en los estadios iniciales y sobre todo estos desequilibrios son superados mucho más difícilmente. Por lo tanto, esta es una razón que no puede deberse a la naturaleza de los problemas encontrados, ya que éstos son elementales, y a cuestiones simples deberían corresponder sólo conflictos igualmente simplificados. La razón que hay que encontrar debe ser entonces de un orden muy general y depender de métodos corrientes de razonamiento del sujeto (...) más que del contenido de las soluciones que hay que encontrar.

Se trata de que como la actuación espontánea del espíritu consiste en centrarse en las afirmaciones y los caracteres positivos de los objetos, de las acciones o incluso de las operaciones, las negaciones son entonces descuidadas o sólo se construyen de un modo secundario y laborioso; como son necesarias para todas las formas de equilibración (...), éstas sólo se realizan a través de múltiples dificultades, y su elaboración ocupa largos periodos ...

Desde el punto de vista psicológico recordemos (...) que los únicos casos en que la negación es precoz son aquellos en que el sujeto no tiene que construirla, porque le viene impuesta desde el exterior.

Perceptivamente sólo se registran observables positivos y la percepción de la ausencia de un objeto se produce sólo de un modo secundario y en función de expectativas o de previsiones que dependen de la acción completa y superan la percepción. En lo que respecta a las acciones, se centran en el fin que hay que alcanzar y no en el alejamiento a partir del punto de origen [Piaget, 1978b: 17, 18 y 19]".

ya no estaba presente debido a sus desplazamientos sino, porque la tierra gira y se pone junto a él. Todavía faltaba mucho tiempo para que se pudiera diferenciar el observable; para que se pudiera distinguir entre la presencia del sol y los cambios subsecuentes en la iluminación y en la temperatura causados por ésta. Fue hasta casi un siglo después con los experimentos de inversión del fotoperiodo realizados por de Candolle, (VI.11) que se pudo notar que las mimosas se adecuaron "a la fase del nuevo ciclo luminoso y cerraban sus hojas regularmente en lo que a ellas les parecía ser la caída de la noche, y las abrían nuevamente cuando les parecía que era de madrugada [Ward, 1977: 57]".

Habrá que recordar que, desde el experimento de De Mairan Dortous (1729), el hecho de que las plantas pudieran continuar con sus movimientos de sueño en ausencia de cambios periódicos en la iluminación y en la temperatura constituyó una fuerte perturbación muy difícil de ser asimilada por los esquemas existentes. Modelos que por otra parte, tampoco se podían acomodar con facilidad. Por ejemplo, el de los médicos materialistas de Berlín (VI.13.3) en el que se consideraba "cualquier actividad como una función de las condiciones originantes [Ludwig, 1852]", aunque ellos tuvieron que enfrentarse al automatismo del corazón (VI.13).

Así, una 'respuesta' autosustentada que era la negación (antítesis) de las respuestas conocidas hasta entonces, se convierte en un hecho de muy dificil asimilación. Habría que buscar otros estímulos que permitieran seguir apreciando los estímulos y las respuestas en positivo. Respuestas derivadas de un cambio externo, de una causa actual o inmediata. Pero, todavía peor, había que aceptar la síntesis (la negación de la negación) y sin un modelo adecuado: la no presencia de un ritmo endógeno (que era la primera negación) debida a la acción de un sincronizador. Por tanto, había que distinguir las propiedades positivas y su ausencia, así como elaborar la respectiva justificación de la ritmicidad circádica.

En 1931, Bünning consideró un deber "añadir que las investigaciones no eran aún suficientes para demostrar la presencia de movimientos autónomos diarios en *Phaseolus* y que habría sido muy importante que Stoppel hubiera explicado la actividad de un factor externo desconocido para los movimientos de estas plantas [p. 441]". Se empezaba a dejar sentir la necesidad de una justificación, de la descripción de un mecanismo explicativo de los ritmos circadianos que condujera su estudio al nivel trans-. Más aún faltaba el paso por el periodo de "la comparación de los casos particulares analizados que conduce a la construcción de transformaciones al poner en evidencia tanto las diferencias como las correspondencias [Piaget y García, 1982: 171]". Todavía se siente dicha necesidad, apenas hace unos veinte años, J. Woodland Hastings escribió al respecto: "la naturaleza del mecanismo bioquímico celular del reloj puede ser de igual importancia para las dos teorías [que intentan explicar el origen de los ritmos circadianos]; sus propiedades son de crucial interés para ambas [1970: 64]".

"En 1925, Stoppel pensaba que en cuanto al conocimiento que se tenía acerca de las manifestaciones periódicas diarias en las plantas, se estaba 'no mucho más lejos que Zinn en 1759' [Bünning, 1931: 439]". Por lo pronto, cabría preguntarse si en lo que se refiere al conocimiento que se tiene acerca de las manifestaciones periódicas diarias en las plantas vasculares, se ha llegado mucho más lejos de lo que llegó Stoppel.

VI.27) Otros contribuyentes (1919-1927)

> VI.27.1) J. C. Bosé (1919) se sorprendió al encontrar que en el registro de la planta se repetían las fluctuaciones de la temperatura con asombrosa fidelidad. Estos trazos comunes en los dos registros se pueden mirar en las gráficas obtenidas de los experimentos con *Sigberia palm* (...). [Para él,] ciertas plantas son extremadamente sensibles a las variaciones de la temperatura, tanto que estos indicadores fisiológicos de las variaciones térmicas son más finos que los termómetros ordinarios. [Bosé, 1919: 561].

VI.27.2) "A través de sus búsquedas acerca de la influencia de la exposición intermitente sobre la 'etiolación', C. Trumpf (1921) comprobó que la plantas de *Phaseolus* pueden ser expuestas diariamente a un estímulo determinado de luz no despreciable, sin que se produzca síntesis de clorofila [Stoppel u. Trumpf, 1922: 1]".

VI.27.3) La sospecha de que "los cambios en la conductividad eléctrica del aire son, aparentemente, los responsables de los movimientos autónomos fue desechada a pesar de los trabajos de E. Schweidler y A. Sperlich -1922, K. Suessenguth -1922 ... los de F. Fehese -1927 y C. Lipperheid -1927 [Bünning, 1931: 440]".

VI.27.4) "El concepto de la naturaleza nástica de los movimientos en las plantas etioladas tuvo un apoyo especial con Hans Cremer -1923 [ib.]".

VI.27.5) En 1931, Bünning nombró a I. Walde (1927), especialmente, como uno de los investigadores cuyos hechos decían que en *Phaseolus* hay movimientos diarios autónomos.

VI.28) G. Brouwer (1926)

El quimógrafo "fue por primera vez desarrollado en Alemania [VI.13.3] y más tarde perfeccionado por este botánico holandés [Ward, 1967: 96]".

> Brouwer (1926) fue el primero en percibir movimientos periódicos diarios en plantas de *Canavalia* criadas bajo exposiciones de luz artificial movimientos en armonía con la hora del día natural ... razón por la cual él concluye sobre la naturaleza nástica de esos movimientos.
>
> El empleó plantas con seis semanas de edad para registrar el movimiento ... según su comunicación verbal, Brouwer había empleado plantas de esa edad pues antes las hojas no están completamente desarrolladas; él creía también que no tendría ninguna curva confiable escrita por hojas aún en crecimiento ... la edad de la

plantas que empleó Brouwer no influyó para alterar mediante el aumento de las hojas.

Las curvas publicadas por él, representan sólo el tiempo a través del cual los estímulos débiles de temperatura regulan y sincronizan a los movimientos. En aquella época la instalación del laboratorio estaba menos cuidada ...

Brouwer, en 1926, dió en la figura 24 la curva de una planta criada en exposición constante, la cual fue expuesta a un cambio de luz 24:24 e hizo movimientos sincrónicos. Tan pronto como se da la expresión se presenta nuevamente la periodicidad diaria. El movimiento no se extinguió en el ritmo de 24:24; Brouwer hizo responsable de esos movimientos a un factor x desconocido, [tal como lo había hecho antes Stoppel -VI.26]. [Kleinhoonte, 1932: 710, 711 y 712].

VI.29) Erwin Bünning y Kurt Stern (1929, 1930 y 1931)

La historia fue algo así. En el Instituto para el estudio de las bases físicas de la medicina, en la Universidad de Frankfürt del Main en Alemania, el biofísico, profesor F. Dessauer (especialista en rayos X) se interesó en los efectos del contenido iónico del aire sobre los humanos. Eran los años en los cuales la gente se empezaba[132] a interesar en la electricidad atmosférica, rayos cósmicos, etc. Naturalmente, los objetos experimentales no fueron seres humanos. Así pues, en 1928, Dessauer buscó investigadores que trabajaran con plantas: uno de los cuales fue Stern quien vivía en Frankfürt; el otro fue Bünning que recién había terminado su trabajo doctoral en Berlín. Empezaron en agosto de 1928, a analizar el problema. En esa etapa llegaron a los trabajos de Stoppel [VI.26] quien había estudiado los movimientos diarios periódicos en hojas de *Phaseolus* (el haba común). Ella encontró como otros autores, que bajo condiciones 'constantes' en un cuarto oscuro, la mayor parte de las hojas alcanzaban su máximo plegamiento al mismo tiempo, entre las 3:00 y las 4:00 horas. Su conclusión: algún factor desconocido sincroniza el movimiento. ¿Podrían ser los iones atmosféricos?. [Bünning, 1970: 312].

La selección de los movimientos diarios periódicos en hojas de *Phaseolus* sobre el cual Bünning y Stern buscaron una

---

132 En realidad seguía interesada (VI.7, VI.8, VI.13 y VI.20).

explicación, recortó una parte de la realidad. Con esta elección, ellos únicamente consideraron ciertos visos del sueño en las plantas, ignoraron otros, hicieron referencia a algunas relaciones entre ellos e ignoraron otras. Por tal motivo, se puede anunciar que, en esta vez como en las otras, hubo desde el punto de partida un proceso de abstracción. Fue por este proceso de abstracción que definieron una situación que puso en evidencia el fenómeno que intentaban explicar.

> Así que Bünning y Stern tuvieron en su laboratorio la visita de Stoppel durante dos o tres semanas por lo cual pudieron familiarizarse con sus técnicas ... Los resultados de ella también aparecieron en sus experimentos. La posición nocturna de las hojas aparecía en la hora indicada. Investigaron los efectos del aire enriquecido con iones y desprovisto de ellos. El resultado: nada cambió; los iones atmosféricos no eran el factor x.
>
> Decidieron que las facilidades del Instituto no eran suficientes para su investigación. Después de la estancia de Stoppel, Stern y Bünning se fueron a la bodega para papas del primero y con la ayuda de un termostato lograron una temperatura más o menos constante. Contrariamente a Stoppel quien usaba una luz roja de 'seguridad' para observar sus plantas, ellos entraban una vez al día, con un destello débil de luz, palpaban con los dedos las macetas y el aparato de registro para verificar que todo estuviera en orden. El destello era semanal, con un filtro rojo obscuro de manera tal que sólo veían a unos cuantos centímetros de distancia.
>
> [Tal y como ya se anotó en el VI.26] en aquellos días imperaba el dogma, en todos los textos de botánica, que la luz roja no influía en lo absoluto sobre los movimientos de las hojas de las plantas o sobre la fotomorfogénesis.
>
> Hicieron otra cosa distinta a Stoppel. Como la casa de Stern estaba lejos del laboratorio, no realizaron las visitas diarias en la mañana sino más bien en la tarde. Resultado: la mayoría de las posiciones máximas de las hojas en la noche no aparecían a las tres o cuatro horas sino a las 10-12 horas. Por lo tanto concluyeron: el dogma era falso. La luz roja podía sincronizar los movimientos de tal manera que la posición nocturna siempre aparecía aproximadamente 16 horas después de la acción de la luz. Era el factor x. Cuando eliminaron la luz roja apenas visible, encontraron que el periodo de movimiento de las hojas no duraba exactamente 24 horas sino 25.4 horas -este hecho circádico del reloj fue la clave para entender su naturaleza endógena. [Bünning, 1970: 312].

> Como se sabe, Stern y Bünning (1929), ya desde sus primeros trabajos, pudieron demostrar que los movimientos de los brotes etiolados pueden regularse en alto grado, mediante estímulos muy débiles de luz y temperatura ... Lamentablemente registraron sólo el movimiento de las hojas durante un 8:8 y 24:24 de cambios de temperatura y vieron que las hojas se movían en ambos casos, en sincronía con ese cambio. Fue una lástima que no siguieran, luego, el registro bajo temperatura constante. [Kleinhoonte, 1932: 679 y 709].

En estos trabajos de Stern y Bünning se vuelve a apreciar de manera contundente el hecho epistémico mostrado a propósito de los experimentos de Stoppel acerca de la negación precoz de que "la luz roja no influía sobre los movimientos de las hojas [Bünning, 1970: 312]". Es éste, uno de los casos en que los sujetos no tienen que construir la negación. A Stern y Bünning (1929) ésta les llegó desde afuera (Piaget, 1978b). Fue una negación de la negación que resultó de, empleando una frase de Piaget, "un desmentido de los hechos como respuesta a una falsa previsión [op. cit.: 18]".

En el resumen de su artículo de 1930, Bünning y Stern "1.- exponen los resultados de sus experimentos sobre los movimientos de sueño en un espacio oscuro y termoconstante [p. 251]". Algunos de estos hallazgos corresponden a la sincronización de los ritmos circadianos, característica que, como ya se anticipó, fue detectada, junto con otras, en este nivel de la Circadiología:

> 2.- En la mayoría de [sus] experimentos aparece, ciertamente en coincidencia con el hallazgo de Stoppel, un descenso máximo entre 1-6 horas. Se muestra, sin embargo, que ninguna conclusión irrefutable sobre la presencia de un factor desconocido en el sentido de Stoppel, puede ser extraída.
>
> 3.- Existe en [sus] experimentos una relación entre el momento de la aplicación y el primer máximo de sueño, de manera que la distancia entre ambos puntos asciende a aproximadamente 10-16 horas.
>
> 4.- La duración de la oscilación asciende, en [sus] experimentos, no a 24 sino a 25.4 horas y es, en promedio, todos los días, desde el primero hasta el quinto, mayor de 25 horas.
>
> 5.- Se demuestra que la manifestación observada por [ellos] puede ser aclarada a través de la aceptación de que los movimientos de sueño investigados son autónomos, que pueden regularse mediante la luz y la temperatura y la distribución temporal de los ascensos y descensos de la máxima puede ser obtenida bajo

determinadas condiciones de los experimentos. Por esto [quedó] abierta la pregunta: si ejerce su influencia el momento en el que se realiza el mecanismo de excitación por la luz, la gravedad o una combinación de estímulos. De la misma manera se deja abierta la respuesta a la pregunta de si además existe un 'factor desconocido' en el sentido de Stoppel. [págs. 251-252].

Como se habrá podido leer, en estos párrafos, se nota el 'proceso de abstracción empírica' que realizaron estos dos investigadores, quienes describen someramente este proceso en sus 'consideraciones teóricas':

> Para la aclaración de los movimientos de sueño que se llevan a cabo en las hojas primarias etioladas de *Phaseolus* bajo condiciones de temperatura constante, [les pareció que deberían] tomarse en cuenta las siguientes posibilidades:
>
> 1. Que los movimientos sean puramente 'nastias'.
>
> a) Serían producidos a través de un factor desconocido en el sentido de Stoppel. Esto no excluye que también algunos otros procesos ligados tengan una influencia conocida sobre los movimientos, especialmente sobre la distribución temporal de los máximos y mínimos. Los resultados de los experimentos hechos hasta el momento no son suficientes para eliminar esta posibilidad. Pero tampoco nos obligan a tomarla como ya verificada, porque una frecuencia de la máxima de las posiciones del sueño en el tiempo que va de la 1 a las 6 horas -como hemos observado- puede llevarse a cabo en muchos casos aun sin el factor desconocido en el sentido de Stoppel y sólo puede aproximarse y no presentarse en todos los casos. La pregunta sobre en qué medida existe en las hojas etioladas de las alubias una tendencia a trasladar, después de perturbaciones, su curva a una 'curva normal' necesita todavía más pruebas experimentales. Lo mismo y con exclusión de todas las fuentes de error, se debe experimentar para la pregunta acerca de la conducta de las plantas durante la noche. Las respuestas correctas a ambas preguntas deben impulsar esencialemnte el problema de los movimientos del sueño.
>
> No nos parece fácilmente compatible con este concepto [1.a], el hecho de que la duración de la oscilación de los movimientos pueda ser muy diferente según las condiciones del experimento. Por ejemplo, en nuestro caso, se incrementó en promedio a más de 25 horas, en el caso de Pfeffer (plantas de luz) sólo a 22 horas [cf. Kleinhoonte, 1929]. En segundo lugar, es también difícilmente compatible [con este concepto 1.a] que la duración de la oscilación de las plantas, que escriben simultáneamente sobre la misma mesa, pueda ser tan diferente como la hemos encontrado.

b) Los movimientos se originan de algún estímulo presente en el experimento, proveniente del aparato registrador. Esta propuesta puede hacerse análoga a la anterior: de un único estímulo resultan movimientos periódicos de las hojitas; estas últimas presentarían, entonces, una duración de la reacción muy corta; en las alubias la reacción duraría aproximadamente una semana, las hojas primarias etioladas de las plantas cultivadas en oscuridad no escriben su curva de ritmo diario un tiempo más largo. La luz, la temperatura y eventualmente el factor desconocido podrían regular dichos movimientos.

Este concepto se enfrenta a la dificultad de que difícilmente puede comprenderse la duración de los movimientos de hojas expuestas, constantemente, con la bisagra oscurecida.

2. Que los movimientos sean combinaciones de reacciones autónomas y násticas.

a) Los movimientos que ocurren son autónomos, sin que para su generación se requiera de un impulso externo. El periodo de estos movimientos podrá ser diferente según las condiciones experimentales en que están las plantas -otros movimientos autónomos también son influidos por las condiciones de los experimentos [Hosseus, 1930]; quizá también el periodo es diferente respecto a las condiciones de la madurez de la semilla. Los movimientos autónomos pueden ser regulados mediante factores que actúan ligados y también durante el experimento mediante cambios de luz o temperatura suficientemente fuertes. La posibilidad de que haya aún otros factores desconocidos que regulen los movimientos, en el sentido de Stoppel, no está excluida.

b) Los movimientos son de tal naturaleza que en la terminología de Pfeffer se pueden designar como postoscilaciones autónomas de una única reacción, al contrario de 2.a. Se deben realizar sin impulso exterior, sin embargo, si las hojas son irritadas por mecanismos ligados, térmicos, por gravedad o de otra forma, entonces, aparece una reacción única al estímulo que tiene como consecuencia la postoscilación autónoma. Por lo demás son influidos igual que 2.a.

El concepto de los movimientos de sueño autónomos pero regulados por factores externos nos parece el que mejor armoniza con las experiencias de Pfeffer (1909 y 1915), Kleinhoonte (1929) y las nuestras [Stern u. Bünning (1929) y Bünning, Stern, u. Stoppel, -1930], y al mismo tiempo más probable que la aceptación de la pura nastia de los movimientos de sueño. También Stoppel sostiene esta concepción como probable. En contra de ésta, habla aparentemente, la experiencia de Cremer (1923), de que en una mina los movimientos de sueño se acaban. Pero nos parece posible hacer compatible esta experiencia con la concepción antes mencionada. Porque tampoco Cremer mismo la rechaza y escribió: "podría ser

que ellos (los movimientos autónomos, Bünning u. Stern) fueran reprimidos en una mina, aunque se podría demostrar que la capacidad de acción de las hojas en la mina no ha sufrido ninguna merma". [Bünning u. Stern, 1930: 249-251].

Hasta aquí, el proceso de abstracción empírica de Bünning y Stern (1930). Poco después de esta publicación ocurrió el deceso del segundo.

Como se podrá traer a la memoria, el punto de partida para la construcción de la teoría; el fenómeno acerca del cual Bünning y Stern (1930) buscaban una explicación fue el de los los movimientos diarios periódicos en las hojas de *Phaseolus*. La selección de este fenómeno sobre el cual ellos buscaron una explicación, recortó una parte de la realidad. Fue por este proceso de abstracción que definieron una situación que puso en evidencia el fenómeno que intentaban explicar y alcanzaron la realización de las operaciones de colocar en sincronización u oscilación libre el ritmo de los movimientos de sueño de las hojas primarias de *Phaseolus multiflorus*.

Esta acción se construyó a lo largo del estadio intra-. La composición fue realizada con las características propias de esta etapa (II.16.1). Sin embargo, en el proceso de abstracción empírica Bünning y Stern (1930), ya se pueden mirar los comienzos del paso hacia la construcción de transformaciones al poner en evidencia las diferencias y las correspondencias de sus experimentos con los de algunos de sus antecesores. Incluso, Bünning (1931) dedujo de esta operación, otra que se encontraba implicada y que consistió en colocar el ritmo de los movimientos de sueño bajo oscilación libre a distintas temperaturas. Este hecho sitúa este proceso de abstracción en el tránsito del periodo intra- al nivel inter-. Obviamente que ello se debió a la existencia de casos disponibles para hacer comparaciones, casos de los que carecieron sus predecesores. Se puede afirmar sin que en ello haya algún demérito al trabajo de estos dos investigadores que contaron con otras formas de análisis de las propiedades del sistema en estudio y de las consecuencias derivadas de tales propiedades gracias a algunas de las acciones

generadas por sus antecesores. Se evidencia, una vez más, que "todo conocimiento es siempre un devenir que consiste en pasar de un conocimiento menor a un estado más completo y eficaz [Piaget, 1971: 13]"; que todo conocimiento va a estar siempre en función de su estado anterior.

Los conceptos para la obtención de los datos utilizados por Bünning y Stern (1930) y por sus antecesores e investigadores que llegaron después, están claramente definidos dentro del marco newtoniano. Estas nociones estaban por una parte, relacionadas con el espacio y el tiempo, incluyendo sus escalas respectivas: la duración de los periodos de oscilación, la distribución temporal de los máximos y los mínimos de los movimientos (la fase), la simultaneidad de los procesos, etc., y por otra, las relativas a la luz y a la temperatura: las condiciones bajo las cuales se encontraban las plantas de las que se estaban observando los cambios temporales en sus movimietos de sueño. Como estas condiciones experimentales se debieron a las acciones de Bünning y Stern (1930), se constituyeron en los observables de las acciones del sujeto. Los observables relativos al objeto fueron los datos distintos a los de sus predecesores. En todo caso, la composición de dichos observables fue hecha en función de las operaciones realizadas por ellos: la de sincronización y la de colocar el ritmo del sueño en las plantas bajo oscilación libre. Las experiencias con variaciones en los factores supuestos permitieron el paso hacia los observables relativos a los resultados comprobados en las variables dependientes. La puesta en relación de estos resultados observados con las variaciones de los factores llevó al establecimiento del hecho de que los movimientos de sueño en las plantas son autónomos pero regulados por factores externos (Bünning y Stern -1930). Este hecho, producto de dos siglos y un año de trabajo, pronto se convirtió en el paradigma de la comunidad que sustenta un origen endógeno de los ritmos circadianos.

A partir de los datos, los observables, los conceptos, las operaciones, las coordinaciones y el hecho que se establece, relativos todos ellos al sueño en las plantas, se emprendió la

construcción de la hipótesis que se conoce como la del origen endógeno de los ritmos circadianos. Esta construcción es en sí misma un proceso dialéctico: por una parte, se continuó hacia la diferenciación más acabada de los observables y a una caracaterización más adecuada del hecho y por otra, se intentaron definiciones más precisas de los conceptos. La realización de una de estas operaciones desembocó en la mejoría de las otras. Todo esto en el interior de un cierto dominio de aplicación de la teoría en construcción. Este dominio de aplicación estaba definido por el conjunto de objetos, sucesos, etc., ya aceptados como tales en las situaciones que constituyeron el punto de partida; por los productos de las operaciones de sincronización y puesta en oscilación libre de un ritmo biológico, el del sueño de las plantas.

> Finalizando con éxito el trabajo encomendado por el profesor Dessauer, Bünning volvió a la Universidad de Berlín y completó su labor. Sin embargo, el año 1929 no era precisamente un momento propicio para que un joven botánico buscase un puesto académico en Alemania.
>
> De entre todas las posibilidades que se le ofrecían, Bünning centró su interés en aquellas que pudieran darle libertad para continuar sus investigaciones acerca de los ritmos vegetales, puesto que durante su trabajo en Frankfürt había perdido interés en la excitación de las plantas a favor de las fascinantes ramificaciones de los ritmos.
>
> Se decidió por el Instituto de Botánica en la Universidad de Jena, ... En total, pasó tres años en Jena, tiempo durante en cual hizo dos observaciones especialmente importantes acerca de los movimientos de sus judías escarlatas [Ward, 1977: 147 y 148].

> [Para Bünning -1931] a favor de la presencia de movimientos autónomos en *Phaseolus* habló el hecho de que la duración de las oscilaciones (esto es, la distancia entre dos picos o dos valles) después de haber desconectado la luz y 'fijado' la temperatura no fue exactamente de 24 horas. Pero lamentablemente esta desviación del ritmo diario era tan pequeña que de ahí no se podía sacar una conclusión segura. [p. 441-442].

> [En su trabajo de 1931, Bünning] buscó una prueba útil sobre la existencia de movimientos autónomos con periodicidad diaria en *Phaseolus multiflorus* bajo oscuridad y temperatura constantes. Los experimentos hechos hasta aquel entoces se habían limitado a demostrar la existencia de autonomía a través de los cambios de ubicación temporal de las posiciones en el

día y en la noche [es decir, a través de los cambios de fase]. En aquel estudio, él trató de demostrar que la duración de las oscilaciones de los movimiento autónomos podía cambiarse a sí misma cuando no existía ninguna combinación con movimientos násticos. [p. 442].

"Sobre todo existía una falla aún [ib.]" en la variación de los factores, es decir en el control de las variables independientes. La presencia de esta falla no permitía todavía una buena diferenciación de los observables de las acciones del objeto y del sujeto. Sin embargo, se había llegado a un par de observaciones cuyo establecimiento fue muy importante para la construcción del hecho de que los movimientos de sueño en las plantas son autónomos pero regulados por factores externos (Bünning y Stern -1930). Estas consistieron en la detección de dos conservaciones: una es, la persistencia del ritmo diario de sueño en las plantas en ausencia de cambios periódicos de la iluminación, temperatura y composición eléctrica de la atmósfera y otra que, era una constante perceptiva de una magnitud, la duración de las oscilaciones bajo estas condiciones no es exactamente de 24 horas. Cabe recordar y recalcar la presencia de las negaciones (VI.26): en el primer caso se construye una invariante dentro de una ausencia; en el segundo, se trata de una invariante negativa.

Otro hecho epistémico evidente en el trabajo de Bünning (1931) es el inicio de la definición de conceptos. Informa de cómo tomó el dato de la duración del periodo: "es la distancia entre los dos picos o dos valles [p. 441-442]" que representan el movimiento de las hojas de *Phaseolus* en registro. Se pueden leer las relaciones newtonianas entre tiempo, espacio y movimientos. En otro párrafo, Bünning (1931) escribe:

> Cuando los movimientos se realicen sin cambio periódico de iluminación, temperatura y otras condiciones externas, y además, cambien de un ritmo aproximado de 24 horas en otro cercano a 20 ó 30 horas, no podrá aceptarse más que estos movimientos sean reacciones násticas con respecto a un factor externo desconocido. Si realmente existe un factor externo desconocido que haya enmascarado las experiencias hechas hasta el momento sobre la existencia de movimientos autónomos con periodicidad diaria, entonces este factor

no puede en ningún caso producir movimientos de oscilaciones de 20 ó 30 horas.

Procesos químicos o físico-químicos deben subyacer a estos movimientos. La velocidad de los procesos físicos y especialmente químicos es tan dependiente de la elevación de la temperatura, como para esperar que la distancia temporal del punto crítico en la curva de los movimientos de sueño también dependa de la elevación de la temperatura. Esta sospecha está insinuada en los trabajos de Hosseus (1903), quien encontró una dependencia de la temperatura en otros movimientos autónomos sin periodicidad diaria. [p. 443].

Este párrafo evidencia el proceso de abstracción reflexiva que le permitió encontrar una prueba útil a favor de la autonomía del ritmo del sueño en *Phaseolus*. Más tarde Bünning (1931) establece que:

La oscilación de aproximadamente 24 hrs. se mantiene bajo temperaturas medias; es mayor en temperaturas bajas y menor en temperaturas altas. En temperatura constante de 15 °C dura aproximadamente 30 hrs. y en la de 35 °C menos de 20 hrs. Para las temperaturas constantes entre estas dos se presentan los valores intermedios. [p. 477].

En la fig. 5 se reproducen las gráficas en las que aparecen estos resultados que acopió Bünning en 1931. Como se podrá traer a la memoria, Dutrochet (VI.10) ya había hecho en 1837 unas operaciones idénticas a las que le produjeron a Bünning (1931) la prueba que andaba buscando "sobre la existencia de movimientos autónomos con periodicidad diaria en *Phaseolus multiflorus* bajo oscuridad y temperatura constantes [p. 442]". Indudablemente, ni aquél, ni Sachs (1863) quién informa de ellas, antendieron a lo mismo que Bünning.

Con Bünning, al igual que había sucedido con Stoppel (VI.26), vuelve a presentarse una coordinación con otra acción, incluso de otro dominio, de tal forma que se puede ver a las explicaciones de Arrhenius (VI.20) referidas a la energía de activación, así como la fórmula que relaciona la velocidad de una reacción con la temperatura a la que se lleva a cabo, actuando como factores de crecimiento en una creoda de la circadiología.

Esto refuerza algunas propuestas ya establecidas:

a) La operación inicial que funcionó como operación de base en la construcción de la Circadiología fue colocar un ritmo biológico en oscilación libre, contrastado con su contraparte, esto es ponerlo en sincronización.

b) En esta etapa se dedujo otra operación que estaba implicada, lo que significa que se había analizado la mayoría de las propiedades internas de la operación de base y sus consecuencias inmediatas, corregido errores y eliminado lagunas.

c) Los experimentos de Bünning y los de Kleinhoonte publicados un año después, se encuentran al final de estadio intra- y principios del inter- de la circadiología.

d) El periodo intra- del desarrollo del conocimiento acerca de los ritmos circadianos abarca desde el paleolítico hasta estos trabajos de Bünning y Kleinhonte. El de Bünning, publicado en 1931, lleva el nombre de 'Investigaciones sobre la autonomía de la ritmicidad diaria en los movimientos de las hojas primarias de *Phaseolus multiflorus*' y el de Kleinhoonte, dado a conocer en 1932, se titula 'Investigaciones sobre los movimientos autónomos de las hojas primarias de *Canavalia ensiformis* DC'. Llama la atención, pero no sorprende, que el objeto de conocimiento haya dejado de ser 'los movimientos de sueño' y ahora sea 'la autonomía de la ritmicidad diaria' o 'los movimientos autónomos'. Esto no sorprende, porque está a favor de que la "ritmicidad diaria autónoma y regulada por factores externos" junto con la operación para definirla, empezaron a funcionar como paradigmas.

"De aquí resulta que, [escribió Bünning a continuación], los movimientos son autónomos: esta periodicidad no se produce mediante ningún factor externo con oscilaciones diarias [op. cit. 478]". Se puede leer entre líneas que Bünning (1931) consideró los cambios en la duración de las oscilaciones como estadísticamente significativos y a estas como termodependientes. Es posible que las variaciones en el periodo hayan sido significativas estadísticamente. Pero después, cuando se aplicó el criterio de Q_{10}, la duración de los ritmos casi diarios se volvió termoindependiente. Es posible que el propio Bünning haya sido el primero en percatarse de ello. Como hecho epistémico

resulta interesante que sin el criterio del Q_{10} (VI.20), el ritmo diario sea termodependiente y, con esta categoría de análisis ya no lo sea. No obstante, como este hecho epistémico se logró en la ruta de la ¿termodependencia o termoindependencia de los ritmos circadianos? de la era inter-, aquí, solamente se deja destacado:

En pro de la sencillez y desde una primera lectura, puede proponerse que las categorías opuestas que analizan los ritmos circadianos como termodependientes o termoindependientes sean reducidas a las concepciones que consideran que estos tienen un origen exógeno contra uno endógeno, respectivamente. Pero, resulta que históricamente y desde una segunda lectura:

> La propiedad de la 'independencia térmica' es vista por los simpatizantes de la teoría endógena, como un hecho verdadero del mecanismo bioquímico, ellos hipotetizan que la propiedad se debe de alguna manera, al sistema bioquímico de compensación de la temperatura o bien, por una propiedad inherente a la oscilación bioquímica. Por otro lado, los simpatizantes de la teoría endógena han indicado que la independencia térmica es uno de los hechos de los relojes biológicos que puede atribuirse a una información referente al tiempo de sincronización, derivada del sistema del estímulo externo. [Hastings, 1970: 65].

En esta historia, en cuatro ocasiones (VI.15, VI.24, VI.26 y en este apartado), se ha remarcado que los mismos resultados han engendrado hechos dispares. Ahora, resulta que, para un mismo hecho dos escuelas contrarias con sus respectivos paradigmas tienen una explicación posible. Como se puede considerar que este hecho es semejante a los anteriores y como para aquellos ya se avanzó una expliación posible en el VI.15, en este momento sólo se indica.

Piaget y García (1982) afirman que el carácter fundamental del nivel inter-operacional consiste en que "una vez comprendida una operación inicial (...) es posible deducir de ella las operaciones que están implicadas, o de coordinarla con otras más o menos similares, hasta la constitución de sistemas que involucran ciertas transformaciones [p. 165]". Del párrafo de Bünning se desprende que él fue uno de los que principiaron con esta tarea. Es decir, una vez comprendida la operación de base:

llevar a sincronización o bajo 'oscilación libre'[133] el ritmo de sueño en las plantas, dedujo de ella otra que estaba implicada. La operación que se hallaba implicada era la de cambiar una de las condiciones constantes bajo las que se encontraría el ritmo en oscilación libre. Como él mismo lo indica, esta condición fue la intensidad de la temperatura. Que haya sido éste y no otro el cambio, se debió a la existencia de antecedentes acerca del efecto de los cambios en la temperatura sobre las reacciones químicas y otros ritmos.

En el proceso de desarrollo de la Circadiología, durante la etapa intra-, se desarrollaron los siguientes paradigmas: la operación de base; los hechos de la autonomía, sincronización, heredabilidad y termodependencia, como características de los ritmos circadianos y se inició la formulación de la hipótesis de la endogenicidad que ha integrado a los cuatro últimos. Por tal motivo, la construcción de ellos se puede considerar como la marca del tránsito de la Circadiología del del nivel intra- al inter-.

Se debe resaltar que el desenvolvimiento de la hipótesis de la endogenicidad es a partir de la noción general (II.15.2) de que estos ritmos biológicos se originan de los cambios diarios en las condiciones externas. Es decir, si únicamente se conceptualiza a los paradigmas en su función de "proporcionar modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica [p. 13]", y que no pueden coexistir en una misma comunidad científica, el desarrollo de la Circadiología, en su estadio intra-, todavía sin paradigmas teóricos propios, podría estar señalado, por la carencia de una situación paradigmática, pero por dicha deficiencia, tampoco de ciencia normal. Con la entrada en operación de la hipótesis de la endogenicidad, la situación paradigmática se logra en el nivel inter-.

---

[133] Dos acciones coordinadas en sistemas reversibles tales que cada una corresponde a la otra operación inversa que la anula.

Con relación a la comunidad científica, hay que destacar que los profesionales que participaron en la formación de esta creoda estaban unidos explícitamente por el propósito de conocer el sueño de las plantas e implícitamente, por el afán de desarrollar la operación de base. Como solamente se cuenta con algunos casos y ellos por datos indirectos, sería muy cuestionable proponer que también estaban unidos, usando vocablos de Khun (1974) "por educación y noviciado [p. 319]" o que se vieran a sí mismos y los demás también los vieran, "como los responsables de la lucha por la consecusión de ... la formación de sus sucesores [ib.]".

Otras observaciones e hipótesis que remarca Bünning, en su artículo de 1931, son las que a continuación se transcriben:

> 2. Las condiciones externas bajo las cuales las plantas han sido criadas no tienen ninguna importancia para el tamaño de la oscilación de los movimientos registrados más tarde. Son mucho más importantes para la duración de la oscilación las condiciones durante el registro. Parece que la autonomía diaria es hereditaria; sin embargo, este problema necesita aún investigaciones especiales.
>
> 3. Los movimientos autónomos continúan sólo aproximadamente una semana. Aquí la edad de la planta no tiene significado especial sino que en primer lugar está el momento en que se produce la exposición. Si después de la extinción de los movimientos se ilumina una vez (con luz roja) se desencadenan nuevamente éstos. Si las plantas se mantienen bajo condiciones constantes y en el comienzo del experimento no reciben ninguna luz efímera, entonces no presentan ningún movimiento. También como la luz, una única elevación de la temperatura puede desencadenar movimientos. [p. 478].

Ya para finalizar con este subcapítulo dedicado a Bünning habrá que subrayar que de las dos notas que siguen: una está entrelazada con la sincronización del sueño en las plantas y la otra tiene nexos con el amortiguamiento de los ritmos diarios y la hipótesis que, en este tiempo, se conoce como de los osciladores múltiples. Hechos epistémicos con los que, de nueva cuenta, se sustentan la caracterización de esta era como una época intra- y el pasaje necesario al estadio inter-.

> 4. Mediante la exposición no sólo se desencadenan movimientos, sino que, simultáneamente a través del momento de la exposición, se determina el momento de la primera posición del sueño (y con esto, el momento de las posiciones posteriores del sueño). Dentro de la

precisión de las observaciones, sólo la luz determina esta ubicación temporal de la primera posición del sueño y sobre la influencia de un factor desconocido no se ha observado algo en este experimento.

5. La investigación de las oscilaciones que se observan frecuentemente en la curva de los movimientos del sueño, muestra que los movimientos del sueño se componen de oscilaciones parciales autónomas. Si una exposición determinada actúa sobre la ubicación temporal de la posición del sueño, también debe sincronizar todas las oscilaciones parciales; de allí que la luz actúa sobre el origen de los movimientos autónomos diarios. Si por lo menos no se presenta una vez el estímulo de luz o de temperatura, no hay ningún movimiento autónomo diario, porque las oscilaciones aisladas no se sincronizan y se neutralizan en su efecto. Cuando la duración de una oscilación parcial individual no corresponde exactamente, el proceso sincrónico desaparece gradualmente y los movimientos del sueño terminan. A través de ello los movimientos autónomos diarios adquieren el carácter de postoscilaciones de un estímulo único o periódico. [Bünning, 1931: 478-479].

VI.30) Anthonia Kleinhoonte (1929 y 1932)

Uno de los primeros análisis precisos del ritmo de un organismo vivo fue el realizado por una botánica holandesa, Anthonia Kleinhoonte en 1929 ... [Como] material experimental eligió una leguminosa, *Canavalia ensiformis*.

La meta fundamental de su programa era descubrir, en la medida en que le fuera posible, si los ritmos de sueño de sus plantas presentarían evidencias de ser heredados, o aparecían como causados por el ritmo diario de alternancia de luz oscuridad.

Para establecer mejores condiciones para sus controles, Kleinhoonte hizo primero germinar los retoños de *Canavalia* bajo condiciones normales. Encontró que las plantas mostraban mejor ritmo diario de sueño cuando habían alcanzado la edad de 17-18 días.

Al principio comenzó registrando el movimiento de un vástago bajo condiciones normales y luego, durante la noche, cuando las hojas estuvieron completamente plegadas en posición de sueño, expuso la planta a un sólo destello de luz, de 1 minuto de duración. Después dejó la planta en permanente oscuridad y ésta volvió a su posición diurna regular (como los experimentos de anteriores observadores la habían inducido a conjeturar), pero el tiempo en que la planta reanudó su ritmo se retardó en 12 horas. Así pues, la investigadora

holandesa mostró que un sólo y breve destello era suficiente para recuperar la fase del ritmo.

En el experimento siguiente, Kleinhoonte puso semillas a germinar en un ciclo luz-oscuridad totalmente anormal: un ciclo continuamente repetido de 8 horas de luz y 8 horas de oscuridad [8:8]. Una vez que los retoños alcanzaron los 17 días, volvió a fijar el nervio central de una hoja primaria a su quimógrafo y puso el cilindro ahumado a girar.

¿Qué mostraría la hoja de registro? ¿Se comportaría la planta como si la longitud total del día fuera de 16 horas, con 8 horas de 'día' y 8 horas de 'noche'? Eso es precisamente lo que sucedió: Nuevamente la fase había sido modificada por las condiciones anormales. Entonces, Kleinhoonte decidió hacer la prueba crítica. Sometió el ejemplar cuyo ritmo había sido anormalizado a un régimen de luz continuada, de modo que el vástago ya no tuviera indicios acera del día o de la noche, es decir, si era la luz anormal por la que había sido sincronizado o si era la natural.

¿Continuaría ahora la planta con el ciclo normal de luz-oscuridad 8:8? ¿O adoptaría algún otro? Kleinhoonte observó la trayectoria del punzón sobre el tambor ahumado. Gradualmente, la planta se desplazó desde el cliclo anormal hacia un ritmo diario perfectamente normal que coincidía con el día y la noche verdaderos. Aun cuando la planta nunca había 'visto' el día o la noche verdaderos desde el momento de su germinación, aun cuando había sido forzada a acomodarse a un ciclo completamente antinatural, todavía poseía capacidad para adoptar un ritmo perfectamente normal aunque careciera del más mínimo indicio exterior.

En otros experimentos, Kleinhoonte usó diferentes ciclos anormales y luego que los retoños hubieran adoptado los ritmos correspondientes, expuso las plantas a luz continua -en algunos casos- y a oscuridad en otros. Y siempre, las plantas. una vez liberadas de la influencia de los ciclos no naturales, volvían a su ritmo normal, correlacionado con la rotación diaria de la Tierra: el mismo ritmo al cual las *Canavalia* se habían acostumbrado a través de infinitas generaciones. [Ward, 1977: 95, 96, 98 y 99].

Es evidente que una interrogante relacionada con la herencia de los movimientos de sueño en las plantas, condujo a Kleinhoonte a otro rasgo de dichos movimientos, el de la autonomía: si tienen un origen endógeno deben ser heredables. No debe olvidarse, tal y como ella misma lo señala "que fue Semon -1904 y 1905- el primero en buscar por ese lado la solución al problema [Kleinhoonte, 1932: 709]" del origen de los movimientos citados. Así, Pittendrigh, en 1960, pudo incluir como la quinta generalización

empírica sobre los ritmos circadianos de su lista este aspecto: los ritmos circadianos son innatos (Pittendrigh, 1954; Pittendrigh & Bruce, 1957; Bünning, 1958b; Aschoff, 1954 y Hoffman, 1957), "no se aprenden de o son el resultado de impresiones del medio, tanto como la antigua, y, comparativamente, reciente literatura había sugerido; en aquellos sistemas que son aperiódicos, como resultado de su crianza desde huevos o semilla bajo condiciones constantes, la periodicidad se puede producir por un solo estímulo -no periódico [p. 160]". Prueba, que como se recordará, le faltó hacer a Pfeffer (VI.24). La ausencia de esta operación era una laguna que se había convertido en una perturbación, fuente de desequilibrios, ya que el conocimiento obtenido con su realización resultó indispensable para resolver el problema de si los ritmos de sueño de las plantas presentaban evidencias de ser heredados o aparecían como causados por el ritmo diario de alternancia de la luz y la oscuridad (Ward, 1977). De ahí la importancia de los resultados obtenidos por Kleinhoonte. Sin embargo, el arribo al hecho de que un sólo y breve destello era suficiente para recuperar la fase del ritmo (op. cit.) fue una perturbación en sí misma, ya que provocó la necesidad de la asimilación por los sistemas cognitivos existentes o la acomodación de éstos; se continúo la cadena estabilización-desestabilización.

La aplicación de ese estímulo único o la sincronización de los ritmos de los movimientos de sueño en las plantas a periodos luz-oscuridad 'anormales' y luego la puesta de aquellos en oscilación libre, condujeron a otro hecho: los ritmos circadianos son susceptibles de cambiar de fase. De nuevo habrá que subrayar que este fue otro de los aspectos de los ritmos circadianos que fueron localizados en esta etapa intra- de la Circadiología. El significado de ese hallazgo se podrá mirar mejor en la trayectoria de la construcción de las curvas de respuesta de fase durante el nivel inter-. Pero mientras, hay que precisar que dos años después, este logro de Kleinhoonte (1929), fue visto por Bünning (1931: 441) aplicando sobre él su 'hipótesis de los

osciladores múltiples'. Hecho epistémico con el que, de nuevo, se vislumbra la llegada de dicho periodo inter-:

> La misma Kleinhoonte(p. 109) expone las razones sobre la autonomía de los movimientos efectuados por *Canavalia* bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura: el ritmo diario se repite cuando las plantas reciben luz u oscuridad constantes, después de haber efectuado movimientos sincrónicos mediante cualquier cambio de luz. El ritmo diario se repite en oscuridad constante, cuando los movimientos después de una larga permanencia en luz son muy irregulares, sin que en este caso el 'valle máximo' se presente en un determinado momento. Los valles máximos pueden presentarse en momentos muy diferentes bajo condiciones constantes. Los períodos pueden ser gradualmente desplazados con ayuda de un período de luz muy corto.
>
> Algunas de estas razones valían también para los movimientos de las hojas primarias de *Phaseolus* ... [Bünning, 1931: 441].

En el informe de Kleinhoonte de 1932 se puede ver otro buen ejemplo de la 'extracción' de observables del dominio experimental, por medio de un proceso de abstracción empírica.

> [Kleinhoonte] recuerda que ella sostuvo en 1929 [p. 102] que la armonía de los movimientos periódicos diarios en plantas de *Canavalia* con la hora del día natural ... no siempre se cumpliría tan exactamente como Brouwer (1926) decía.
>
> Kleinhoonte [advirtió] que la diferencia entre las observaciones de Brouwer y las suyas se [aclaraba] al recordar que él empleó plantas con seis semanas de edad para registrar el movimiento, mientras que ella las conectó con el quimógrafo y los primeros movimientos se presentaron a los diez u once días, en general, después de la germinacón ... Brouwer dejó pasar la oportunidad de registrar los movimientos de las hojas completamente autónomos y no sincrónicos entre sí ...
>
> Para ella, las curvas publicadas por Brouwer [eran] sólo el tiempo a través del cual los estímulos débiles de temperatura regulan y sincronizan a los movimientos. [Aclaró] que en aquella época, en la que él realizó sus experimentos, la instalación del laboratorio estaba menos cuidada que al principio de aquel año, en el que ella hizo su trabajo; en el verano de 1929 el piso de madera fue reemplazado por un piso de cemento doble. [Supuso] que, seguramente, en el año en el cual Brouwer experimentó se presentaron oscilaciones de temperatura mayores que las observadas por ella. Esas oscilaciones fueron bien conocidas por ella antes. En febrero de 1931, cuando observó el efecto regulador de algunas oscilaciones de temperatura en los movimientos

de las plantas de luz, la cuestión se cerró completamente.

Ella [creyó] que son autónomos los movimientos que no se extinguieron en el ritmo de 24:24, mientras que Brouwer [hizo] responsable de esos movimientos a un factor desconocido. [Kleinhoonte, 1932: 710, 711 y 712].

Kleinhoonte (1932) realizó esta operación usando como hechos y conceptos de referencia los construidos previamente por ella y Bünning (VI.29). Es obvio que también utilizó otros conceptos aceptados dentro del marco newtoniano, como los relativos al tiempo, destacan los de 'en armonía' y 'sincrónicos', que fueron sustituidos posteriormente por los de 'en fase' y el de 'no siempre se cumpliría tan exactamente' por el de 'circadiano'.

En el resumen de sus resultados, Kleinhoonte (1932) da cuenta de algunos otros hechos:

4. Aunque las hojas primarias de *Canavalia* no efectúan ningún movimiento, cuando la planta gira sobre el eje horizontal del klinostato, subsisten inalteradas las razones internas que provocan los movimientos ...

5. Las plantas cultivadas bajo luz constante ejecutan muy pronto uno, unos pocos o más, movimientos bonitos con periodicidad diaria, los cuales en distintas plantas experimentales, al principio paulatinamente, se convierten en un movimiento sincrónico con los cambios del día, aunque se presenten estímulos débiles en el cuarto experimental.

En promedio la duración de las oscilaciones de las plantas bajo temperatura constante es de 24.45 horas.

La periodicidad diaria autónoma se presenta más bonita a los 17 ó 18 días de edad de la planta. Antes, el período es a menudo, aunque no siempre, más corto.

6. Las plantas cultivadas bajo un cambio de luz 8:8 muestran, al principio, un movimiento sincrónico con dicho cambio. En una determinada edad ese movimiento es, a menudo, abandonado y se muestra -a pesar de la persistencia de los cambios 8:8- la periodicidad diaria autónoma que transcurre sincrónica con los cambios de día y de noche.

7. Las plantas cultivadas bajo cambios de luz 8:8 muestran luego, en oscuridad constante, un movimiento periódico diario.

8. Las plantas cultivadas sin la influencia de la luz del sol, ya sea en luz artificial o en oscuridad constante, no son normales. Son hipersensibles comparadas con las plantas normales, a las referencias periódicas variables.

9. Los movimientos periódicos de las hojas se fijan hereditariamente; puede verse que se presentan bajo condiciones constantes, en una manera cuidada,

cuando se trata de cambios normales de día y de noche, en plantas apropiadas para experimentos. [págs. 723-724].

A continuación se transcriben algunas de las consideraciones teóricas que presentó Kleinhoonte en su texto de 1932. En ellas se podrá observar: por dónde se encaminó su proceso de abstracción empírica, los argumentos que presentó a favor de la autonomía diaria y en qué situación se encontraba el conocimiento acerca de la oscilaciones diarias en ese momento:

> Cuando comparamos los resultados de los experimentos arriba descritos con los de Bünning vemos que en la mayor parte coinciden. Lo mismo que él con frijoles etiolados, encontré en las plantas de *Canavalia* criadas en exposición artificial una hipersensibilidad a las pequeñas diferencias de temperatura y un movimiento sincrónico de las hojas.
>
> ¿Debemos decir, por eso, que las oscilaciones de temperatura diarias y mucho mayores, que las plantas 'normales' han experimentado durante su cría en el invernadero, son la causa de la autonomía diaria posterior bajo condiciones constantes? ¡No! Puesto que esos movimientos se presentan, según Bünning, también en los brotes etiolados cuando son criados bajo condiciones totalmente constantes de temperatura y también las plantas de luz de *Canavalia* muestran esos movimientos bajo dichas condiciones.
>
> Es más claro aún que la autonomía diaria es una consecuencia de un estímulo precedente con ritmo diario, cuando se piensa que he visto esa autonomía criando plantas en 8:8 hrs. de cambio de luz y temperatura ... El ritmo diario presente más tarde bajo condiciones constantes, puede, también, ser provocado a través de factores que están en la misma planta.
>
> De todas formas existe una diferencia entre la autonomía de las plantas de luz y de oscuridad. En las plantas de oscuridad según Bünning, es necesario un único estímulo de luz o temperatura como factor desencadenante; mientras que yo he observado en las plantas de luz, la autonomía sin un estímulo. Creo que esa diferencia tiene su razón en que los brotes etiolados son mucho más débiles que las plantas de luz usadas por mí y que, en éstas la autonomía está mejor desarrollada, aunque en menor grado que en las plantas normales ...
>
> La diferencia entre los conceptos 'autonomía' y 'postoscilación' se aclara mediante los trabajos de Bünning y míos. Luego del estímulo único de luz se esperaría en los brotes etiolados una reacción sencilla. En lugar de ella se presenta un movimiento periódico diario repetido 5-7 veces. En las plantas criadas en 88 hrs. de cambio de luz, se esperaría, como consecuencia

del estímulo repetido muchas veces y luego bajo condiciones constantes, 'postoscilaciones' con ese ritmo. En su lugar aparece el carácter interno de los movimientos con su ritmo diario. El periodo siempre tuvo 24 hrs o algo más.

Una se ve forzada a ordenar las diferentes observaciones de las investigaciones [previas -Semon, 1905; Stoppel, 1916 y Stern & Bünning, 1929] y llegar a la conclusión de que los frijoles, criados bajo ritmos anormales de temperatura, hacen movimientos sincrónicos con ellos mientras esos ritmos duran; sin embargo, luego muestran autonomía diaria bajo temperatura constante. Existe un paralelismo completo entre la influencia de la temperatura sobre los brotes etiolados de frijol y la influencia de la luz en plantas de *Canavalia* criadas bajo cambios en la exposición a la luz artificial ...

Cuando hablo de la autonomía diaria en *Canavalia*, de ninguna manera quiero decir con ello que los movimientos se presentan siempre con un periodo exacto de 24 hrs. Puede esperarse un tiempo mayor cuando influyen estímulos periódicos reguladores de ese ritmo. En las plantas criadas en luz constante o en cambios de exposición artificial la autonomía diaria se manifiesta incompleta o defectuosa. La duración de la oscilación alcanza sólo transitoriamente 24 hrs; a menudo es más corta o más larga pero en promedio de 24 hrs.

A menudo, en el cuarto para experimentos, se presentan oscilaciones periódicas diarias de humedad. Después de que las oscilaciones de temperatura fueron eliminadas, nunca ví, ni aún en las plantas de luz, una relación entre esas oscilaciones y los movimientos de las hojas de *Canavalia*; quizás, las oscilaciones sólo se elevan a un 5-10%, es demasiado poco.

Las plantas normales son capaces de hacer movimientos periódicos diarios, bajo constancia de las condiciones exteriores, como ya es sabido. Los movimientos que obtuve con plantas débiles de *Canavalia* cultivadas bajo luz artificial dejan ver que existe en las plantas de frijol etioladas un ritmo diario hereditario. Las plantas más débiles aún, demuestran también eso; por ello, debemos concluir que las plantas normales efectúan movimientos autónomos y no nastias combinadas con oscilaciones periódicas. [Kleinhoonte, 1932: 707-713].

En el proceso de abstracción empírica que Kleinhoonte (1932) expresa a través de sus consideraciones teóricas, se aprecia con toda precisión el desenvolvimiento dialéctico inherente a la construcción de la hipótesis del origen endógeno de los ritmos circadianos: por una parte, se continúa hacia una diferenciación más acabada de los observables o a una caracterización más

adecuada del hecho y por otra, se establecen definiciones más precisas de los conceptos. A partir de la diferenciación de las cuatro características, primeramente encontradas, de la ritmicidad diaria Kleinhoonte llegó a una síntesis. Es decir, a partir del conocimiento de que la duración de los periodos de las oscilaciones no es exactamente de 24 hrs y de que son autónomas, regulables y heredables concluyó que la ritmicidad "puede también ser provocada a través de factores que están en la misma planta [1932: 708]" o bien, que "aparece el carácter interno de los movimientos con su ritmo diario [ib.]". En la actualidad se acepta ampliamente, pero no totalmente, que "los ritmos circadianos son endógenos en los sistemas vivientes [Pittendrigh, 1960: 160]".

Según Piaget (1978b) una forma de equilibración en los procesos cognoscitivos consiste en "el equilibrio progresivo de la diferenciación y de la integración, y, por lo tanto, de las relaciones entre los subsistemas y la totalidad que los engloba [p. 11]". Esta forma de equilibración no se confunde con la de la equilibración entre los subsistemas, "ya que añade una jerarquía a las simples relaciones entre colaterales [ib.]". Como resultado de su proceso de abstracción empírica, Bünning y Stern (VI.29) integraron los observables en la aceptación del hecho "de que los movimientos de sueño investigados son autónomos, que pueden regularse mediante la luz y la temperatura y la distribución temporal de los ascensos u descensos de la máxima puede ser obtenida bajo determinadas condiciones de los experimentos [Bünning y Stern 1930: 252]". Kleinhoonte (1932) logró la diferenciación de otro observable, el de su capacidad de ser heredados, que incorporado a la síntesis anterior, le permitió formular la hipótesis de que son endógenos.

Este proceso de diferenciación-integración atañe, sin embargo, sólo al desenvolvimiento de una de las rutas, por cierto la principal, seguidas por el conocimiento acerca de los ritmos circádicos en su etapa intra-. Enseguida se revisarán las otras cuatro trayectorias que con un origen distinto llegan a integrarse, posteriormente, con esta del sueño en las plantas.

CAPITULO VII

Ritmos de actividad en insectos

Las afirmaciones de Piaget acerca de que en el "terreno cognoscitivo se pueden distinguir ... creodas más o menos independientes, con sus homeorresis respectivas, y formas de equilibrio finales [1969: 24]" y que "este equilibrio se basa entre otras cosas en una solidaridad de la diferenciación y de la integración ... de los subsistemas jerarquizados, cuyas estructuras son análogas y que están unidos unos a otros mediante conexiones igualmente cíclicas [1978b: 6]", se recogen ahora de manera plena y concretamente, a través de las veredas de otra vía del estudio de los ritmos circadianos. La antigüedad de esta trayectoria que se ha denominado 'Ritmos de actividad en insectos' se remonta a 1734 y 1742, y en el presente siglo se integró a las otras canalizaciones de la Circadiología. Sus diversas veredas se irán enunciando bajo el nombre del grupo de insectos en los que se hicieron las observaciones correspondientes.

VII.1) En las mariposas

VII.1.1) René Antoine Ferchault de Réaumur (1734-1742)

El primer informe del que se tienen noticias, que trata de cambios en la actividad de los insectos, a lo largo del nictámero, bajo condiciones de laboratorio, es uno de René A. F. de Réaumur (1734-1742). Dicha obra fue citada por Phil Rau y

Nellie Rau en 1929, quienes tomaron la cita de los escritos de Eugéne L. Bouvier (1822).

> De Réaumur dijo acerca de las mariposas nocturnas encerradas en cajas y jaulas que, durante el día ellas estaban quietas en su prisión "pasando horas y frecuentemente días sin moverse del mismo lugar; pero, cuando llegaba la noche y también antes de que se pusiera el sol, movían sus alas y volaban tanto como la caja se los permitía". Por supuesto, [Rau y Rau -1929: 218] vieron que esta cita era contradictoria, en tanto que ellas no podían pasar días en su prisión sin moverse y volverse activas cuando llegaba la noche. Lo que, [a su parecer,] posiblemente sucedió con esas palomillas fue que algunas estaban colocadas en cajas cerradas y entonces, consumían días sin moverse, mientras que, aquellas que estaban en jaulas, en donde la luz natural podía penetrar, respondían a los rayos difusos de intensidad óptima.

Pero, dada la estrechez de información directa y concreta sobre si los dos grupos pertenecían a la misma especie y de las condiciones del laboratorio, se considera prudente la abstención en la emisión de comentarios y dejar esto sólo como un dato. Unicamente se agregará que de Réaumur es conocido como el "Plinio del siglo XVIII [Laín Entralgo y col., 1973: 53]".

VII.1.2) A. G. Mayer (1900)

A. G. Mayer (1900) "encontró que las prometeas están activas entre las 14 horas y la puesta del sol [Rau y Rau, 1929: 151]".

VII.1.3) H. Fabre (1916)

> En 1916, H. Fabre escribió completamente emocionado acerca de las hordas de machos que llegaban a donde se encontraban cautivas las hembras de la mariposa nocturna pavorreal. Durante una semana estuvieron llegando cada noche entre las 20 y las 22 horas. La primera vez, arribaron cuarenta machos y en las otras 25 ...
>
> Fabre también experimentó con otra palomilla que vuela de día, el 'pequeño pavorreal', *Attacus pavonia minor* Linn. Desde el medio día hasta las 14 horas, cada día, durante una semana, los machos estuvieron llegando hasta donde estaba la hembra cautiva, 10 el primer día y un total de 40 en la semana. El también observó que la mariposa nocturna conocida como el 'monje rayado' o 'huevera de roble' atrae a los machos desde grandes distancias; a las 15 horas en los atardeceres "muy calurosos o brillantes ... llegaban provenientes desde

los alhelís dobles, allende las cortinas de árboles de ciprés (Fabre, 1916)". La habitación se llenaba con un enjambre de sesenta machos, permaneciendo cada uno con sus movimientos frenéticos durante tres horas.

Según este autor, la palomilla 'pavorreal', requiere de la oscuridad de la primera parte de la noche, 21 a 22:30; mientras, la 'pequeña pavorreal' necesita de la luz brillante de la mitad del día. [Rau y Rau, 1929: 86 y 151].

VII.1.4) C. M. Weed (1917)

Este autor dijo que las mariposas nocturnas "*Cynthia*, ocasionalmente vuelan durante los días nublados [Rau y Rau, 1929: 151]".

IV.1.5) Eugéne L. Bouvier (1922)

Eugéne L. Bouvier (1922) tiene un capítulo en su **Psychic Life of Insects**, titulado **Vital Rhythms and Organic Memory**. [En éste], él discute el trabajo que había sido hecho sobre los ritmos de los insectos y otros invertebrados, desde el tiempo de De Réaumur (IV.3.1.1) a los trabajos de los días [en que escribió].

De las observaciones de Loeb [VIII.7 y VIII.12], sobre la palomilla esfinge, realizadas durante 'dos o tres días', Bouvier (1922), ... de acuerdo con él, dice que 'en ciertas palomillas su periodicidad es independiente de la estimulación luminosa del momento'. Concluye: "así, la periodicidad nos es manifestada independientemente de las variaciones luminosas". De alguna forma los experimentos de De Réaumur, a quien también él cita, influyeron sobre esta decisión. [Rau y Rau, 1929: 148 y 218].

Para Rau y Rau (1929) "obviamente, esta afirmación no vale para las 'cynthias', 'cecropias' y 'polifemas' [op. cit.: 218]".

[Bouvier (1922) va a decir que] hay una periodicidad adquirida por el organismo, grabada sobre los seres en el transcurso de generaciones bajo la influencia fototrópica de los estímulos luminosos periódicos y hoy, todavía, se puede mostrar así misma sin la intervención de aquellos; se ha separado de la acción estímulante que la produjo. [ib.].

Con esta hipótesis de Bouvier (1922) que por poco es lamarckiana, como con la interpretación que tiene que ver con la naturaleza inherente de la periodicidad diaria, a la que aribaron los Darwin (VI.16) en su libro **On the Power of Movements in**

Plants -1880 (Bünning, 1960), se vuelven acopiar bases para la caracterización de la historia de la Circadiología como una evolución epigenética. En esta vereda, como en el camino del sueño en las plantas durante la época de los Darwin, apenas estaba surgiendo la diferenciación cognoscitiva de esta ídole de la ritmicidad circadiana. Cuando con dificultades se estaba dando el descubrimiento de esta propiedad de los ritmos circadianos, la elaboración de buenas explicaciones que no fueran locales y particulares, debió haber sido excesivamente ardua. Como ya fue captado en el último capítulo, las 'razones' que se pudieron establecer, tocantes a la autonomía de algunos ritmos diarios no pudieron ser encontradas sino hasta el tránsito hacia la división de las relaciones inter-objetales.

La hipótesis de Bouvier (1922) fue formulada unos diez y ocho años después de las relaciones de Semon (VI.25) y siete años antes de las publicaciones de Bünning y Stern (VI.29) y Kleinhoonte (VI. 30), en las que, como se recordará, se comienza a plantear la existencia de la heredabilidad de los ritmos circadianos. Desafortunadamente, basado en la producción de De Réaumur y de Loeb, Bouvier (1922) se contradijo con las sentencias de su párrafo que se está invocando y concluyó lo contrario (Rau & Rau, 1929). Del modo en que él la entendía, "la periodicidad muestra que es una simple manifestación del fototropismo entre los insectos [en Rau & Rau, 1929: 218]".

Evidentemente, Bouvier trajo a esta creoda una hipótesis formulada a finales del siglo anterior dentro de otro canal, el de los ritmos nictamerales de migración vertical, pero sin buenos resultados. Esta ausencia de buenos resultados se puede deber a tres causas que no son excluyentes. La primera es que en aquel tiempo del cauce de los ritmos de actividad en insectos, la operación de base para las indagaciones que versan sobre la ritmicidad circadiana apenas se estaba levantando. La segunda puede ser la carencia de una teoría que permitiera la asimilación de las observaciones registradas las cuales quedan como un hecho aislado que sólo introdujo una perturbación anulada por una reacción de tipo α (II.8.1). La tercera es el hecho de que la

hipótesis de los tropismos formulada por Loeb funcionó como un obstáculo epistemológico en aquella trayectoria. Dentro de este rubro se puede observar que a Bouvieri le sucedió algo parecido, con todo y menos dramáticamente, a lo que le pasó a su amigo Georges Bohn (VIII.11), quien guiado por la hipótesis de los tropismos se retractó de sus aciertos.

VII.1.6) Arthur E. Shipley (s.f.)

Rau y Rau (1929) publicaron un escrito en el que aparece una cita de Arthur E. Shipley (s.f.) quien se manifestó acerca de la ritmicidad orgánica en los siguientes términos:

> La materia viviente es rítmica; esto es, siempre va como en intervalos, frecuentemente se ve que estos intervalos no tienen relación con las influencias externas, igual que la respiración o los recurrentes latidos cardiacos, pero en muchos casos, los intervalos de las acciones se corresponden con los cambios cósmicos. La noche y el día controlan el sueño; las mareas tienen una marcada influencia sobre los hábitos de muchos de los invertebrados que viven en las playas y estos hábitos periódicos están tan marcados y tan grabados que pueden conservarse aun cuando los animales que los presentan sean trasladados tierra adentro y colocados en un acuario completamente aislado. El verano y el invierno, el tiempo de la grana y el de la cosecha, desempeñan quizás el papel más importante en estos ritmos. Uno tiene únicamente que pensar en los hábitos para la aparición y desaparición de los árboles perecederos para reconocer esto. [en Rau & Rau, 1929: 148].

"Así dice Shipley, en su capítulo introductorio a Life. En el último capítulo sobre los ritmos, toca de forma interesante varias clases y tipos, tanto del mundo animal, como, del de las plantas. Escribe sobre el ritmo de células, de partes de células, tejidos, órganos, en organismos y comunidades [ib.]".

El escrito de Shipley (s. f.) es un buen resumen de algunos logros tenidos hasta esas fechas, aunque a lo mejor, otra vez, incompleto y aislado.

VII.1.7) Soule y Elliot (s.f.)

Estos autores le contaron a los Rau y Rau (1929) "que la mariposa nocturna prometea vuela todo el tiempo después de las dos de la tarde. [En tanto que], la palomilla cecropia puede volar cerca de la luz eléctrica y durante el día, puede ser encontrada debajo de las vertientes de los tejados [p. 85]".

VII.1.8) Paul Rau y Nelli Rau (1929)

En 1929, Paul Rau y Nelli Rau publicaron un artículo muy extenso en el que muestran su interés sobre "el ritmo en los insectos y especialmente en las mariposas nocturnas [p. 148]". En la segunda página de la parte que le dedican a sus "estudios experimentales sobre el olor, el viento y la luz, en relación con la periodicidad rítmica en las mariposas saturniid [p. 146", ellos consideran que la "combinación de percepciones y reacciones al estímulo, en conexión con la ritmicidad periódica de cada especie guía a uno dentro de un enredo que no es fácil de resolver [op. cit.: 147-148]". He aquí algunos párrafos extraídos de esta cuantiosa e interesante obra.

Sus preguntas:

> Se conoce muy poco acerca de los ritmos de día y de noche en las mariposas tanto nocturnas como diurnas. Con los coleccionistas de Lepidoptera que casi exceden en número a las mismas Lepidoptera, se ve extraño lo que todos nosotros sabemos acerca de sus actividades, esto es que, las nocturnas vuelan en la noche y las diurnas en el día. Pero, esta información no es suficiente. Una palomilla que vuela en el día no está volando durante todas las horas que dura el día y tampoco está una mariposa nocturna, de este modo, activa por toda la noche; cada criatura tiene sus horas de actividad. Cuáles son estas horas para cada especie? y por qué son seleccionadas ciertas horas de entre todas las demás? [Rau & Rau, 1929: 151].

Las respuestas a los problemas que plantean Rau y Rau se encuentran en la toma de datos bajo condiciones naturales. Es evidente que a pesar de que era el año de 1929, estos autores sólo plantean cuestiones explícitas acerca del valor adaptativo de la fase de la oscilación, pero no interrogantes acerca de un posible origen endógeno de los ritmos.

Observando el material que tenían a la mano, los Rau (1929) dieron respuesta a su primera pregunta:

> Las cecropias se vuelven activas durante la hora que va de las 3:30 a las 4:30. Las polifemas están fuera desde las 3:20 a las 4:30 y de las 23 hrs a la media noche. Las prometeas por ninguna razón que nosotros hayamos todavía alcanzado, escogen para viajar fuera, de las 15:40 a las 18:40, a plena luz del día. Mientras que las cynthias están activas desde las 3 hasta el alba y de las 21 hasta la media noche. El monje rayado o huevera de roble vuela entre las 15 y las 18 horas, en la tarde. [op. cit.: 151-152].

Después tratan de responder al problema planteado implícitamente acerca del origen de la ritmicidad que habían registrado en condiciones naturales: "antes de poder determinar si la periodicidad rítmica per se es un factor controlador de estas palomillas, deberían primero eliminarse las reacciones que son puramente sensoriales. Nada [había que ellos pudieran] llamar puramente rítmico si la respuesta podía ser atribuida a estas reacciones [ib.]". A partir de una primera lectura, se puede mirar que sus declaraciones eran correctas. Pero, de nuevo se está ante el hecho epistémico de la falta de diferenciación entre los observables; frente a la necesidad de la sucesión de los rebasamientos. Todavía no llegaba a esta canalización la diferenciación entre un ritmo, posiblemente endógeno, del vuelo y quizás, otro, tal vez, también endógeno de la respuesta conductual a los cambios de iluminación; tampoco existía la diferenciación que se debe dar entre la función de estos cambios, sea que actúen como causa de la formación del ritmo o como sus sincronizadores.

En otro párrafo describen "las pruebas que fueron hechas para ver en que grado los periodos rítmicos recurrentes pueden ser cambiados [op. cit.: 169]":

> *Samia cecropia*. Exp. 14. Las siete palomillas mencionadas antes, más tres más bravas, a cada una se le concedió reposo hasta las 17:30 horas del siguiente día; la caja estaba cuidadosamente cubierta para excluir la luz; a las 17:30, la luz del día fue sustituida por una lámpara de luz eléctrica de 50 W a casi 12 pies de la caja. Después de haber colocado suavemente a todas las palomillas en el fondo oscuro de la caja, se levantó la cortina del lado cercano a la luz. En tres minutos, tres

machos habían hecho un camino al final iluminado y después de diez minutos conté ahí, siete. Estos movimientos fueron ciertamente debidos a la diferencia en la iluminación y no al periodo del día, en éste no tienen su tiempo normal de actividad y los controles en otros recipientes no presentaban actividad a esa hora. De entrada, los controles estaban expuestos a la luz del cuarto todo el día. [ib.].

Sus conclusiones son válidas; no observaban la ritmicidad, sólo veían la respuesta al cambio de iluminación.

En otras jaulas cercanas, mientras aquel trabajo estaba en marcha, había más mariposas nocturnas de ambos sexos criándose desde capullos en el laboratorio y otros machos nativos que habían sido atraídos por nuestras hembras, pero ninguna presentaba algún signo de actividad en aquel momento del día. Ellas estuvieron expuestas todo el tiempo a dos cambios normales de noche y día, su programa no fue perturbado por imitaciones artificiales de oscuridad, luz o penumbra. De aquí aparece que la actividad de estas criaturas está regulada por los cambios en la intensidad de la iluminación y no, como ha sido pensado por muchos investigadores, por el reloj. [op. cit.: 173].

Llama la atención el empleo del término 'reloj'. Parece haber sido la primera vez que se usó con la designación que tiene en el esquema conceptual de la Circadiología. No obstante, aclaran que había "sido pensado por muchos investigadores". Lo que no va de acuerdo con la idea de que este concepto de que los ritmos circadianos tienen el oficio de relojes fue construido, por primera vez por Bünning en 1936. De nueva cuenta la coordinación aislada, ahora se trata de la construcción de un concepto que no fue asimilado, ni sirvió para tal proceso.

Por supuesto, no era el tiempo normal para la actividad de aquellas [mariposas] que se encontraban en el estuche de vidrio, ni más que para las otras en el cuarto, pero ellas estaban fácil y tontamente en actividad debido al falso amanecer, en cualquier momento del día, deseábamos llevarlas a escena sin trabajarlas hasta el punto de la fatiga. El hecho de que sus periodos de respuesta rítmica sean alterados por las condiciones de iluminación muestra que sus hábitos no están profundamente inculcados en su psicología (o en su fisiología ¿o en ambas?), además que pueden no estar realmente cambiados. El hecho de que cynthia no cambie prontamente sus periodos bajo condiciones similares, lo hace a uno suponer que ésta es filogenéticamente más

vieja, ya que sus hábitos están más profundamente inculcados. [ib.].

Dejando de lado el corte lamarckiano de estas afirmaciones, parece válido un replantemiento de las observaciones hechas por Rau y Rau (1929) sobre sus mariposas, se podrían plantear cuestiones acerca de los nexos que pudieran existir entre los valores posibles del ritmo en oscilación libre (I.6), en sincronización o de la fase y la antigüedad de la especie.

Rau y Rau en 1929 formularon que "si la periodicidad rítmica es algo innato y no está influenciada por los alrededores, entonces, encontraremos en estas palomillas que la actividad regresa cada noche con el retorno de la hora, independientemente de las condiciones externas [p. 177]". Otra incorporación singular de una palabra, en este caso: 'innato' (V.8.6). A pesar de que, igual que con el vocablo 'reloj', es una introducción aislada y por tal motivo no pudo ser asimilada.

La hipótesis formulada por Rau y Rau (1929) es una de las más tempranas dentro de las que pregonan un carácter endógeno de los ritmos circadianos. Pareciera que a continuación registrarían el ritmo del vuelo de sus mariposas nocturnas en oscilación libre, pero no fue así. A pesar de que dicha hipótesis contiene elementos actualmente incorporados en la definición de los ritmos circadianos (I), se presenta una laguna muy importante: los autores no tomaron en cuenta la posibilidad de la sincronización. De esta forma, en el mismo informe, primero se presenta el concepto de innato y después, asociada con éste, la hipótesis del origen endógeno de los ritmos circadianos; los dos aislados de las demás creodas y de los procedimientos que eventualmente permitirían probarla:

> Si cerramos y dejamos afuera el estímulo de luz, encontraremos que los vuelos han ocurrido en el tiempo regular, en la mañana las palomillas deberán estar esparcidas alrededor del cuarto. Con este fin se hicieron los siguientes experimentos:
>
> Exp. D16. Junio 4, 21 horas 52 palomillas que comprendían 13 machos y 13 hembras de cynthia, 13 machos y 13 hembras de cecropia fueron colocados en la pared sur de un cuarto oscuro. A la mañana siguiente encontré 36 justamente donde las dejé y 16 estaban apretujadas alrededor de la puerta; esta puerta estaba cerrada, pero

no muy ajustada en el fondo, en donde penetraba un pequeño lápiz de luz, estaban congregadasen el único rayo de luz del cuarto. Esta simple prueba muestra que las mariposas nocturnas no actúan meramente porque sea su hora apuntada para actuar. Sin el estímulo de una condición precisa de luz difusa, ellas pasan la hora del alba sin moverse. Esto también muestra que algunos individuos sumamente sensibles pueden sentir un magro trazo de luz y responder a él. [ib.].

Esta afirmación aunque correcta, invalida la posibilidad de referencia a un ritmo circadiano ya que estaban registrando respuestas fototrópicas, no actividad rítmica y la duración de los experimentos era de menos de 24 horas. Tampoco tenían la más mínima posiblidad de saber si sus palomillas se habían ido a volar durante el alba y regesado al mismo sitio donde las habían dejado.

Además de las lagunas, se ha detectado una contradicción:

Exp. 20. Junio 23 de 1924. A las 19 horas, cinco mariposas nocturnas de las cynthias (3 hembras y dos machos) fueron colocadas en recipientes de vidrio; éstos fueron completamente tapados, metidos y mantenidos así durante 30 horas. A las 13 horas del siguiente día, la cubierta de uno de los lados fue levantada, pero entonces, niguna se precipitó a la luz. Cuando examiné la caja a las 18:30 ninguna fue a la luz. Pero a las 19:30, todas ellas volaron al extremo iluminado. Esto indica, por supuesto, que su actividad no está influenciada por condiciones de luz u obscuridad sino que ocurre periódicamente. [op. cit.: 184].

Sumadas a las indiferenciaciones que se siguen leyendo, no sale la cuenta de las 30 horas y surge la contradicción a la proposición de que "las palomillas no actúan meramente porque sea su hora apuntada para actuar [op. cit..: 177]", ya que aquí se menciona "que su actividad no está influenciada por condiciones de luz u obscuridad sino que ocurre periódicamente [p. 184]".

A continuación se transcriben otros párrafos relevantes:

1. La vida sexual de varias especies de mariposas nocturnas Saturniid está definitivamente muy trabada con una periodicidad rítmica y ésta se ve afectada por las condiciones de iluminación.

2. Durante el período de vuelo, vuelan una vez cada 24 horas, los machos van a las hembras desde distintas distancias ...

3. El término general de 'voladoras nocturnas' no puede ser aplicado a estas palomillas porque cada especie tiene su propio período corto de vuelo durante

el ciclo de 24 horas. La luz de la luna a veces influye el período de vuelo de algunas especies.

...

9. Cada especie regularmente tiene su propio periodo corto de actividad. Esta periodicidad rítmica puede ser cambiada en un grado considerable en las cecropias, por medio de la simulación de las condiciones de penumbra en el alto medio día. En cynthia la hora de actividad está más profundamente inculcada y no puede ser cambiada fácilmente; por esto, pensamos que las cynthias, filogenéticamente, son las más viejas de las dos especies. El hecho de que las varias especies de las Sturniid tengan diferentes periodos de vuelo ayuda, por supuesto, a cuidar del cruzamiento.

...

11 ... Si la periodicidad rítmica en ciertas especies está fijada y no puede ser cambiada por experimentación ¿este ritmo inculcado varía en las diferentes líneas de la misma especie (p. ej. material de diferentes localidades)?...

Desde los dominios conceptuales de la actualidad, se puede mirar que lo expresado en estos párrafos es correcto, hecho que sirve para reafirmar que los errores previos, si es que se les puede llamar así, no se debieron a la incapacidad de los investigadores. En concordancia con la epistemología genética, en mucho, se derivan del nivel de conocimiento logrado en la ruta epistémica en cuestión.

La alusión al "hecho de que las varias Saturniid tengan diferentes periodos de vuelo, ayuda, por supuesto, a cuidar el cruzamiento [p. 207]". Hace que vuelva a surgir la falta de diferenciación entre el valor adaptativo de la sincronización de un ritmo y el valor adaptativo del ritmo per se. Esto se va a poder apreciar mejor en la discusión que presentan al final de su publicación:

La condición de caos en la literatura concerniente a la periodicidad rítmica sirve para traer luz hacia un punto significativo en este nuevo campo de estudio. Es evidente que este término relativamente nuevo, periodicidad rítmica, ha sido capturado por la oreja de muchos investigadores y los ha intrigado; ya sea que hayan tratado de explicar el fenómeno sin definirlo o más frecuentemente, aplicar el fascinante término como si una explicación última a cualquier acción del mosquito africano que viene en la noche a alimentarse de los nativos acostados sobre la tierra es "poderosamente explicada" esta periodicidad es el resultado de la

sensibilidad térmica, aunque, el autor, ingenuamente, explica que en las criaturas "el ritmo es transformado según los deseos del investigador". Llamar a esta acción 'periodicidad rítmica', cuando la criatura meramente retorna a la fuente de alimentación, cuando el último intermintente se acerca, es obviamente, una deducción lejana. Muchos fenómenos explicados por varios autores como una 'periodicidad rítmica' son meras adaptaciones o igualmente ajustes temporales a hechos regularmente recurrentes del ambiente. El trébol extiende sus hojas al sol durante el día para alcanzar su estatura; el conejo se pone a pacer el trébol en la noche, para poder escapar del halcón; el tecolote duerme durante el día para poder venir y tragarse al conejo ...

Todas estas acciones tomadas separadamente tienen que ser atribuidas a la periodicidad rítmica, pero ninguna de ellas puede continuar su acción rítmicamente (por el reloj) del todo, si el objeto de su pesquisa cambia de hábitos. Por supuesto, estos ajustes al medio o criaturas asociadas están vinculados a modificaciones morfológicas en el organismo -los ojos del tecolote, los ojos del halcón, etc.- Pero, si los hábitos han causado variaciones estructurales o si los cambios morfológicos han inducido nuevos hábitos, es un problema que está fuera del alcance de este escrito. Siguiendo un poco adelante con el ejemplo dado antes, la temperatura del tecolote en el día y en la noche ya tiene que ser citado como un ejemplo de la acción de la periodicidad rítmica ... En muchos casos el observador no pregunta, ni responde, la cuestión de cuál es la causa y cuál el carácter resultante, pero, afortunadamente, en este caso, Charles Elton ha hecho sus datos significativos al decirnos que las variaciones de temperatura en el tecolote pueden ser vueltas al revés, al invertir sus periodos de actividad y reposo.

Pero, independientemente del hecho de que nuestros experimentos en estas tres palomillas muestran que la luz de una cierta calidad es el factor que controla su actividad y que, el habitual o programa rítmico de estas criaturas puede ser modificado mediante la manipulación de la luz, todavía podemos reconocer la presencia de algún factor controlador por descubrirse u otra cosa inculcada en el organismo que hace que éste responda en los lugares abiertos en el periodo que debe. La pregunta sin contestar es esta: si los rayos de luz de una cierta intensidad fueran la única causa ¿cómo es qué los machos de estas palomillas no se reúnen con las hembras cuando el sol está a una misma distancia bajo el horizonte en el poniente (atardecer)? ... difícilmente puedo imaginar que los físicos puedan hablarnos de diferencias en los rayos de luz que salen disparados del sol una hora bajo el horizonte en el poniente y una hora antes de aparecer por el oriente ...

Así, el poder y las limitaciones de la periodicidad rítmica son excesivamente difíciles de definir. Que tal condición existe para que esta acción ocurra regularmente en la naturaleza, en un momento, no lo podemos negar; pero, encontramos que muchos de estos ritmos son modificados por cambios en condiciones conectadas, ya sea, dentro o fuera del organismo. Por supuesto, esencialemnte, llegamos a la realización de que la periodicidad rítmica de cualquier organismo es únicamente para que la criatura tome parte en la 'armonía del universo'; mientras que los planetas giraran con ritmo, con estaciones regulares y los días y las noches cambian en nuestra tierra, toda la materia viva debe necesariamente moverse en armonía con aquellos (u otros) ciclos resultantes. De aquí que muchas clases de comportamiento sean explicadas como ritmos, los cuales son sólo adaptaciones al ritmo del todo. Unicamente un pequeño comienzo ha sido emprendido para el estudio de este fascinante objeto. Este podrá, probablemente, nunca estar sencillamente solo por su inextricable entrelazamiento con las adaptaciones, hábitos, sueño, fatiga, estimulación, psicogénesis, etc.

Los resultados del presente estudio relacionado con la periodicidad rítmica tienen dos pliegues. Primero, nuestros descubrimientos concuerdan con las interpretaciones de Davenport para sus primeros experimentos, cuando él dice que las mariposas nocturnas son como estructuras que reaccionan solamente a la débil intensidad luminosa, mientras que las lepidópteras diurnas reaccionan a los rayos de alta intensidad. El segundo es el de la periodicidad rítmica dentro del organismo, raramente puede ser considerada como un factor o fenómeno causal, únicamente como una referencia que muestra la interdependencia de las o la criatura con su medio. Normalmente no es más que el habitual ajuste de la criatura con sus alrededores, pero sin duda hay muchos ejemplos donde la acción rítmica es una característica innata del tejido como las pulsaciones del tejido cardiaco o el precoz embrión de pollo. En el presente momento me inclino a decir que aquellas acciones que requieren de un estímulo para ponerse en marcha son únicamente reacciones o adaptaciones en el comportamiento, mientras que aquellas acciones que requieren interferencias externas para deternerse o modificarse pueden verdaderamente ser llamadas ritmos. [op. cit. 219-22].

Esta discusión revela parte de la situación del crecimiento del conocimiento acerca de los ritmos circadianos a lo largo de esta trayectoria: hay hasta esa fecha sólo datos aislados y la necesidad de un dominio conceptual que permita la asimilación de los hechos observados; se carece de elementos para proponer un

significado adaptativo a la periodicidad rítmica. Lo que origina desequilibrios en un campo más amplio, en el paradigma darwiniano.

La fecundidad a la que puede llevar la superación de las explicaciones locales es otro hecho epistémico que puede ser registrado. P. ej. el planteamiento de problemas sobre "la presencia de algún factor controlador por descubrirse".

La penetración de la Filosofía natural que, parece, se dió en esta vía cognitiva a través de conceptos como el de la "armonía del universo". Igualmente, está presente la influencia de los Médicos materialistas alemanes. Hay que hacer notar la claridad con la que Rau y Rau (1929) asientan las asociaciones entre las adaptaciones del comportamiento y los fenómenos rítmicos. Hasta donde se tienen noticias, la última definición de éstos, es una de las primeras y mejores, con todo y que fue construida a pesar de algunas fallas empíricas. Se volverá a ver esto.

VII.2) En los hymenópteros

VII.2.1) René A. F. de Reaumur (1734-1742).

Este gran naturalista, considerado el Plinio del siglo XVIII (VII.1.1) anduvo, también, por esta vereda "Hizo una multitud de experiencias y observaciones curiosas en sus jardines de Charenton y reservó a las abejas un volumen entero de sus **Mémoires pour servir à l'histoire des insectes** [Maeterlinck, 1901: 21]"

VII.2.2) Maurice Maeterlinck (1901).

En su bella obra literaria sobre la vida de las abejas, entre otras muchas cosas escribió:

> Cada día, de once a tres, cuando la luz celeste brilla en todo su esplendor y, sobre todo, cuando al mediodía [la reina] despliega hasta los confines del cielo sus grandes alas azules para atizar las llamas del sol, la horda empenechada [de zánganos] se precipita en busca de la esposa ...

[Misma que], a pesar de su impaciencia, elige su día y su hora y espera ... el silencio y las rosas del mediodía ...

De doce a tres de la tarde ... de julio o de agosto, [los zánganos] aparecen en el umbral [de la colmena] y van a posarse tranquilamente sobre las flores más próximas, donde se duermen hasta que la frescura de la tarde los despierta. Entonces vuelven a [aquella]. [Maeterlinck, M., 1901: 166 y 169].

Es posible que sea en estos parrafos que por primera vez se de cuenta del entrelazamiento de dos ritmos: uno diario y el otro anual. Aparecen también la posición teleológica del poeta y la constructivista del observador: "ignoramos el fin de la naturaleza, que es para nosotros la verdad que domina todas las otras ... todo se achica o se agranda en nosotros, según la pequeña señal que le hace nuestra elección [op. cit.: 181 y 182]".

VII.2.3) Alfred Russel Wallace (1903)

En su libro Man's place in the Universe Alfred R. Wallace escribió que "la naturaleza entera está llena de movimientos rítmicos de toda especie, grados y duración. Todos los movimientos y todas las funciones de los seres vivos son periódicos: el crecimiento y la restauración, la asimilación y el desfallecimiento se suceden alternadamente. Todos nuestros órganos están sujetos a la fatiga y exigen el reposo. Todo género de estímulos debe ser de corta duración, bajo pena de ser funestos. De ahí la ventaja de la oscuridad; en tanto que los estímulos como la luz y el calor, en parte, son suprimidos ... Las plantas como los animales se benefician de ese reposo nocturno; las unas y los otros aprovechan, igualmente, periodos más largos, llamados invierno o verano, estaciones secas o lluviosas. [Bohn, 1914: 153].

VII.2.4) Auguste Forel (1906)

En las agradables mañanas de principios de siglo, aproximadamente por el año 1906, Auguste Forel solía tomar su desayuno con su familia en el jardín de la terraza. Dulces y jaleas frescas, recién hechas con frutos del lugar, estaban siempre a la mesa. Muy pronto las abejas se acercaban para participar del festín. El Dr. Forel acabó por comprobar que las abejas venían puntualmente a la hora del desayuno, y comenzó a cronometrarlas con su reloj.

> Algunos días, el desayuno era servido en la casa, no en la terraza. Una de esas mañanas, Forel vio algo que le intrigó. Las abejas estaban en la terraza a su hora habitual, aunque el dulce no estaba allí. Había supuesto que las abejas eran atraídas simplemente por el aroma a las frutas, pero ellas venían a la terraza todas las mañanas, a la hora exacta, hubiera o no hubiera dulce. Desde su niñez, Forel había pasado largas horas estudiando el comportamiento de las hormigas, y había revisado todo aquello que podía recordar acerca de las sociedades de hormigas, para ver si podía encontrar una pista. Pero no pudo encontrar ninguna. Tenía una vaga idea de que las abejas eran capaces de medir el tiempo de alguna manera, pero no hizo ningún esfuerzo para aprender nada más acerca del asunto. [Ward, 1977: 39-40].

Forel era un psiquiatra suizo, situación que conduce a colocarlo en paralelo con de Mairan Dortous (VI.1). Ambos prestaron atención a datos que estaban alejados de su trabajo cotidiano. Los dos anunciaron la existencia de un ritmo fuera del alcance de los estímulos que aparentemente los desencadenaban. Sus descubrimientos fueron al azar, en tanto que, no los realizaron ni planearon, con este afan ¿Se trata de las primeras fluctuaciones en el desenvolvimiento de las estructuras disipativas (Prigogine, 1983)? Ninguno siguió por las rutas que empezaron.

VII.2.5) H. von Buttel-Reepen (1915)

> Unos pocos años después de Forel, el científico alemán H. von Buttel-Reepen se complacía en pasear por los campos de trigo sarraceno, *Fagopyrum esculentum*, típicamente coloreados. La fragancia de las flores, la calidez solar de media mañana y el zumbido de las abejas le producían un lánguido sentimiento de bienestar. Pero había un problema que continuaba exigiendo respuesta. En los capullos del trigo serraceno la alfuencia de néctar se detenía a media mañana. Las abejas rápidamente partían y permanecían alejadas hasta que comenzaba la nueva afluencia de néctar -Renner, 1952. [en Ward, 1977: 40].

La relación de estos datos fue hecha por von Buttel-Reepen (1915) de la siguiente forma:

> El alforfón produce nectar únicamente en la mañana. Después de este momento, uno ve sobre las flores y los campos fragantes, apenas alguna abeja. Sin embargo, en la mañana siguiente, durante las primeras

horas, cientos de miles que se hacen evidentes otra vez y vuelven a desaparecer entre las 10 y las 11 horas, independientemente del hecho de que las fragancias y la extensa pradera llena de flores pudieran ejercer la misma atracción. [Citado por Stein-Beling en 1929, de donde lo tomó Lutz en 1934: 1].

Teniéndolo en cuenta, von Buttel-Reepen volvía a los campos de trigo sarraceno por las tardes soleadas. Inclinándose sobre una flor, aspiraba profundamente. Le parecía que las flores eran tan fragantes por la tarde como por la mañana. Pero las abejas nunca venían por la tarde. Evidentemente, no era la fragancia la que las llevaba. Entonces, ¿Cómo sabían ellas cuándo debían ir?

von Buttel-Reepen elaboró una hipótesis acerca del porqué. [Conjeturó] que las abejas tenían un sentido real del tiempo, un reloj interno ... Para describir la idea, acuñó la palabra Zeitgedächtnis -sentido del tiempo. [Ward, 1977: 40].

Ward (1977) considera que este fue "un término tan idóneo que se le podía encontrar [hace unos diecisiete años] en la literatura biológica anglosajona casi con la misma frecuencia que en la alemana. ¿Fue esta hipótesis un golpe de suerte? [Según él] probablemente lo fue [p. 40]".

A partir de aquel observable y sin tener todavía categorías de análisis adecuadas para esta clase de preguntas, la hipótesis de von Buttel-Reepen (1915), como lo ha sugerido Ward (1977), fue tan sólo una entre varias explicaciones plausibles.

von Buttel-Reepen (1915) "podría haber supuesto que las colonias de abejas mantenían unas pocas exploradoras solitarias presentando atención al campo. Cuando la afluencia del néctar comenzaba las exploradoras podrían volar de regreso a la colmena e informar de ello [Ward, 1977: 40]". En su publicación de 1934, Lutz sustentó que en lo que atañía a sus experimentos al respecto, los resultados obtenidos apuntaban claramente a las siguientes conclusiones:

El comportamiento de las abejas cuando el alimento está disponible en un color durante ciertas horas de la mañana y en otro durante ciertas horas de la tarde es prácticamente diferente. Vienen en grandes cantidades al color y al momento correcto pero hay siempre unos pocos individuos 'inspeccionando' en otros colores y en otros momentos [que cuando encuentran comida], regresan con ella a la colmena, excitando el anjambre que entra en actividad. Se ve de forma evidente que la población

adquiere una asociación no muy definida entre el color y el tiempo de alimentación.

...

Si todas estas cosas son ciertas, se puede ver que la solución al 'problema del alforfón' es más simple y no necesariamente involucra un entrenamiento al momento para la comida o el color [págs. 8-9 y 10].

A von Buttel-Reepen se le pudo haber ocurrido "que las abejas relacionaban el flujo del néctar con algún hecho externo: la posición del sol en el cielo, por ejemplo. Si ellas recordaban cuándo había comenzado el flujo ayer, podían ir hoy en busca de alimento cuando el sol se hallara en la misma posición [Ward, 1977: 40]".

Otra hipótesis que pudo haber formulado von Buttel-Reepen es la de que el alforfón despedía algún aroma que no pueden detectar nuestros receptores del olfato; pero los de las abejas sí.

"Podría haber pensado que las abejas tenían un sentido real del tiempo, un reloj interno. Esa fue la conjetura que hizo [ib.]". Misma que Ward (1977) insiste en que "fue correcta [p. 40]". Después de más de 90 años de haber sido hecha, esta afirmación todavía no se puede sostener del todo. Las cuatro hipótesis, mencionadas recientemente, no son excluyentes, p. ej. en la segunda está involucrada la sincronización. Los observables cuando aún están poco diferenciados, por lo mismo, pueden recibir varias explicaciones. Al propio Lutz (1934) los resultados de sus experimentos le reforzaron la opinión de que:

Igualmente, aunque las abejas pueden ser capaces de adquirir la complicada asociación involucrada en la solución de Beling (1929) al 'problema del alforfón', no necesitan y posiblemente no usen esta habilidad. Toman su alimento donde y cuando lo encuentran, aparentemente, guiadas en gran medida por las circunstancias del momento. [p. 10].

VII.2.6) Ingeborg Beling (1929)

Ingeborg Beling (1929) en un artículo muy interesante ... mostró que las abejas pueden ser entrenadas para asociar la presencia de alimento con un cierto momento o momentos del día, igualmente, bajo iluminación, temperatura y humedad constantes. Esto es completamente diferente de aquello que ordinariamente es pensado como un 'ritmo interno'. Dice que ellas aprecian puntos de

tiempo, pero no periodos, ya que no las pudo entrenar a buscar alimento cada diecinueve horas, caso en el cual, el tiempo para alimentarse llega en un diferente punto en los sucesivos días de veinticuatro horas. [Lutz, 1934: 1].

"Al discutir los aspectos biológicos de este experimento [Beling] se refiere a aquello que [Lutz -1934] tuvo la suerte de llamar el 'problema del alforfón' [ib.]".

Beling (1929) era una investigadora graduada que trabajaba en el laboratorio del eminente Karl von Frisch, en la universidad de Munich. Cuando la señorita Beling fue a esta ciudad por primera vez a fines de la década de 1920, él era ya reconocido como destacado especialista en el tema de la comunicación entre las abejas; por otra parte estaba muy interesado en averiguar cómo las abejas se orientan en el vuelo ...

Al discutir las posibles áreas de investigación en las que ella podría ocuparse, von Fisch recordó la observación de Forel [VII.2.4] y rememoró el informe de von Buttel-Reepen [VII.2.5] ...

Aquí había un problema realmente desafiante, como le señaló el profesor a la señorita Beling. Tanto Forel como von Buttel-Reepen estaban seguros que las abejas acudían por comida sólo en los momentos precisos en que podían esperar que ésta estuviera allí. Más que eso: el segundo en realidad había llamado a esta noble habilidad, 'sentido del tiempo' ...

Beling (1929) se sintió inmediatamente cautivada por el problema, y convino hacerse cargo de él ...

El primer paso que planeó fue determinar el comportamiento exacto de las abejas, bajo condiciones específicas, en un medio perfectamente normal. Para esto, entrenó abejas colectoras de néctar, numeradas, para acercarse todos los días, a un compartimiento de alimentación provisto de agua azucarada, a una hora precisa ... Para este caso, eligió el horario entre las 16:00 y las 18:00 horas. El néctar estaba sobre la mesa de alimentación solamente durante esas horas; a cualquier otra hora el cristal de reloj estaba vacío. Mucho más rápido aún de lo que habían tardado en aprender la dirección correcta de vuelo, las abejas aprendieron que era perder tiempo el ir a la mesa de alimentación a cualquier hora que no fuera por la tarde. El paso siguiente consistía en hacer un registro exacto de lo que cada abeja marcada haría durante todas las horas de aprovisionamiento de un día en que el néctar hubiera sido suprimido en toda la jornada.

En la mañana del 20 de julio de 1927, Beling (1929) se levantó temprado. A las 6:30 de la mañana estaba lista en su puesto de observación, con su cuaderno de notas, lápiz y reloj en mano, dispuesta para apuntar la hora de llegada y el número de abejas en cada

visita. Es más, estaba preparada para mantener su vigilia sin un momento de interrupción hasta la última visita del día, es decir, posiblemente después de las 20:00 horas.

... Para su sorpresa, el fenómeno se hizo presente antes de que pasara una hora. El zumbido de una simple abeja proveedora sorprendió su oído. Aterrizando en la mesa de alimentación, la abeja se acercó al cristal de reloj vacío ... Era la abeja no. 11. Parecía extrañamente temprano para cualquier abeja. Aún más extraño: esta misma abeja volvió una segunda vez entre las 07:30 y las 08:00.

Algunos días más tarde, cuando la señorita Beling discutía los resultados del experimento con el profesor von Frisch, le preguntó por qué causa una abeja bien entrenada podía salirse tanto de los límites horarios. Buscando en su propia experiencia, él le recordó que siempre debería tener en mente que la Biología no es una ciencia exacta. Hay anormalidades ocasionales en el comportamiento, de la misma manera que hay desviaciones de la norma en otras áreas ¿No era este caso particular comprensible biológicamente? ... [Ward, 1977: 99-104].

De acuerdo, este caso particular era comprensible biológicamente. Pero las anormalidades ocasionales apreciadas cinco años después como tales por otros investigadores, le pudieron haber servido a Lutz (1934) para defender su hipótesis de "los pocos individuos 'inspeccionando' [p. 8-9]"; se podían haber mirado como regularidades. Sea por un sentido del tiempo o por el del aviso de las inspectoras, las abejas pueden evitar "exponerse, meramente, en balde a los peligros de su vuelo en servicio y sin algún propósito usar su energía [Beling, 1929]".

Mas, durante aquella mañana del 20 de junio de 1927, ninguna otra abeja visitó la mesa de alimentación. De hecho, ninguna otra proveedora se acercó hasta las 15:30. Entre esta hora y las 16:00 apareció otra vez la no. 11 y también la no. 19. En la siguiente media hora vinieron 6 abejas, y entre las 16:30 y las 17:00 hubo 17 visitas. Después de eso, durante cada media hora, hubo 11, 4 y 2 visitas respectivamente. A las 18:30 la pesquisa concluyó, y aunque Beling (1929) se mantuvo alerta hasta después de las 20:30, no apareció ninguna otra abeja...

La larga jornada de Beling hizo mucho más que confirmar las observaciones anteriores acerca de que las abejas entrenadas visiten un compartimiento de alimentación vacío a una hora determianda ... Descubrió, después de muchos experimentos, que sus abejas se comportaban con la misma regularidad en condiciones de luz constante, temperatura constante y carga atmosférica

constante con que lo habían hecho al aire libre aquella soleada mañana de julio. [Ward, 1977: 103-105].

En el resumen de sus resultados, Beling (1929) concluyó que:

I. Las abejas poseen una memoria del tiempo claro y marcado. Son de este modo, capaces de advertir los tiempos del día y la noche. El tiempo que dura este entrenamiento es de 2 a 3 días.

II. La memoria del tiempo de las abejas, con excepción de los antecedentes de la periodicidad diaria como la luz, el aire húmedo, la temperatura y la conductividad eléctrico de la atmósfera, muestra independencia. Así pues, bajo condiciones constantes y con ionización artificial en experimentos de laboratorio puede volverse a sincronizar a las abejas con el tiempo.

III. También la periodicidad organizada como la digestión o sucesos vitales enlazados con el enjambre tiene una orientación de tiempo incuestionable.

IV La memoria del tiempo está latente en los ritmos de 24 horas. Puede darse un entrenamiento a un ritmo de 19 horas.

Puede haber entonces dos posibilidades:

a) Vencimientos internos organizados en ritmos de 24 horas son el momento de animación con un resultado sincronizador. En este lazo se asienta el significado del tiempo del regreso diario de intervalos de tiempo de 24 horas.

b) Existe otro factor de periodicidad diaria, desconocido, citado por Cremer (1923), Stoppel (1920, 1926a, 1926b y 1926c) y W. F. Pauli (s. f.), en la explicación del prólogo del coloquio sobre fenómenos rítmicos que poseen algunos animales y plantas. Aquí se señala un punto de tiempo definido junto con la parte del periodo diario de las abejas como señal dada para el vuelo. Por decirlo así, los periodos diarios como conjunto renombran la hora a la cual las abejas leen el tiempo.

V. Un significado biológico del significado del tiempo es una figuración teórica. Sin embargo, aún no se han hecho ensayos. [págs.: 336-337].

Bien se puede notar que en este trabajo Beling (1929) hizo mucho más. Hasta donde se ha podido descubrir, es la primera ocasión en que se reúne y se revisa la información proveniente de por lo menos otras tres creodas: el sueño en las plantas (ESP), los ritmos nictamerales de migración vertical y mareas en organismos acuáticos (RiMiVeMa) y los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales (RiMiPa). Entre las sesenta citas listadas por la autora se encuentran las de los siguientes autores relacionados con las vías aludidas (en la columna de la

derecha se incluyen las siglas de la trayectoria por la que pasaron):

G. Bohn (1906 y 1910)	RiMiVeMa
H. Cremer (1923)	ESP
C. Darwin (1882)	"
A Drzewina (1926)	RiMiVeMa
F. Keeble & F. W, Gamble	RiMiPA
A. Kiesel (1894)	"
H. Menke (1911)	RiMiVeMa
W. F. P. Pfeffer (1908)	ESP
H. Pieron (1906 y 1910)	RiMiVeMa
E. Schweider und A. Sperlich (1922)	ESP
R. Semon (1905 y 1908)	"
R. Stoppel (1920, 1925, 1926a y 1926b)	"

VII.2.7) Frank E. Lutz (1929, 1931, 1932 y 1934)

En 1929, Frank E. Lutz principia la exposición de sus "observaciones sobre las hormigas cortadoras de hojas" con la sentencia de que "no es frecuente que uno tenga tan buen inicio para ciertas observaciones, como el que le proveyó una colonia de *Atta cephalotes polita* que estaba cerca del laboratorio del Institute for Research in Tropical America, en la Zona del canal de Panamá [p. 1]".

> La colonia era pequeña ... y tenía en aquel tiempo únicamente una pista, [una red de lianas,] a lo largo de la cual ellas conducían los pedazos de las hojas. Así, la observación de esta vereda le dió a [Lutz] una idea amplia y cabal, de las actividades externas de la colonia ...
>
> Puesto que se [había] señalado que la temperatura tiene efecto sobre la actividad de los insectos (una cosa que no había sido bien investigada para las especies tropicales y que realmente fue lo que llevó [a Lutz] a Panamá), la constancia de [ella] en las cercanías del suelo, dentro de una selva tropical simplificó mucho el asunto. Durante las horas en las que estas hormigas cargaban las hojas la temperatura nunca fue menor a los 26° ni mayor a 28° C. Igualmente, en aquel tiempo, la humedad fue muy constante ... La iluminación fue el más variable de los factores ambientales importantes si, como [Lutz] pensaba, era importante. [ib.].

De suerte que Lutz (1929) tuvo un laboratorio natural para poder atender al ritmo diario en la actividad de las hormigas, del mismo modo que lo había tenido A. Walter (1893) en el

Hinlopen Strait, en donde pudo enterarse de que las medusas que llegan del trópico mantienen su hábito de migrar verticalmente cada día. La distancia espacial y temporal de estas correspondencias epistémicas permiten retomar los visos equifinalistas que se pueden notar a lo largo de la consolidación de la Circadiología.

Lutz (1929) declara que "muchas relaciones que tratan de las hormigas cortadoras de hojas le dan al lector la impresión de que estas hormigas trabajan principalmente en la noche [y que] esto podía ser cierto para algunas especies y que en otros casos, [él] veía que podían haber variaciones que dependen de varios factores [págs.: 1-2]". Con esta visión, Lutz (1929) gestó una diferenciación del observable que unos tres años después va a generalizar. Tan pronto Lutz expone su modelo, comenta que estaban "familiarizados con el hecho de que algunos insectos eran diurnos y otros nocturnos [1932a: 73]". Esta diferenciación del observable fue de avanzada y tomando en cuenta que la hizo unos cinco años antes, de forma independiente a la de Welsh (1935), quién la va a generalizar para los ritmos diarios, puede ser considerada como otra de las marcas de la homeorrésis en la constitución de la Circadiología que, como se acaba de apuntar, se pueden atisbar en los procedimientos de Lutz.

> Lutz (1929) no estaba en una posición que le permitiera saber como podía ser [la actividad] de este hormiguero en otras estaciones, pero ciertamente durante el periodo cubierto por sus observaciones, no hubo actividad afuera del nido, antes del alba, después del atardecer, ni durante la luna llena. En efecto, el inicio para el trabajo fuera del nido fue en la mañana y el término de las tareas al atardecer. Esta fue una de las cosas más interesantes que pudo advertir [Lutz] en la pista de bejucos [p. 2].
>
> [De suerte que] mientras [Lutz] aprendía de las exhibiciones de las hormigas cortadoras de hojas, estaba pasmado con la regularidad con la cual, éstas iniciaban y paraban sus actividades diarias (1929). También estaba complacido con el horario que guardaban, no empezaban hasta después de la hora usual de su desayuno y se detenían a tiempo para dejarlo ir a tomar un baño antes de su merienda. [Lutz, 1932a: 73].

A Lutz le resultaba muy conspicuo que estaba haciendo analogías, p. ej., relata que "para usar otro símil con las diligencias humanas, [él] podía decir que las primeras trabajadoras parten como si fueran niñas que van a la escuela en un caluroso día primaveral; van jugando y corriendo por un camino y por otro. Entonces suena la campana y más o menos rápidamente, ellas se calman y se van a atender sus asuntos del día [1929: 2]". Este procedimiento, que como se puede uno fijar lo hacía muy concientemente, le rindió buenos frutos.

En la relación de Lutz (1929) aparecen algunas tablas en las que expone anotaciones diarias de la hora y el número de hormigas que salían y entraban, y de éstas, las que llegaban descargadas y cargadas. Ciertos "días le indicaron la posible conexión entre la intensidad de la luz y la hora en la cual estas hormigas empezaban a trabajar [p. 5]". Se queja que "desafortunadamente no tenía algún instrumento para medir la iluminación con bastante exactitud, como para [haber] determinado satisfactoriamente el valor de tal correlación [ib.]" y aconseja que "en el futuro los estudiosos no deberían olvidar que los rayos ultravioleta posiblemente tienen mucha importancia -Lutz, 1924 [ib.]".

Lutz (1929) ilustra brevemente la situación climática en esos días y de buenas a primeras notifica que él "veía con poco lugar a dudas que la luz es un factor controlador, pero que actúa en conexión con un ritmo fisiológico y [que] de entrada, con todo esto, no [midió] la cantidad de luz que es necesaria para iniciar la marcha de estas cosas [p. 6]".

Como se podrá traer a la memoria, en el trayecto del sueño en las plantas, tuvieron que transcurrir muchos siglos desde su primer registro hasta 1929, para que Stern y Bünning pudieran llegar a "la clave para entender la naturaleza endógena [Bünning, 1970: 312]" de los ritmos autónomos y "demostrar que los movimientos de los brotes etiolados pueden regularse en alto grado mediante estímulos muy débiles de luz y temperatura [Kleinhoonte, 1932: 709]". Para esto, la operación de base para los ritmos circadianos ya había sido llevada a cabo varias veces. Por su parte, en el mismo año de los procedimientos de estos

maestros, en la misma reseña, Lutz (1929) vierte el primer registro del ritmo diario de la actividad de las arrieras y hace la formulación de que éste está regulado por la luz en conexión con un ritmo fisiológico y además, sin haber colocado el ritmo de referencia en oscilación libre. De suerte que se vuelve a aparecer el viso homeorrésico en el crecimiento de la Circadiología. Es como si la formulación de que los ritmos de migración vertical y de mareas, así como el de la migración de los pigmentos en los animales, "reposan sobre la periodicidad del metabolismo [Menke, 1911: 80]", desde estas vías (VIII.18 y X.1.9), hubiera tenido el cargo de inductor en el progreso del trayecto de los ritmos de actividad en los insectos.

Otro hecho epistémico que se puede registrar del documento de Lutz es que el ritmo diario del comportamiento de las hormigas no implicó una conducta α, sino que acarreó una β (II.8). El efecto perturbador de sus observaciones fue integrado en su sistema cognitivo a través de la composición de su hipótesis de que este ritmo está regulado por la luz en conexión con un ritmo fisiológico.

En la publicación de 1931 que Lutz llamó **Light as a factor in controlling the start of daily activity of a wren and stingless bees**, este experimentador plantea que "esencialmente, el problema era si esta ave[134] tiene un fotómetro, un reloj despertador, ambos o ninguno [p. 1]" para emitir su primer canto. Inmediatamente de que Lutz (1931) vierte los resultados de sus observaciones en las que asoció la intensidad luminosa con el momento del primer canto del pájaro, concluye que "indudablemente, además de la luz otros factores pueden estar influyendo sobre el momento en el cual este abadejo[135] inicia su día, pero que para dar respuesta al problema

---

[134] Por más que la necesidad del contexto lo obligó, se demanda el otorgamiento de una dispensa por aparejar a los pájaros con los insectos.

[135] "Pequeño e insectívoro, pájaro passerino de la familia Troglodytidae, como el abadejo casero, *Troglodytes aëdon* [Steen, 1971]".

establecido, el veía que el abadejo tiene una combinación de un reloj y un fotómetro [p. 3]". Más todavía, el vio que "la intensidad absoluta de la iluminación era menos importante que su intensidad relativa cuando se le compara con la normal para un determinado momento [ib.]".

Al ver este modo que el abadejo posee "una combinación de un reloj y un fotómetro [p. 3]", lo que Lutz (1931) hizo fue formular para los ritmos circadianos el modelo 'de un reloj interno que se puede poner a tiempo'. Según la información obtenida hasta el momento, fue la primera vez que se hizo esta formulación explícitamente. Por más que en el trayecto del sueño en las plantas ya se puede vislumbrar: a) que, en 1907, Pfeffer (VI.24) había usado a los movimientos del péndulo como un modelo para ejemplificar la innecesaria existencia de una "isocronía entre la postoscilación y el impulso exterior a través del cual se impone un compás de tiempo a los movimientos [p. 331]" de algunas de las plantas que había sometido a experimentación y b) que en 1930, Bünning y Stern habían demostrado que la manifestación observada por ellos "puede ser aclarada a través de la aceptación de que los movimientos de sueño investigados son autónomos [y] que pueden regularse mediante la luz y la temperatura [p. 252]"; en esta conclusión de Lutz (1931) es la primera vez que se constata el arribo de este modelo a la averiguaciones que tratan con los ritmos circadianos. Modelo que, como ya fue avisado, tuvo el cargo de paradigma, por más que no explícitamente, en el trayecto 'tras el reloj central' del periodo inter- de los ritmos circadianos. Se ha etiquetado con que el modelo de Lutz (1931) tuvo el encargo de paradigma no explícitamente durante la etapa inter- de la Circadiología porque, en sentido estricto, en la práctica, fue una fluctuación que no prosperó. De otro modo, durante esta era, algunos Circadiólogos se dedicaron a buscar el lugar anatómico donde se originan los ritmos circadianos, sin tener como base, al menos en

forma ostensible, que éstos funcionan como un reloj interno que se puede poner a tiempo y mucho menos, con el reconocimiento de que ésta fue una composición que Lutz hizo en 1931. No obstante, ya en este tiempo, los denominados ritmos circadianos son percibidos como "relojes biológicos para la medición del tiempo en el ambiente, desde dos caminos conceptualmente distintos: a) en el suministro de una fase adecuada de [un] programa [biológico] con el ciclo de los cambios del medio; éstos, en efecto, reconocen el tiempo local y b) en el mantenimiento de una apropiada y estable, secuencia temporal de los acontecimientos sucesivos del programa [Pittendrigh, 1981: 58-59]".

En esta operación de Lutz (1931) se puede uno enterar satisfactoriamente de los fuertes enlaces que hay entre a) el azar y la necesidad, b) las condiciones de contorno con los procesos cognoscitivos y c) las coordinaciones del sujeto y del objeto:

En el artículo de referencia, como antecedentes, Lutz (1931) solamente menciona que un año antes, Allard (1930) en el **American Naturalist** había "discutido la relación entre el momento en el cual varias aves inician sus cantos y el momento del amanecer [Lutz, 1931: 1]" y que de los datos que proporcionaba el académico nombrado, él "veía que había una relación y que posiblemente la luz fuera el factor controlador [ib.]".

Cabe acotar que, como se habrá podido enterar el lector, esta actividad ya no fue concecuencia del azar, fue una implicación de un proceso de abstracción empírica que se dió en aquellos años de transición del nivel intra- al inter- de la Circadiología. En otros términos, el proceso de abstracción empírica con el que gestó Lutz sus interpretaciones, se desenvolvió cuando ya se habían llevado a cabo las de Menke (VIII.18 y X.1.9) y se estaban dando las abstracciones empíricas de Bünning y Kleinhoonte en la trayectoría del sueño en las plantas (VI.29 y VI.30), la de Beling en la vereda del ritmo de actividad en las abejas (VII.2.6) y las de Park y su grupo en la vereda del ritmo de actividad en los cocuyos y otros escarabajos (VII.5.7). Las similitudes en la producción de estos procesos y su sincronía, a

pesar de sus distantes orígenes en el tiempo y en los confines académicos, son hechos con los que se puede defender la proposición de que los progresos cognoscitivos tienen visos equifinalistas.

El proceso sujeto-objeto del conocimiento, que condujo a Lutz desde las coordinaciones de sus acciones a las del abadejo, expresa, en efecto, en frases de Piaget (1978b): "el hecho fundamental de que para comprender e incluso para descubrir las relaciones causales entre los objetos, el sujeto se encuentra obligado a pasar por la mediación de sus propias acciones [p. 61]". Como Lutz "tenía un reloj para regular sus actividades [1932a: 73]" y un medidor de la intensidad luminosa en "pies-candela, General Electric [1931: 1]" y las hormigas y el abadejo no poseían tales aparatos, él "podría haber supuesto que tendrían un cerebro con la capacidad de formar hábitos. [Para él,] ellas carecían de tal cosa pero sí tenían una cadena de ganglios y se [suponía] que estaban gobernadas por instintos [1932a: 73]".

> [Lutz estaba] seguro que si [uno] preguntaba qué es instinto, [uno] debería estar listo para que le dijeran que esto es un hábito heredado y [uno] desearía saber como una criatura puede heredar hábitos sin tener hábitos que heredar. [Como al parecer de Lutz,] todo ésto era muy confuso y las cosas confusas son interesantes, [retomó] la vieja cuestión referente a si las aves cantan al amanecer por el incremento de luz o porqué es el momento de cantar. Como que una cosa [lo llevó] a la otra, incluyendo sus preparativos antes de la luz del día cada mañana durante un mes para trabajar la curva de la intensidad luminosa con relación al amanecer y el registro del momento exacto en el cual un abadejo emite su primer canto. Lo más que pudo sacar [Lutz] de su concurrencia a estos servicios corales matutinos del abadejo fue su convicción de que el ave tiene una combinación de un reloj despertador orgánico y un fotómetro (1931). [ib.].

En su figura 1 (fig. 6) Lutz "presenta el registro de la iluminación durante diferentes momentos, cada círculo pequeño representa el promedio de todas las lecturas para un intervalo de cada tres minutos. La curva la dibujó con base en el ajuste a simple vista de los promedios. Los momentos del primer canto matutino están representados por pequeñas eses [1931: 1-2]". Está

claro que, en sentido estricto, esta gráfica no era la consecuencia de que Lutz hubiera montado la operación de base para el conocimiento de los ritmos circadianos; de que hubiera colocado al abadejo bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura. Aún y cuando, hubo esta deficiencia experimental, Lutz pudo vislumbrar que "aunque las variaciones en la nebulosidad afectaban notablemente a la iluminación, las condiciones climáticas fueron más bien constantes y entre las 05:45 y las 06:05, la iluminación estuvo total y definitivamente correlacionada con la hora [op. cit.: 2]", mientras que el primer canto mañanero del abadejo no. Esto "hizo difícil la determinación de si el comienzo de los cantos está en función de la hora o de la iluminación [ib.]".

> [Lutz hizo saber que este] despertador está puesto para las 05:58 pero bajo ciertas condiciones de iluminación, se dispara tan temprano como a las 05:50 y bajo otras, tan tarde como a las 06:04 [y concluyó que] aun así, un error de menos de diez minutos en un rumbo o en otro, no es tan malo para un reloj orgánico, ya sea que éste esté corriendo por hábito, instinto, por algo que es ambos o por ninguno de ellos. [1932a: 73].
>
> Considerando nada más que [la] figura, [Lutz] pudo ver que la iluminación tiene poco o nada que hacer con el momento del primer canto, en promedio, la luz era realmente menor, cuando el ave cantaba más temprano que, cuando cantaba tarde. Sin embargo, [una tabla] muestra que si el pájaro cantaba temprano, la iluminación era más fuerte que la normal para aquel momento del día [y] cuando cantaba tarde, era porque las nubes hacían que la luz fuera menor que el promedio para ese momento del día. [1931: 3].

De suerte que en sentido laxo, Lutz (1931) obtuvo sus datos de una operación de base para el conocimiento de los ritmos circadianos montada en la naturaleza. En este caso, el cambio en la iluminación estuvo actuando sobre el abadejo y Lutz sólo intervino por medio de las mediciones que le permitieron atisbar una insuficiente correlación entre la tasa del cambio en la intensidad luminosa, que en promedio era constante de día a día, y la emisión del primer canto por parte del abadejo; sin más manipulaciones de su parte (Piaget, 1978b).

Para Piaget (1978b) era evidente que las coordinaciones del sujeto y del objeto "provocarán tarde o temprano el descubrimiento de nuevos observables por razones de mejor comprobación o de un comienzo de búsqueda de la verificación [p. 63]". Esto, que como se podrá traer a la memoria, pasó en el camino del sueño en las plantas (VI.10 y VI.11), de nuevo sucedió de forma contundente en los procedimientos de Lutz:

Lutz (1931) abrió la revisión de sus aparatos con el medidor de la intensidad luminosa, el cual, para él, como medía la luz visible para nosotros y "no había evidencia de que las aves pudieran ver otra luz que no fuera vista para nosotros, los registros hechos con este instrumento, posiblemente, eran suficientes cuando se trataba de estos animales [p. 3]".Sin embargo, "cuando se trataba con los insectos, que, por un lado, pueden ver una gran parte, sino es que todo, nuestro pobre espectro y por otro, ven el ultravioleta, que no podemos ver nosotros, tal instrumento no es enteramente satisfactorio [ib.]".

Además dado que "la intensidad del ultravioleta dentro de la luz solar varía irregularmente [y] tanto su intensidad absoluta, como la relativa, dependen mucho de la humedad y otros factores ... Alfred L. Loomis benévolamente [le tuvo que prestar] un fotómetro Burt [ib.]". Este se llama así porque usa una celda fotoeléctrica Burt que "tiene una curva de sensibilidad que es similar a la posible sensibilidad visual de los insectos [ib.]".

Como ya se mencionó, "durante [su] primera estancia en el laboratorio de Barro Colorado, [Lutz] estuvo interesado con la posibilidad de que la luz fuera un factor que ajusta la hora en la cual las hormigas cortadoras de hojas inician sus excursiones diarias -1929 [1931: 3-4]", de suerte que, tiempo después, ya con el fotómetro Burt en mano, él retornó a esa parte con "la esperanza de que con [este aparato] podría probar sus conclusiones y extender las observaciones a otras especies [ib.]". No obstante, encontró que "desafortunadamente la colonia de hormigas había sido destruida y todavía más, que, desafortunadamente, la humedad del aire, especialmente durante la época de lluvias en la selva tropical, interfería con el delicado

ajuste eléctrico del fotómetro de Burt, de tal suerte que no [pudo] usar el instrumento [ib.]" de referencia y se tuvo que contentar con "unas cortas series de observaciones sobre una colonia de abejas sin aguijón (*Trigona mosquito* ...) que [hizo] con la pequeña ayuda que pudo tener con el medidor de la intensidad luminosa en pies-candela, General Electric [op. cit.: 5]".

> Esta colonia tenía su panal entre las paredes interior y exterior de una cabaña cercana al laboratorio. La entrada y la salida era a través de una rendija en la orilla del marco de la puerta de la cabaña. Sobre esta rendija las abejas habían hecho, principalmente de cera, un porche ovalado que parecía una cúpula ... Durante el día, cuando la colonia estaba en actividad, había una abertura circular bien definida en la parte baja de este pórtico. Cuando estaba en uso, este 'portal' no tenía un tamaño más grande que el necesario para permitir que sólo pasara por él una abeja a la vez.
>
> En la noche el portal era cerrado completando el recubrimiento de cera sobre él. Pero aún entonces, la parte inferior del porche no era del todo sólida; tenía pequeños agujeritos en su material. [ib.].

Estas características de la fachada del panal, le permitieron a Lutz (1931) hacer esas, que el denominó, "cortas series de observaciones". P. ej., pudo "mirar a través de los pequeños agujeros que ... estas abejas no inician su actividad sino un poco antes de las 07:00 hrs [ib.]". De suerte que procuró resolver su duda de "¿cuál es el factor del medio, tan importante como para tener influencia y lo bastante variable, como para que sus cambios puedan alcanzar y ser notados por las abejas que están pasando la noche dentro de su guarida? [op. cit.: 5-6]".

> Tanto la temperatura como la humedad, hasta tan tarde como las 08:00 hrs, no fueron muy diferentes de aquellas que habían permanecido durante la noche ... Sin embargo, la iluminación alcanzaba de ninguna a más de 100 pies-candelas, el límite superior del [fotómetro]. Todavía más, los cambios en la iluminación podían fácilmente ser percibidos por las abejas a través de los pequeños agujeros del recubrimiento del panal, mientras que era poco posible que los pequeños cambios, ya fuera de la temperatura o de la humedad pudieran afectar rápidamente el espacio bajo el porche. En conformidad, si algún factor influía sobre el momento de abrir el panal, [Lutz tenía] algunas razones para esperar que este factor fuera la luz.

Como [era] imposible determinar en definitiva cuando se iniciaba el trabajo en el interior del recubrimiento o igualmente, decir en definitiva cuando se abría completamente la puerta ... [Lutz tomó] el primer vuelo de una abeja desde el panal como el acontecimiento principal que confrontaría contra los factores externos. [op. cit.: 6].

Bajo circunstancias normales, la puerta del panal no se cerraba sino hasta después del ocaso. [Lutz hizo] un cono de papel negro y lo puso sobre el porche del panal a las 13:30 hrs. Cuando lo examinó a las 15:10 el panal había sido cerrado como se hace normalmente en la noche. Entonces, [removió] el cono y cuando [examinó] el panal veinte minutos después, el portal había sido abierto como se hace normalmente en el día. [op. cit.: 7].

En un tiempo más, Lutz (1931) procuró sin éxito correlacionar la hora de "nueve 'primeros vuelos' registrados exactamente [p. 7]" con las condiciones climáticas que prevalecieron durante los días en que fueron hechos (23, 24, 27, 28, 29 y 30 de noviembre; 1, 2 y 4 de dicembre).

Sucedió que, hasta donde [Lutz] pudo juzgar, las mañanas del 3 y 4 de diciembre casi fueron cercanamente iguales una de la otra, en la medida en que pueden serlo dos mañanas. Ambas estuvieron prácticamente despejadas. Esto fue particularmente afortunado porque durante la mañana del día 3 [sombreó] intencionalmente el panal con un pabellón de tela negra.

En [esta] mañana sombreada artificialmente, las abejas iniciaron sus movimientos por aquí y por ahí, en el interior, alrededor de las 07:45, pero hacia las 08:30, todavía no había un agujero amplio en el agujero del panal. A las 09:30 las abejas habían hecho un agujero irregular en la parte baja del pórtico del panal pero durante los siguientes quince minutos, más o menos, lo cerraron y por otra parte, aumentaron el número de agujeros pequeños. Sin embargo, hacia las 10:00 había una puerta bastante bien terminada y a las 10:10 las abejas se arrastraron hacia afuera, caminaron por la cobertura del panal y retornaron al interior sin haber iniciado sus vuelos. Esto fue repetido varias veces. Mientras tanto, retornaron dos abejas que habían pasado la noche fuera de casa, sin haber sido considerablemente molestadas por el pabellón, volaron abajo de él y entraron al panal. A las 10:20 una abeja abandonó el panal, voló por debajo, hasta el final del pabellón y se alejó.

En la mañana despejada (4 de diciembre) el recubrimiento del panal fue abierto a las 07:30. Hacia las 08:30 había un agujero irregular bastante amplio en la parte baja del porche. A las 09:00 la puerta estaba

terminada y a las 09:05 una abeja salió y se alejó volando.

La impresión -y realmente no era más que esto- que le quedó a [Lutz] de haber estado observando estas abejas, es que, como vió en el caso del abadejo, cuando inician sus actividades del día están actuando como si ellas tuvieran 'una combinación de un reloj despertador y un fotómetro'. [Para él, dicho] 'reloj despertador' [era] más bien un misterioso ritmo fisiológico similar a aquel con el que nosotros estamos familiarizados si tendemos a despertarnos a la misma hora cada mañana, sin importar el lugar donde nos encontremos. [op. cit.: 8-9].

Con antelación se ha mantenido que el modelo propuesto por Lutz (1931) de que, los ritmos circadianos son la combinación de un reloj con un fotómetro, implica una fluctuación cognoscitiva que se amortiguó en aquel entonces. Se puede uno fijar que sucedió esto hasta en los procesos de abstracción del mismo Lutz (1934).

Tres años después de que Lutz (1931) realizó la sugerencia de su modelo, dió al público el producto que tituló The 'buckwheat problem' and the behavior of the honey bee'. Como se podrá traer a la memoria, en el VII.2.5 y en el VII.2.6 ya se hizo referencia a algunas de sus conclusiones, por lo que esta vez, únicamente tiene preponderancia lo sigiente:

Con todo y que en 1931, Lutz narra que hizo sus experimentos "para considerar el problema [de si la abejas] pueden ser capaces, de más que hablar de tiempo y discriminación entre colores y olores, de asociar la combinación de varios colores u olores, momentos y alimento [p. 2]", todo parece denotar que se olvidó de su modelo; para nada lo menciona. En lugar de esto, Lutz vio "que, en la medida de lo que tocaban [sus] experimentos, los resultados de sus datos [apuntaban] muy claramente a las siguientes conclusiones [p. 8]":

El comportamiento de las abejas cuando el alimento está disponible en un color durante ciertas horas de la mañana y en otro durante ciertas horas de la tarde está prácticamente aclarado. Vienen en grandes cantidades al color y al momento correcto pero hay siempre unos pocos individuos 'inspeccionando' en otros colores y durante otros momentos. [p. 8].

No está claro si la población fue o no entrenada para llegar en un determinado momento del día. El comportamiento cuando se ofrece la comida en esos

momentos puede ser y posiblemente esté bien explicado, por el hecho conocido de que las abejas 'inspectoras' que retornan al panal con la comida excitan al panal y provocan que éste entre en actividad.

También se vio evidente que la población adquiere una asociación muy definida entre el color y el momento para la alimentación.

Si todas estas cosas son ciertas, se puede ver que la solución al 'problema del alforfón' es más simple y no necesariamente involucra un entrenamiento al momento para la comida o el color. [p. 9].

En línea con lo precedente y confirmado, el convencimiento es que, aunque las abejas tengan la capacidad para adquirir las complicadas asociaciones involucradas en las solución de Beling al 'problema del alforfón', no necesitan y posiblemente no usen esta habilidad. Aparentemente guiadas en gran medida por las circustancias del momento, toman sus alimentos de donde y cuando los encuentran.

Como se habrá podido enterar el lector, Lutz (1934) para nada llama a su modelo, esto aún y cuando, prácticamente, emprende su relato citando a Beling:

> Beling en un muy interesante y bien realizado, artículo (1929), del que desafortunadamente yo no sabía cuando informé del ritmo diario de ciertos Orthoptera, mostró que las abejas pueden ser entrenadas para asociar la presencia de alimento con un cierto momento o momentos del día, igualmente, bajo iluminación, temperatura y humedad constantes. Esto es completamente diferente de aquello que ordinariamente es pensado como un 'ritmo interno'. Dice que ellas aprecian puntos de tiempo, pero no periodos, ya que, no las pudo entrenar a buscar alimento cada diecinueve horas, caso en el cual, el tiempo para alimentarse llegó en un diferente punto en los sucesivos días de veinticuatro horas [Lutz, 1934: 1].

y que en la página 2 amplía la cita destacando que Beling "nombra muchos ejemplos de flores que abren solamente durante una determinada y limitada parte del día [y que] aquellas usadas por Linneo en su 'reloj floral' son ejemplos clásicos".

Con todo esto, ni por asomo, se intenta sugerir que Lutz (1934) debería haber forzado la asimilación de sus resultados al modelo que había propuesto hacia poco tiempo. Sólo se está rotulando que no gestó una discusión que generara la necesidad de aplicar su modelo al ritmo diario de las abejas que recientemente había descubierto Beling (1929). De esto es que se produce la

posibilidad de leer en la formulación que, en 1931, hizo Lutz del modelo para los ritmos circadianos de un reloj que se puede ponen a tiempo, la generación de una perturbación cognitiva que remitió; el despertar de una fluctuación cognoscitiva que todavía no estaba a tiempo de amplificarse, de llegar a ser una estructura disipativa. Es como si Lutz (1929) hubiera estado en el punto de una bifurcación, una rama lo hubiera orientado hacia las aportaciones a lo grueso en la Circadiología, la otra a la Psicología comparada, optó por esta última. Muy pronto se podrá percatar el lector que algo parecido pero en forma más dramática había sucedido con Georges Bohn (VIII.9) en el canal de los ritmos de migración vertical y de mareas. Se vuelven a notar los visos de la homeorresis en el crecimiento del conocimiento que tiene que ver con los ritmos circadianos.

VII.2.8) Oskar Wahl (1932)

> Uno de los compañeros de trabajo de Beling (1929) en München, Oskar Wahl (1932), demostró también que las variaciones en la radiación cósmica no eran el factor que le otorgaba el sentido del tiempo a las abejas. El llevó sus abejas a unos 180 metros bajo la superficie terrestre, en la galería de una mina de sal y las entrenó allí con éxito. [Ward, 1977: 105].

VII.3.) En las moscas y en los mosquitos

VII.3.1) Alexander von Humboldt (1800)

El 25 de junio de 1799, zarparon Aimé Bonpland y Alexander von Humboldt a bordo de la Pizarro, desde la rada de Santa Cruz de Tenerife hacia nuestro continente. Ya en los rápidos de Atures y Maipures del Bajo Orinoco, en 1800, Humboldt escribió una carta que puede ser considerada como el primer informe sobre la periodicidad, exactitud y relevo en la actividad de tres animales:

> Se puede afirmar que esta tortura llega al máximo en las Grandes Cataratas. Dudo que exista otra región en la Tierra en la que el hombre se vea sometido a

tormentos más crueles durante la estación lluviosa. Lo que nos pareció más extraordinario es que según la hora del día te aguijonean distintas especies. Desde las seis de la mañana hasta las cinco de la tarde el aire está lleno de una diminuta mosca llamada jején. Una hora antes de la puesta del sol la reemplazan los tempraneros, una especie de mosquito pequeño. Su presencia dura escasamente hora y media; desaparecen entre las seis y las siete de la tarde o, como dicen por aquí, después del ángelus. Tras un minuto de reposo te sientes picado por los zancudos. [Humboldt, 1880].

En esta breve reseña de sus sufrimientos se puede mirar la capacidad de Humboldt (1880) para "examinar desvergonzadamente a la naturaleza [Schiller, 1797)" y para relatar cosas y hechos (Humboldt, 1800).

Llama la atención que Humboldt no haya intentado plantear algún problema de investigación al respecto. Es de esperarse que lo hubiera hecho. Como ya se habrá podido atisbar en lo poquísimo que se dejó ver de su obra en el VI.8, poseía muy buenas dotes intelectuales. En donde se podrían tener dudas es en cuanto a los antecedentes que pudo haber adquirido acerca de este dominio. ¿Es posible que no haya leído a Zinn (VI.5)? su paisano y casi contemporaneo. No obstante se sabe que tuvo acceso a, por lo menos una de, las obras de De Candolle -VI.11 (Humboldt, 1811) y como se podrá notar más adelante, Elton (VII.3.7) obtuvo hechos de un libro de Humboldt para apoyar su teoría de las comunidades animales diurnas y nocturnas.

Así, ésta fue otra ocasión en la que, en palabras de Ortega y Medina, (1984), Humboldt "tuvo asimismo en su mano ... la insinuación o la posibilidad de un descubrimiento y la dejó escapar [p. XI]". El propio Humboldt (1805) y algunos de sus biógrafos le achacan el origen de esta conducta a ciertas cualidades de su carácter: "inquieto, sin encontrar jamás satisfacción en lo recién hecho, no [era] feliz sino emprendiendo de nuevo y haciendo tres cosas a la vez, en este espíritu de inquietud moral, consecuencia de una vida nómada, se debe buscar la grande imperfección de [sus] obras [Humboldt, 1805]"; "pero sobre todo, su falla extrema fue su incapacidad para insistir y profundizar sobre un tema o fenómeno hasta alcanzar sus raíces

[Ortega y Medina, 1984: 12]". Quizás, también haya influido su inclinación por la Naturphilosophie y las otras ideologías con las que se involucró (VI.8). Humboldt, inquieto, seguramente preocupado por su representación cósmica de la Naturaleza, con un marco teórico en el que se consideraba al reposo como "algo sólo aparente, sólo la indiferencia entre dos fuerzas opuestas [Rothschuh, 1973: 222]", ante el embate periódico y desfasado de tres especies de insectos chupadores de sangre, no podía hacer más que informar en una carta de este comportamiento que le pareció extraordinario.

Al igual que de Mairan Dortous (1729) en su momento y en la creoda del sueño en las plantas (VI.1), Humboldt (1800), prácticamente, fue el primero en dar cuenta de algunos hechos básicos en la trayectoria de los ritmos de actividad en los insectos. Sin embargo, no fueron más que datos aislados, fue una perturbación poco eficaz. Todavía no estaba la estructura adecuada. Desde la Epistemología genética, se requeriría buscar en las relaciones que puede haber entre los rasgos del carácter de Humboldt, las ideologías y el estadio en que se encontraban las distintas disciplinas con las que éste interactuó, las causas por las que este autor no llegó muy lejos con sus descubrimientos.

VII.3.2) Henry Walter Bates (1850 y 1857)

En la orilla meridional del Amazonas, antes de llegar a la embocadura de su tributario el río Negro, en 1850, Henry W. Bates (1863a) y otros viajeros entablaron conocimiento con lo que para ellos era "una nueva plaga de insecto, 'la del piúm'; una mosca diminuta de dos terceras partes de pulgada de longitud cuyo reino se inicia allí y se prolonga cual terrible azote por la parte superior del río, llamada Solimones, hasta el final de la zona navegable del Amazonas [Bates, 1863b: 176-177]". Insecto que, al decir del propio Bates:

> Sólo se dejaba ver de día, relevando al mosquito del amanecer con la mayor puntualidad.
>
> La piúm pertenecía sin duda a la misma especie que el mosquito del Orinoco descrito por Humboldt [VII.3.1]

y relacionado por él con el *Simulium*, algunos de cuyos miembros viven en Europa. Este insecto [estaba] estrechamente vinculado, pero, difería de tal género. [ib.].

En 1857, cuando Bates llegó a Fonte Boa:

> [Esta ciudad], además de sus otros alicientes, gozaba en toda región de una gran reputación como cuartel general de mosquitos; sin duda, merecía ese título. En las casas resultaban más enojosos de día que de noche, pues formaban verdaderos enjambres en las oscuras y húmedas habitaciones, manteniéndose, mientras había luz diurna cerca del suelo y posándose por docenas en las piernas, [mientras que durante la noche existía la posibilidad de ponerse bajo la protección de un mosquitero] ... Fonte Boa no tenía piums, y por lo tanto durante el día se gozaba de cierta tranquilidad [en las calles]. [Bates, 1863c: 257].

Bates confirma las observaciones de Humboldt y las amplía con algunas en las que está implicado el comportamiento alimentario de las piums[136]. Es indudable que Bates tenía capacidad de observación. Es más, se "tomó la molestia de diseccionar a algunos especímenes para averiguar con exactitud la forma en que operan [ib.]". Pero no se interesó por investigar el origen de la puntualidad de las piúms para relevar al mosquito del amanecer; ni por la influencia de la luz sobre la actividad de los moquitos de Fonte Boa.

Como Humboldt, Bates tampoco estaba científicamente solo[137].

---

136 "Se posan de forma imperceptible, acuclillándose muy cerca de la piel, inician su trabajo sin dilación: extienden hacia adelante sus largas patas delanteras, que están en constante movimiento y parecen actuar como antenas, y acto seguido aplican a la dermis sus trompas cortas y anchas. Su abdomen no tarda en distenderse y enrojecer con la sangre y luego, una vez satisfecha su sed, el parásito se aleja despacio, en ocasiones tan estupefacto con su embriaguez que apenas puede volar [Bates, 1863b: 176]".

137 Bates (1863a) viajó al Amazonas invitado por Wallace. (VII.2.3). Tenían "el propósito de estudiar la historia natural de [los] márgenes [de dicho río] ... y reunir hechos, como expresaba el señor Wallace en una de sus cartas, 'a fin de resolver el problema del origen de las especies', un tema sobre el que habían sostenido amplias conversaciones por carta y de

Sin embargo, de la misma forma, los datos que obtuvo del comportamiento periódico de la piúm seguieron aislados como los de aquél y no produjeron modificación alguna en su sistema cognitivo. Es manifiesto que en una posible explicación para tal situación ya no se podrá incluir la influencia de la Filosofía-natural. Permanecen, el carácter polifacético, aunque ya dentro de un ámbito, geográfica y temáticamente más reducido y, la situación sociogenética del conocimiento acerca de los ritmos de actividad en los insectos.

Por otra parte, Bates fue el descubridor de las formas miméticas que llevan su apellido[138], estudió las costumbres de las tribus que habitaban el Amazonas en aquel tiempo, la distribución de muchas especies, las relaciones entre los monos del nuevo y viejo continente (a través de la hipótesis de la existencia, en antaño, de una sola mesa de tierra firme que se despedazó), el comportamiento de una gran cantidad de animales (principalmente insectos, mamíferos y aves). Cuatro años después de la publicación de 'EL Origen de las especies' aportó pruebas en favor de la propuesta del origen del hombre hecha por Darwin. Su preocupación principal fue encontrar el origen y el valor adaptativo de las estructuras o funciones que podía observar. Pero no se interesó por hallar el valor adaptativo de la fase de la actividad de los insectos que le molestaban. Interés que sí mostró su amigo Darwin, como ya se notó en el VI.16 para con el sueño en las plantas. El comportamiento periódico de la piúm fue

---

viva voz [Bates, 1863a. 7]". Después, Bates conoció a Darwin quien le "instó con vehemencia a escribir un libro ... y bajo su aliento se vió por fin completada la ardua tarea [ib.]": **The Naturalist on the River Amazons.**

138 "Un animal, en sí comestible, pareciéndose lo suficiente a otro no comestible y con color de escarmiento, [es posible que] sea confundido por el enemigo y rechazado ... el representar disfrazado para engañar o escarmentar al enemigo es lo que se llama mimetismo. Por haber sido Bates el primero en descubrir ese fenómeno, se le denominó mimetismo de Bates [Winkler, 1968: 8]".

un observable que no produjo modificación alguna en el sistema cognitivo de Bates. Tuvo que pasar más de medio siglo para que dicho hecho dejara de ser tratado con una conducta de tipo α (II.8.1) e incorporado en una teoría.

VII.3.3) Imperialismo y Entomología médica.

> La época de finales del siglo y principios del presente corresponde a la fuerte expansión del capital monopolista de los Estados Unidos y de algunos países europeos: Inglaterra, Francia y Alemania, principalmente ... Este proceso expansionista pronto tendió a rebasar los límites de las fronteras nacionales, proyectándose a todos los rincones de la tierra. Fue así como los monopolios se lanzaron a la conquista de mercados y de materias primas [en nuestros países] con una gran intensidad, a finales del siglo pasado y principios del presente. [Ceceña, 1977: 49-50].
>
> [De tal suerte que,] las rivalidades económicas fueron mucho más ásperas entre las diferentes potencias industriales, comerciales y financieras. Como el campo de batalla económico no tenía ya límites, en el mundo entero es donde tropezaban, se disputaban y se arrebataban las unas a las otras ... De esta manera se multiplicaron las causas y las ocasiones de conflicto ... La preponderancia de los intereses económicos es lo que suscitó en los grandes estados industriales, Inglaterra, Alemania y también Estados Unidos, esa política de expansión a toda costa, que se ha calificado de imperialismo, política peligrosa para la paz del mundo, sobre todo cuando se apoyaba, como en Alemania, sobre fuertes tradiciones militares ... Los gastos militares aumentaron con rapidez ... [Malet, e Isaac, s.f.: 226-227].

De tal modo que los países imperialistas tuvieron que invertir en el mantenimiento de la salud de sus ciudadanos civiles o militares destacados en los países explotados. También se preocuparon por la salud de los habitantes originarios de estos últimos: la base de su mercado y la fuerza de trabajo barata, prácticamente regalada. Tuvieron que brindarle apoyo a la investigación epidemiológica, en particular a la relacionada con los insectos que transmiten enfermedades como el paludismo, el tifo, la fiebre amarilla, la enfermedad del sueño y otras. La victoria sobre estas enfermedades "sólo se ha conseguido en el siglo actual, mediante la combinación de métodos químicos y de

ingeniería, como una cosecuencia directa de la tendencia imperialista a una explotación más intensa de los territorios coloniales [Bernal, 1979. 143]". Paradójicamente este esfuerzo científico y esas actividades sanitarias fueron impulsadas por los militares de aquellos países. Por ejemplo, el excelente "Manual de medicina tropical" publicado en 1945, "no se hubiera llevado a cabo sin la cooperación de los funcionarios del Departamento de Estado de los Estados Unidos de Norteamérica [Mackie, et al., 1946: vvi]".

> El libro se destina a los campos de batalla, así como a los laboratorios y escuelas donde puede servir como un resumen adecuado para quienes trabajan en asuntos sanitarios, epidemiológicos y parasitológicos. La información reunida sobre los problemas relativos a la incidencia y transmisión de las enfermedades en los trópicos es, en algunos aspectos, original y por lo tanto inédita.
>
> Se [hicieron] todos los esfuerzos al preparar este libro para hacerlo útil a los médicos oficiales de las fuerzas armadas, a los que practican la medicina preventiva y terapéutica en los trópicos, a los estudiantes que se inician en este ramo y a los médicos que practican en zonas templadas y que tendrán a su cargo el cuidado del personal que regresa afectado de enfermedades tropicales.
>
> La importancia de los insectos y otros artrópodos como huéspedes reservorios, intermediarios y vectores de muchas importantes enfermedades tropicales, [los] llevó a dedicar un espacio considerable a la Entomología Médica. [op. cit.: viii].

Como se podrá captar más adelante, éstas fueron las condiciones históricas bajo las que creció en su primera etapa la vereda cognitiva de 'los ritmos de actividad de las moscas y mosquitos'.

VII.3.4) G. D. Hale Carpenter (1913 y 1920)

> Existe un buen número de otros ejemplos de los hábitos diurnos o nocturnos de los insectos chupadores de sangre que tienen una inmensa influencia sobre la propagación de ciertas enfermedades. Esto fue, especialmente, bien mostrado por G. D. Hale Carpenter (1920) durante el transcurso de sus estudios sobre la enfermedad del sueño en la región del Lago Victoria. El gran problema era encontrar qué animal servía como depósito importante de esta enfermedad y del cual se transmitía la infección al humano. La cuestión fue un tanto simplificada por los

hábitos de la mosca tse tsé (*Glossina palpalis*) que carga con el tripanosoma de la enfermedad de un hospedero al otro. La tse tsé es de hábitos diurnos y existen varios animales que nunca pasan a través de todo esto durante el transcurso normal de los eventos. Ciertos enemigos potenciales son rechazados debido a esto: esta mosca nunca puede ser presa ni de los murciélagos que salen en la noche, ni de las ranas arborícolas, las que no se alimentan mas que en la noche -Carpenter (1920). En las islas del Lago Victoria, los más importantes receptáculos de los animales son los tragelaph (una especie de antílope, habitante de los pantanos que sale a alimentarse justamente cuando la mosca está 'sobre del bocado') y el hipopótamo que aunque principalmente nocturno, sale alrededor de media o una hora antes de la puesta del sol y es exactamente el momento en que le sirve de bocado a las moscas.

"El momento cuando la mosca tse tsé (*Glossina palpalis*) está más ávida por alimentarse, es temprano, en las mañanas, cuando el sol difícilmente puede atravesar las nubes y éstas están cerradas e inmóviles -Carpenter, 1913", mientras que, por otro lado, "si uno desea rechazar su mordedura, [el momento] es a la mitad de un día con brisa fresca, cielo sin nubes y sol brillante -ib." [Elton, 1927: 88 y 95].

Carpenter (1913 y 1920) postuló implícitamente, un doble valor adaptativo de la sincronización del periodo de actividad de la tse tsé con una fase particular del día: evitar a los enemigos potenciales y encontrar la comida. Hipótesis que, como ya se observó, también fue formulada en las otras dos veredas de esta ruta.

VII.3.5) Roubaud (s.f.)

En lo concerniente a las observaciones de Roubaud sobre las larvas del mosquito africano que viene del lodazal, en la noche, a alimentarse de los nativos que están durmiendo sobre el piso desnudo, Bouvier (1922) concluye: "esta periodicidad es el resultado de la sensibilidad térmica. Este ritmo no únicamente es adquirido durante el transcurso de la existencia larvaria, también se transforma según los deseos del experimentador". [Rau y Rau, 1929: 219].

Los investigadores que escribieron este párrafo, Rau y Rau (1929), comentaron que "éstas y otras conclusiones inducidas en su mayor parte de observaciones, son obviamente contradictorias en sí mismas [ib.]". Queda el problema de saber: a) si esta

opinión es correcta y b) en caso de que lo sea, ¿cuál es el origen de lo inadecuado?, ¿el trabajo técnico? ¿el dominio conceptual? ¿lo poco diferenciado que aún estaba el observable?

VII.3.6) F. H. Stewart (1922)

Los hábitos de las larvas de las filarias que poseen ritmos diarios en la eclosión y en el traslado de un tejido a otro, tienen mucha importancia por su relación con el medio de transmisión de un hombre a otro. Esta importancia fue bien señalada en 1922 por F. H. Stewart: "*Filaria bancrofti* se transmite por los mosquitos chupadores de sangre que vuelan en la noche (*Culex, Anopheles y Stegomya*), mientras que, ahora se sabe, la Loa loa se transmite por un tábano del manglar (*Chrysops dimidiatus* y *C. silaria*) que muerde por el día [p. 380]".

VII.3.7) Charles Elton (1927)

Los datos que escribió Humboldt (1850) en su campamento de la selva amazónica acerca de los sonidos producidos por los distintos animales durante el día y la noche, junto con muchos otros fueron reunidos por Charles Elton (1927) como hechos de su teoría que se puede denominar 'Las comunidades animales diurnas y nocturnas'.

> Este autor en su **Animal Ecology**, explica que muchos animales en una comunidad nunca se encuentran. Esto, por el hecho de que están activos en diferentes momentos. Porque el medio está sujeto a un buen número de cambios rítmicos que resultan en variaciones correspondientes a diferentes tiempos en la naturaleza de las comunidades animales. Existen un ritmo diurno y uno nocturno que afectan tanto a los animales libres como a algunos parásitos. Estos ritmos pueden ser de importancia práctica y están más fuertemente marcados en los desiertos. No siempre existe un límite marcado entre las comunidades diurnas y nocturnas: en las regiones polares no hay fauna nocturna y en los trópicos, ésta es muy rica. [Rau, y Rau, 1929: 148-149].

La teoría de Elton se encuentra sintetizada, por él en dieciocho puntos:

> Muchos animales en una comunidad (1) nunca pueden encontrarse por el hecho de que están activos a diferentes horas. Esto es debido a que (2) el medio está

sujeto a un buen número de cambios rítmicos, los cuales tienen como resultado (3) variaciones correspondientes en la naturaleza de las comunidades animales en diferentes mometos. (4) Existe un ritmo del día y otro, de la noche, los cuales afectan (5) tanto a animales libres como a algunos parásitos. (6) Estos ritmos pueden ser de importancia práctica, p. ej., su influencia en los insectos chupadores de sangre y (7) están más fuertemente marcados en los desiertos, pero (8) hay realmente muy poca información detallada acerca de las comunidades del día y de la noche. (9) Algunos de los cambios en la fauna son causados por la migración, como en los estratos verticales de un bosque o del plancton. (10) No siempre existe un límite muy marcado entre las comunidades del día y la noche . (11) En las regiones polares no hay fauna nocturna, mientras que (12) en los trópicos es muy rica. (13) Otros ritmos son los de las mareas y (14) de los temporales (causados por los pasos de las depresiones) los cuales (15) producen variaciones en la composición de las comunidades animales activas, p. ej., (16) aquellas de las condiciones secas y húmedas, las cuales (17) pueden pasar por los ritmos del día y la noche. (18) Los cambios por temporales también tienen efectos sobre los insectos chupadores de sangre [Elton, 1927: 83].

El autor comenta más ampliamente estos puntos. He aquí algunos de dichos comentarios:

1. En este caso, la alternancia del día y de la noche tienen el efecto de separar casi completamente dos animales que viven en el mismo lugar ... el fenómeno es de una ocurrencia generalizada en casi todas las comunidades animales.

2. El ambiente, aún en el mismo lugar tiene siempre cambios rítmicos y más o menos violentos; algunos de estos cambios son regulares, semejantes a la alternancia del día y de la noche, de alta y baja mar, la sucesión anual de las estaciones, mientras, otros son más irregulares, lo mismo que la fluctuaciones en los temporales que van desde día a día y semana a semana. Todos estos cambios reflejan una correspondiente impresión sobre el arreglo y composición de las comunidades animales. Justamente, como los animales tienden a especializarse para una vida en ciertos lugares, así también, muchos de ellos están activos, solamente en ciertos momentos. Existen varios caminos para hacer frente a la embestida de las condiciones desfavorables. Si éstas duran solamente un tiempo corto, el animal meramemnte puede retirarse a algún lugar oculto o volverse inactivo siempre que sucede este momento ...

Las comunidades animales están por esto organizadas dentro de una serie de pequeñas comunidades separadas, cada una de las cuales está en acción en su

diferente momento. Existen 'turnos de día o de noche', grupos de animales de tiempo húmedo o seco, comunidades de invierno o verano y, algunas otras. Puedo estar en el error al dar la impresión de que estas comunidades temporales están completamente separadas. Tal cosa por ningún medio es el caso. El punto es que la comunidad principal cambia de personal o de una gran mayoría de éste en diferentes tiempos; aunque los cambios no son completos (p. ej., día y noche) hay muy pocas especies de animales que vivan en ambas comunidades. La comunidad de animales que viven en un lugar, siempre permanece como una unidad definida y fundamental, puesto que, sus cambios periódicos son regulares y característicos.

4. Día y noche. En los bosques, la separación de los animales en especies diurnas y nocturnas puede ser estudiada muy fácilmente ... No solamente es reemplazada una clase de animales por otra, sino, una clase de cadena alimenticia es reemplazada por otra y ciertos nichos que están sin usar por algún animal durante el día, son ocupados en la noche ... Las dos comunidades de animales no están separadas completamente, debido al hecho de que algunos animales no tienen un momento particular para alimentarse; o asimismo, hacen su aparición principalmente al ocaso y forman la transición de una a la otra. También, muchos animales tienen hábitos regulares que no corresponden exactamente con el día y la noche, debido al hecho de que las cosas que los controlan no son la luz, el calor, sino algunas otras tales como la lluvia u otras condiciones atmosféricas.

Muchos insectos (especialmente moscos) están a diferentes alturas de la vegetación dependiendo de la hora ...

La longitud del crepúsculo varía a través del año ... Además, la cantidad de luz en la noche está influenciada por la situación de la luna y presencia de nubes. En efecto, la distinción entre las comunidades del día y de la noche, puede decirse que es menos marcada, que lo que se podría suponer a primera vista; pero bastante ha sido dicho para mostrar que la alternancia de las comunidades de día y de noche es un fenómeno muy importante que afecta profundamente a las sociedades animales en casi todas las partes del mundo.

Conforme se pasa de los polos al ecuador la fauna nocturna empieza a aparecer y se torna gradualmente más elaborada e importante hasta que, en tales alrededores, como son los que se encuentran en la selva tropical, puede ser mucho más rica, excitante y bulliciosa que la fauna diurna. [Elton, 1927: 84-90].

Como se aprecia claramente en estos comentarios, Elton, en 1927, reunió datos aislados en un conjunto de hechos que, a pesar de permanecer todavía contiguos, incrusta en una teoría que fue

más allá de los ritmos de actividad, en una teoría ecológica más amplia. De ella sobresalen tres características:

a. Está presente la asignación del doble valor adaptativo protección o trófico (VII.3.4) para la sincronización del periodo de actividad con una fase particular del día. Acá, como con Carpenter, la presencia es implícita. Si todavía no se hacía la composición explícita de los conceptos, no se podían usar las palabras para designar al periodo, la fase o la sincronización de los ritmos circadianos.

b. Aun está ausente la operación de base, es decir la puesta en oscilación libre de un ritmo. Tal y como si el desarrollo del conocimiento acerca de los ritmos circadianos por esta vereda, hubiera llegado al estadio inter- sin pasar por el desenvolvimiento de dicha operación de base. Con voces de la Termodinámica generalizada (Prigogine, 1983): es como si hubiera sido una gran fluctuación, acaso, al azar, aun y cuando, por lo mismo, todavía no era la fluctuación amplificada, desestabilizadora. Todavía no se había hecho la composición de la operación de la cual se podían haber deducido las operaciones implicadas en ella. Faltaba que estuviera a punto el análisis de las propiedades del objeto y de la operación, característica de la etapa intra- (Piaget y García, 1982). De tal manera que la ausencia de la operación de base se transformó en una laguna. Todo parece indicar que las perturbaciones causadas por esta laguna desembocaron en trabajos de dos clases a) como el de Rau y Rau (VII.1.8), con aciertos aislados que, por ende, quedaron como otra laguna y b) como los de Park y colaboradores (VII.5.17), quienes llenaron la laguna con la formación de la operación de base, con la puesta en oscilación libre del ritmo de algunos coleópteros y blátidos. Cabe aclarar que esta operación ya había sido hecha antes de esta ruta, en 1929, por Beling con abejas (VII.2.6), pero como en su extensa literatura no cita a Elton (1927) no se consideró conveniente poner su trabajo como un ejemplo de las repercusiones directas de la teoría labrada por él.

c. La detección de una constante muy importante: "la comunidad de animales que viven en un lugar, siempre permance como una unidad definida y fundamental [Elton, 1927: 85-86]" y sus transformaciones solidarias: sus "cambios regulares y característicos [ib.]".

Se deja planteada la cuestión acerca del origen de esta fluctuación: ¿fue al azar o procedía de la construcción de otra disciplina, p. ej. la Ecología?

VII.4) En las polillas

VII.4.1) Henry Walter Bates (1854)

> Pocas semanas antes del éxodo de los machos y las hembras alados, un termitario completo contiene ejemplares de todas las castas y en cada una de las fases de su desarrollo ... El éxodo no se completa en un día, sino que se prolonga hasta que todos los machos y hembras han salido de sus integumentos de pupa y levantado el vuelo. Tiene lugar en las tardes húmedas y oscuras, o en las mañanas nubladas. [Bates, 1863c: 49-50].

¿Se trata de conductas que responden a estímulos momentáneos, periódicos o subyace en ellas una oscilación circadiana que se manifesta durante ciertas épocas de la vida, como sucede con la emergencia de las *Drosophila*?

VII.5) En los cocuyos y otros escarabajos

En esta vereda se incluyen el ritmo diario de la luminiscencia en las luciérnagas y el fenómeno poblacional que, eventualmente, se presenta aparejado con éste, el de la emisión al unísono de los destellos. Las razones para esta inclusión se encuentran en la importancia que ha tenido este fenómeno en la construcción de modelos sobre los ritmos circadianos, además de que, arroja algunas luces sobre ciertas cuestiones de la sociogénesis de la Ciencia.

VII.5.1) John Bowring (1855)

Como ya se avanzó en el V.9, hasta donde se puede conocer, en 1690, Kaempf fue el primero en informar que algunas veces los cocuyos "esconden sus luces todos a un tiempo y un momento después hacen su aparición otra vez con suma regularidad y exactitud [Kaempf, 1690: 78-79]". Cabe recordar que en aquel apartado se llamó la atención hacia un cierto paralelismo que se puede establecer entre Andróstenes (V.3.3) y este diplomático. Ahora también se podrá atisbar otro paralelismo.

> En el tercio medio del siglo XIX (1830-1870) ... la Gran Bretaña conservó las ventajas iniciales obtenidas con la Revolución industrial e incluso las acrecentó. Durante bastante tiempo, fue literalmente el taller del mundo. El bajo costo de las mercancías, sobre todo los artículos textiles producidos por la nueva maquinaria, extendió los mercados de un modo tal que, por varias décadas, se creyó ilimitado. [Bernal, 1979a: 525].

Dentro de este contexto es fácil imaginarse a Sir John Bowring (1855) trasladándose "a Siam como ministro plenipotenciario para negociar un tratado de paz y abrir las rutas para las naves comerciales británicas. Remontó el río Meinam rumbo a Bangkok y en este viaje fue testigo de una escena que describió de la siguiente forma [Gudger, 1919: 189]":

> ¿Cómo puedo pasar en silencio a los cocuyos? Ellos centellean igual que el latido de las estrellas, brillantes y amorosos a través del aire tan pronto se pone el sol. Su luz es intensa y bellísima, tanto en color como en su reluciente esplendor -ahora brillantes, al instante apagados. Tienen sus árboles favoritos alrededor de los cuales lucen en innumerables multitudes y producen una espléndida y viva iluminación; sus luces se encienden y se apagan por una común afinidad. En un momento, cada hoja y cada rama parecen decoradas con chispas que parecen diamantes; pronto están oscuras; para ser otra vez seguidas con destellos de innumerables lámparas que prontamente giran cerca con rápida agitación. Si las estrellas son la poesía del cielo, la tierra tiene nada más poético que las luciérnagas tropicales. [Bowring, 1857a: 233-234].

Un observable en este relato es el momento en que inician los cocuyos su actividad bioluminiscente "tan pronto se pone el sol" otro, la sincronización de la emisión de los destellos por todo

el enjambre "sus luces se encienden y se apagan por una común afinidad". Adróstenes, Kaempf y Bowring andaban en misiones diplomáticas. Con casi doscientos años de diferencia Kaempf y Bowring informaron del centellear al unísono de los cocuyos en las riberas del mismo río, el Meinam.

Resulta muy extraño y hasta paradójico que un escrito proveniente de un representante del expansionismo inglés del siglo XIX carezca de términos propios del marco newtoniano y tenga tintes o mejor dicho, pretensiones de 'lakista'[139]. Una posible explicación a esto puede ser ubicada en el supuesto de que es una expresión de la penetración ideológica del romanticismo que en aquellos días se vivía en Europa[140].

El bloque de escritores románticos comparte el temor ante el presentimiento de la 'cosificación' del hombre; "pero no fue esta preocupación la que los absorbió, sino otra más sentimental e inmediata: la de la injusticia social y más que la injusticia la impiedad social [op. cit.: XV]". "Este fue el periodo de apogeo del capitalismo, con su riqueza extravagante ... La riqueza jamás habia sido acumulada tan fácilmente; y, a la vez, nunca se había

---

[139] Lakista: "se llama así a un grupo de poetas que residieron durante algún tiempo en la región de los lagos -inglés lakes- del noroeste de Inglaterra. No formaron escuela, en el sentido absoluto de esta palabra, pero tuvieron de común su profundo amor a la naturaleza, a la cual consideraban como fuente de toda Poesía. [Según uno de ellos:] no hay en la naturaleza cosa alguna, por insignificante que parezca, que no pueda ser objeto de un poema [Gili Gaya, 1961: 186]".

[140] "La revolución industrial -sobre todo en Inglaterra y Francia- trasforma las estructuras sociales y los conceptos humanos. El maquinismo se alza como un dragón de hierro que ha de devorar al hombre ... A la acción se sucede la reacción; y del mismo modo que la industrialización engríe al hombre con el poder de su inventiva y le hace creer que ya no hay misterio, sino ciencia; que no hay espíritu, sino razón, la corriente opuesta resiste a estas premisas y entabla una lucha en la que enfrenta el sentimiento a la razón y previene al hombre contra el peligro de la deshumanización. [Peñalosa, 1979: XIV]".

propagado tanto y en forma tan despiadada la miseria, ya casi no había defensas sociales que la mitigaran [Bernal, 1979a: 524 y 523]". Posiblemente, a un hombre capitalista, con talento y remordimientos, que tenía motivaciones de naturalista, no le quedaba de otra más que expresarse con palabras del romanticismo.

VII.5.2) Otros investigadores del siglo XIX

VII.5.2.1. El barón Osten-Sacken (1861) "estudió los hábitos para el apareamiento de un buen número de especies nativas de cocuyos [Buck, 1935: 340]".

VII.5.2.2. Existe una relación hecha por F. W. Burbidge (1880) de una excursión al río Scudai, Jahore ... cerca de Singapur [Gudger, 1919: 189]":

> Conforme la oscuridad se incrementaba, las pequeñas lámparas de los cocuyos se hacían visibles aquí y allá, entre la vegetación de las riberas. Conforme nos deslizabamos hacia adelante, su número se incrementaba hasta que vimos venir millares de ellos, evidentemente, atraídos por alguna clase particular de arbustos alrededor de los cuales centelleaban simultáneamente. [Burbidge, 1880: 34].

VII.5.2.3. Durante la misma década en la que Darwin (1880) arribaba al indicio para la relación evolutiva del envolvimiento nocturno de los coleoptilos y las hojas de ciertas plantas (VI.20), R. Dubois (1886) sugirió una función que podría tener la producción de luz en los cocuyos: "mantuvo que ciertas aves tropicales capturan a los cocuyos y rápidamente los llevan a las blandas paredes de arcilla de sus nidos y entonces, la luz que ellos producen, mientras están así colocados, protege a dichos nidos de las culebras [Mast, 1912: 256]". Esta sugerencia es una de "las más originales" que vio Mast al respecto (1912), no se sabe que tan cierta sea la existencia de tal comportamiento. Pero lo seguro es que, si esta es la función de la emisión de luz por parte de las luciérnagas capturadas, tendrá valor adaptativo para sus captores y estará en duda si para ellas mismas.

VII.5.2.4. E. A. Schwars (1893) "notó una correlación entre el tiempo de vuelo y la embestida nocturna del ubicuo escarabajo de mayo, *Phyllophaga* [Park & Keller, 1932: 344]".

VII.5.3) Nelson Annandale (1900)

"El siguiente relato que encontré proviene de la pluma de Nelson Annandale (1900), el bien conocido zoólogo de Calcuta, India [Gudger, 1919: 188]". En este relato, dicho zoólogo comenta:

> De todas las manifestaciones de luminiscencia entre los animales, no existe una más curiosa o más inexplicable en nuestro actual estado de conocimientos, que la manera en la cual un gran número de individuos de ciertos cocuyos son capaces de desplegar su luz con una aprente simultaneidad, al unísono y con intervalos regulares de oscuridad, bajo circustancias que hacen imposible que todos los miembros del enjambre se vean unos a otros. [Annandale, 1900: IV].

Abajo, expone que "el fenómeno no es común en la costa este de la península malaya ... pero que se manifiesta frecuentemente en el propio Siam y entre los manglares pantanosos de Perak y Selangor. [El] solamente, tuvo la oportunidad de ver esto en una ocasión, fue en la ribera del río Kuala Patani, una bella tarde al final de junio [ib.]":

> Un árbol grande fue cubierto con varios centenares de luciérnagas, la mayoría de las cuales, a juzgar por la similitud de sus luces, se veían como pertenecientes a una especie o quizás, a un sexo. Había tres individuos situados juntos, sin embargo, sus luces eran más grandes y azules que las de los otros. Las luces de todos los especímenes de la variedad más ambudante centelleaban al unísono una con otra; las de la minoría, las de los tres individuos, también destellaban juntas, pero, en diferentes momentos. [ib.].

Annandale (1900) registró, no solamente el fenómeno de la sincronización en la emisión de los destellos de dos grupos de cocuyos que centelleaban al unísono y lo que todavía es más importante, a contratiempo, sino que se aseguró de la existencia real del objeto de estudio. Abatido este obstáculo, ya sin la duda sobre la existencia del observable, pudo plantear el siguiente par de preguntas y formular sus respectivas hipótesis:

> Las cuestiones de cómo es efectuado este unísono y cuál es exactamente su efecto están oscuras. La fuerza

por la cual sucede esto puede ser un poco análoga a aquella que provoca que todos los individuos que componen una bandada de pájaros dan vueltas en el mismo instante. Como el profesor Poulton me ha expresado, el despliegue rítmico de luz por un montón de individuos aparece mucho más conspicuo al ojo que el simple centelleo de un número de puntos independientes. [ib.].

Los problemas estuvieron razonablemente bien planteados, no así las hipótesis. Todavía estaba presente la carencia de las categorías de análisis necesarias para la asimilación. Por un lado, Annandale planteó las típicas dudas del cómo, del funcionamiento y del efecto de la función e intentó superar la falta del esquema de asimilación apto con la formulación de una analogía, pero el análago no tenía intensión ¿en qué consiste esa fuerza que provoca que todos los individuos de una parvada al vuelo giren al mismo tiempo?. Por otro, en realidad formuló una hipótesis ad hoc ¿Qué función tiene que la emisión rítmica de la luz por un grupo de cocuyos sea más evidente que el destello de un sólo individuo?. Más tarde, se formuló una hipótesis muy parecida a la primera y a pesar de la gran cantidad de trabajo desarrollado alrededor de estas dudas, todavía permanecen.

VII.5.4) S. A. Forbes (1907 y 1916)

Observó los hábitos nocturnos de los escarabajos de mayo, *Phylophaga* [Park & Keller, 1932: 344]".

VII.5.5) S. O. Mast (1911 y 1912)

Sin darle mayor importancia, como si fuera lo más natural, en las obras precedentes se alude al ocaso como el momento en que aparecen los cocuyos, es como si aún prevaleciera la tradición aristotélica (V.3.2 y V.5). Fue S. O. Mast quien abrió la discusión sobre el significado de la hora de la emisión luminosa en un excelente trabajo que publicó en 1912. Después de una bella introducción en la que hizo una muy buena referencia al ritmo anual de emisión de la luz por parte de las luciérnagas, pasa a sus registros del ritmo diario:

En el atardecer, los machos, usualmente inician sus destellos diez minutos antes que las hembras. La

hora promedio para el primer destello, en varios diferentes días, salteados, entre el 12 y el 30 de julio, fue a las 19:40 ±1/2 para los machos y 19:51 para las hembras. Este momento del día para el primer destello, sorpresiva y aparentemente, fue constante a través de la estación.

No tengo pruebas a favor de que los cocuyos, como debería ser esperado, aparezcan más temprano en los días oscuros, nublados y lluviosos que en los días claros y brillantes. Sin embargo, miré que las bajas temperaturas retardan su aparición. Los ejemplares puestos en oscuridad o baja intensidad luminosa durante el día no se vuelven activos antes que aquellos que están en condiciones normales. Nunca observé que los machos bajo oscuridad brillaran espóntaneamente durante el día. Aunque se encontró que las hembras responden a destellos artificiales de luz en todo momento.

Desde el momento del primer destello visto a campo abierto al atardecer, su número gradualmente se incrementó hasta que alcanzó el máximo entre las 20:30 y las 21:00 horas, después de lo cual, hay un decremento más rápido. [p. 259].

Aparentemente Mast, en 1912, fue el primero que realizó la operación de base en la vía de los ritmos de actividad en los insectos. Es decir, pudo haber sido el primero que puso bajo condiciones de oscilación libre el rítmo de luminiscencia. De sus líneas trasladadas arriba, se desprende que, primero, determinó con bastante exactitud el momento y las condiciones bajo las cuales los cocuyos 'inician sus destellos', así como, la duración de esta actividad. Después repentinamente y hasta donde se puede leer en su artículo, sin antecedentes directos al respecto, colocó a sus luciérnagas en oscuridad constante. Observó que los machos no 'brillan espontáneamente durante el día'. Aunque sí 'encontró que las hembras responden a destellos artificiales de luz en todo momento': detectó un ritmo ligado al sexo. Sobresale su hipótesis de "que la actividad de estas criaturas es un fenómeno periódico con una considerable independencia de los cambios ambientales próximos [ib.]". Esta puede ser la primera vez en que, esta hipótesis, ha sido formulada con dichos términos.

Es evidente que en el relato de Mast, los observables, tanto del objeto, como de la acción, ya estaban bien diferenciados. Al recordar la narración de De Mairan Dortous (VI.1) y compararla

con la de Mast se nota que ninguno de los dos ilustra cómo fue que se le ocurrió hacer la citada operación de base; tampoco detallan la forma en que la llevaron a cabo. En sus acciones propiamente dichas, sólo intervienen descripciones de observables y de algunas relaciones entre ellos (Piaget y García, 1982). De aquí que en ambos casos se pueda atisbar un origen un tanto casual en sus operaciones de base. Como ya anunciara Stengers (1983) "hoy vamos poco a poco reconociendo cuán esencial es el papel del azar y de la irreversibilidad en cualquier nivel de descripción, desde el de las partículas elementales hasta el de la cosmología [Prigogine y Stengers, 1983: ii]". De donde brota una cuestión que, en términos de la misma Stengers (1983), "es la relación entre lo ordenado y lo desordenado, entre el orden y el desorden [op. cit.: iii]" y que, para la finalidad de las presentes faenas, habrá que delimitar a los sucesos cognoscitivos.

Piaget y García (1982) marcaron algunas posibilidades para poder abordar algunos rasgos de esta cuestión. Como ya se habrá apreciado en el II.16.1, ellos manifestaron que en lo que respecta al nivel intra-, que el es primero en los procesos cognoscitivos, "conduce al descubrimiento de un conjunto de propiedades en los objetos o en los eventos [p. 251]" y antes, habían mantenido que "lo propio en este periodo es el descubrimiento de una acción operatoria cualquiera [p. 163]". Es decir, las acciones y los observables solidarios a ellas que aparecen como eventuales en las obras de De Mairan Dortous (1729) y Mast (1912) pueden ser asimilados por la Termodinámica generalizada y predichos por la Epistemología genética.

En este sentido, las aportaciones de estos dos paradigmas van mucho más allá. El primero, marca que en los sistemas alejados del equilibrio termodinámico: a) "el recorrido 'histórico' a lo largo del cual el sistema evoluciona a medida que aumenta el parámetro de control viene caracterizado por una sucesión de regiones estables, en donde dominan las leyes deterministas, y otras inestables, cerca de los puntos de bifurcación [Prigogine y Stengers, 1983: 161]" en la cual hay azar y bifurcaciones

asistidas y que b) "una fluctuación no puede dominar todo el sistema de una vez. Debe primero establecerse en una región limitada. Dependiendo [del umbral] la fluctuación bien se amortigua, bien se expande a todo el sistema [op. cit.: 170]". Ya directamente en el terreno epistémico, el segundo paradigma predice que habrá una conducta α (II.8.1) .

En el VI.1 se marcó que este tipo de conducta fue el seguido por de Mairan Dortous (1729) cuando arribó a la acción de base en el canal del sueño en las plantas. Fue el mismo comportamiento que tuvo Mast ¡casi dos siglos después! al dar con esta acción en la creoda de los ritmos de actividad en los insectos. Aparentemente, "las ocupaciones ordinarias de De Mairan Dortous (1729) no le permitieron llevar más allá sus experimentos [p. 35]" y el interés puesto en otros rubros del comportamiento reproductivo de los cocuyos se lo impidió a Mast (1912). En realidad, la posible causa de que su intereses se alejaran de la operación que hallaron se puede buscar en la falta de un esquema que permitiera la asimilación de este nuevo hecho.

Otro resultado semejante y posiblemente, producto de la misma ausencia de nociones que permitieran la asimilación, es el siguiente: en ambos casos tuvieron que pasar, relativamente, muchos años para que se repitiera la, ya tan mencionada, operación de base. En el caso de De Mairan Dortous suman 29 (VI.5) y en el de Mast fueron 20 (VII.5.17). Veinte años con todo y que, supuestamente, en este siglo la comunicación de los logros científicos ha sido más expedita. Además, como se podrá atisbar casi inmediatamente, este retraso muy difícilmente puede ser atribuido a la primera guerra mundial.

Las semejanzas encontradas en estos hechos epistémicos separados por dos siglos y en vías con orígenes distintos, sustentan la idea de que en los procesos cognoscitivos, como en el resto de los alejados del equilibrio termodinámico, tienen más peso las condiciones que el momento abstracto o la distancia bajo las que éstas se presentan. "El estado que alcanzamos depende de la historia previa del sistema [Prigogine y Stengers, 1983: 158]". Como las creodas embriológicas "que corresponderían a

posibles líneas de desarrollo con el doble imperativo de flexibilidad y certeza [op. cit.: 181]". Si sólo se toma en cuenta la forma, "los saltos se han ejecutado de manera reproducible [ib.]".

Un hecho epistémico con el que también se puede defender la idea de que Mast (1912) detectó casualmente la operación de base para los ritmos circadianos y que por lo mismo, no pudo atisbar sus relaciones más allá del mero observable que lo indujo a formular su brillante hipótesis, se puede encontrar en la segunda parte de su relato: en ésta cita a Bohn (¿G. Bohn?), Loeb (VIII.6 y VIII.11) y Parker (X.2.12), tres figuras prominentes en otro camino de la Circadiología, el de los ritmos de migración vertical y mareas en los organismos acuáticos. Pero, no a propósito de las interacciones de ambos fenómenos rítmicos, como sería de esperarse, los citó con relación a los tropismos que orientarían los cocuyos rumbo a las luciérnagas.

VII.5.6) K. G. Blair (1915)

En la revista "Nature de diciembre 9, página 414, está el informe del interesante artículo **Luminous Insects** que leyó K. G. Blair ante la **South London Entomological** y la **Natural History Society**, en el cual se hace referencia a la admirable sincronía de los destellos [Morse, 1966: 169-170]" de las luciérnagas:

> Además de la función principal de asegurar el adecuado apareamiento de los sexos, se ha visto que la luz también es ampliamente usada de muchos modos por los machos durante los despliegues. En donde los poderes de la luminosidad han sido ampliamente desarrollados por este sexo, la emisión de luz es usualmente del tipo de destellos intermitentes. Se ha notado en varias partes del mundo que estos machos centellantes tienden a congregarse en grandes camadas y todos los individuos de una de estas agrupaciones pueden centellar en concierto. Por ejemplo, todos los cocuyos alrededor de un árbol o grupo de árboles pueden centellar juntos, mientras que los de un árbol vecino puden pulsar a contratiempo. Este hecho ha sido observado en algunas especies europeas de *Lucicola* (...) de un género índico de lampryd no identificado y del género *Aspidosoma* en América del sur.
>
> Las razones exactas de este centelleo en concierto o la forma por la cual esto es efectuado no han sido descubiertas. Se ha sugerido que la luz no tiene

realmente un carácter intermitente, que solamente nos parece así a nosostros por ser alternadamente encubierta y exhibida por los movimientos del cuerpo de las criaturas, que un débil soplo del viento puede, tal vez, afectar a todos los miembros de una aglomeración y causar que todos ellos oculten su luz a un mismo tiempo. Aunque esta explicación del carácter intermitente de la luz se aplica bastante bien a *Pyrophorus*, un insecto que nosotros podríamos considerar un poco, ciertamente no es aplicable a aquellos Lamprydae ... Una explicación más plausible del fenómeno es que cada destello, por decirlo así, agota la batería y se requiere de un periodo de recuparación antes de que otro destello pueda ser emitido. Entonces, puede ser concebible que el destello de un guía puede actuar como un estímulo para que se disparen los destellos de los otros miembros del grupo y así, se inicia el concierto de destellos por todo el conglomerado. [Blair, 1915: 414].

Esta consideración de que el ritmo de los destellos sincrónicos por parte de los cocuyos "se debe a la descarga y recuperación de un mecanismo parecido al de una batería [Buck, 1935: 339]" es muy parecida a la que haría quince años después Carl A. Richmond (1930). Estos dos observadores junto con H. H. Newman (1917) y G. H. Hudson (1918) "opinaron que el destello de un guía dispara los destellos del resto, lo cual forma el sincronismo [ib.]".

VII.5.7) Año de 1916

En el plano mundial "el año de 1916 se senaló por la entrada de Portugal en la guerra (...) y de Rumania (...) al lado de los aliados. Sobre todo fue el año de la batalla de Verdún [Malet e Isaac, s. f.: 246]" En el de la vereda de los ritmos diarios de luminiscencia y del centellear al unísono de los cocuyos el mismo año se debe marcar por la gran producción de relatos al respecto. He aquí algunos de los 10 que se han podido contar:

[VII.5.7.1] Hacía cincuenta años que en Gorham, Maine, mientras caminaba a lo largo del camino, [E. S. Morse] pasó por un campo abierto y advirtió con asombro, cientos de luciérnagas centellando en perfecto unísono. [El] observó que en esta curiosa escena, durante un tiempo la sincronía de los destellos se mantuvo intacta. Muchas veces después observó estos insectos luminosos con la esperanza de ver una repetición de este fenómeno, pero los destellos en cada ocasión fueron asincrónicos. Desde aquel tiempo, [leyó]

acerca de estos insectos en varios libros sin poder encontrar alguna alusión a este peculiar comportamiento. [Morse, E. S., 1916: 169].

E. S. Morse (1916a) "encontró una confirmación de su primera observación en [ib.]" la aportación que había hecho Blair el año anterior. Y con todo y que "la explicación [que éste] ofrecía como causa de tal comportamiento la vió inadecuada [ib.]", tuvo la gentileza de enviar a Scienceun resumen del artículo de Blair que había sido dado al público en Nature.

[VII.5.7.2. E. S. Morse] le envió una copia de su artículo [anterior] a su amigo, el Proffesor E. B. Pulton de Oxford y como respuesta, él le mandó una hoja de prueba del libro que él estaba editando, el cual se titula A naturalist in Borneo, escrito por Robert W. C. Shelford, quién había muerto unos años antes, uno de los primeros asistentes del Professor Poulton. Y [E. S. Morse] se tomo la libertad de presentar un resumen de esta página de anticipo:

Sobre un banco del otro lado había un pequeño árbol que creció muy cerca de la orilla del agua, el cual fue cubierto por miles de luciérnagas, pequeños escarabajos de la familia Lampyridae. [Shelford] observó que la luz emitida por esta pequeñas criaturas pulsaba con un regular ritmo sincrónico, como que en un momento, el árbol podía ser una llamarada y en otro rato, la luz podía ser poco clara o incierta ... Esta acción concertada de miles de insectos es muy notable y no de fácil explicación ... No es obvio el valor que pueda tener para la especie esta pulsación rítmica de luz de los cocuyos y como está la duda si la emisión de la luz fosforescente está bajo el control de los insectos o es meramente un simple proceso automático del metabolismo, esta sincronía es un hecho de lo más enigmático. [De Shelford, en Morse, E. S., 1916a: 387-388].

Desde el punto de vista de Gudger (1919), el libro de Shelford es "un trabajo repleto de datos de la historia natural, de gran interés y valor [1919: 188]".

[VII.5.7.3. Las notas de Edward S. Morse [1916a y 1916b] en Sicence ... sobre las luciérnagas que centellean al unísono, en conexión con sus estudios de la emisión de luz por los Lamprydae de América, le resultaron de mucho interés a [F. Alex McDermott], quién durante el transcurso de sus observaciones estuvo constantemente tratando de mirar el tipo de sincronía en los destellos informada por Blair y por Morse. No dudaba de que esta fuera una clara y frecuente, si no es que, una forma constante de emisión de luz entre ciertos lamprydos

tropicales (principalmente del oriente), pero [para él,] los ejemplos de esto en nuestras especies norteamericanas deberían ser fortuitos, por lo menos en [su] localidad. [McDermott, 1916: 610].

VII.5.7.4. Enseguida de citar la correspondencia de Morse (1916a y 1916b) y de McDermott (1916) en Science, H. A. Allard (1916) escribió:

> Los destellos sincrónicos de las luciérnagas parecen ser un muy raro fenómeno en Norte América. Es tan raro ver que esto ocurra que uno puede considerarse afortunado si ha observado este fenómeno por lo menos una vez en la vida. Tiene doce años que el escritor observó en Oxford, Mass., uno de los ejemplos más admirables del centelleo sincrónico de los cocuyos. La noche en que este fenómeno ocurrió, no tenía mucho que había pasado una fuerte tormenta que fue seguida de una profunda calma. De tiempo en tiempo deslumbrantes destellos de luz iluminaban la campiña. El aire estaba muy caliente y húmedo, las luciérnagas se volvían inusualmente abundantes y activas, especialmente cerca del suelo de un terreno que estaba junto a unos montes. Aquí, miles de insectos estuvieron saliendo del suelo, cetellaban incesantemente, tanto como el ojo podía ver. Después de un rato, tuvo lugar la más admirable sincronía de los destellos ... Esta notable sincronía de los destellos, durante algunos momentos, estaba en una continua sucesión y a la distancia, nos daba la impresión de ondas alternadas de iluminación y oscuridad. [p. 710].

> [VII.5.7.5. Para Wallace Craig] ciertamente, en la mayoría del comportamiento de los animales, la tendencia para ponerse a tiempo con un ritmo externo, está conspicuamente ausente. [El suponía que] aunque un animal no pueda tener un concepto de la relación entre dos ritmos coincidentes ... algunos animales podrían tener un mecanismo innato que podría llevarlos a una sincronía con un ritmo externo. [Lo que lo] llevó a revisar las observaciones que pudieran sostener tal supuesto [1916: 784].

Como algunos observadores como Blair (1915), Morse (1916a y 1916b), Shelford (citado por Morse, 1916b) y H. C. Bumpus (comunicación personal), habían informado de esto, Craig (1916) hizo una revisión de sus relatos y entre otras cosas, concluyó que "cuando un gran número de luciérnagas están centellando con una leve diferencia en su tasa, debe haber una gran cantidad de sincronía accidental y para determinar si existe un grado de ésta

no debido al mero accidente, uno necesita de un examen estadístico. [Como que la] sincronía debío haber sido una ilusión [p. 785]".

VII.5.8) Año de 1917

"El año 1917 fue el más alterado de la guerra. Los acontecimientos políticos y económicos sobrepasan en importancia a los militares [Malet e Isaac, s. f.: 246]". Es el año de la guerra submarina, la revolución rusa y la incorporación de los E. U. A. como combatiente a la I guerra mundial.

VII.5.8.1. "El reciente artículo de Craig en Science, [a H. H. Newman] le hizo volver a la mente una observación que [llevó] a cabo cerca de Austin, Texas, en 1909. En el momento de la observación realizó algunas notas de campo de las cuales, [tomó] la siguiente descripción [1917: 44]":

> Mientras estaba ocupado en la alimentación de varios especímenes de lagartijas de las rocas, localicé una enorme colonia de opiliónidos. los cuales identifiqué como pertenecientes al género *Liobonum*, durante el día reposaban en el lado inferior de un voladizo que salía de una roca sobre una escarpada ladera. Estimé que había entre uno o dos millares en la colonia ... Cuando los ví por primera vez, todos estaban suspendidos en el techo, como si estuvieran completamente inmóviles, pero cuando me acerqué a casi seis pies de ellos, iniciaron una curiosa danza rítmica ... Esta obra duró por más de un minuto y paró gradualmente, como por agotamiento. Entonces, separé unos pocos de los individuos más cercanos con una estaca e inmediatamente, éstos reasumieron los movimientos rítmicos hacia arriba y hacia abajo, los cuales se extendieron rápidamente a todo el grupo, pero decayeron en menos de medio minuto ...
>
> Cuando la colonia fue vista por primea vez, se notó que las largas patas de los individuos vecinos estaban estrechamente unidas y este mecanismo fue suficientemente para dar cuenta de la transmisión de los estímulos de una parte de la colonia a otra. Especialmente, se debe hacer notar que el ritmo no fue perféctamente sincrónico desde el inicio, sino que así se hizo despues de unos pococos segundos.
>
> Posiblemente la sincronía de los destellos en las luciérnagas pueda ser explicada como el resultado de una transmisión de los estímulos, un tanto similar.

VII.5.8.2. En aquel año, Philip Laurent (1917) consideró que el fenómeno de los destellos al unísono de los cocuyos "era debido al parpadeo del observador -¡!- [Buck, 19350: 339]" Esta propuesta que transporta el origen del fenómeno de los destellos al unísono por los cocuyos al parpadeo del observador y que pone en duda la calidad de un organo de los sentidos hace retroceder a los primeros tiempos del sueño en las plantas (VI.5, VI.6 y VI.12). En ellos se puso en tela de juicio la efectividad de otro instrumento, la del cuarto oscuro. De primera ojeada, se registra un cierto sensualismo.

VII.5.8.3. Por su parte, W. M. Weeler (1917) le atribuyó a una nota de Newman en un número de Science, el recordarle que en 1901, él hizo "las mismas observaciones sobre el comportamiento de unas colonias de las misma especie de opiliónidos (Phalangidae) en las orillas de Austin, Texas. Entre unos doscientos o trescientos individuos [mentenían] un ritmo simultáneo de los movimientos hacia arriba y hacia abajo ... sobre sus grandes y sensibles patas cuando la perturbación es muy de golpe [p. 190]". Al parecer de Weeler (1917):

> El estímulo en este caso es posiblemente la corriente de aire que se produce por el rápido acercamiento del observador y es posiblemente propagado como lo sugiere Newman, por el contacto entre las patas entrelazadas. No obstante, en muchos casos de comportamiento sincrónico, se pueden suponer otros estímulos. En las luciérnagas el inicio de los destellos simultáneos puede ser debido a un estímulo óptico ... pero la continuación del ritmo establecido, parece que depende de una cierta clase de 'Einfühlung' o 'simpathy'[141] en los insectos [ib.]".

---

[141] A la 'sympathy induction' en nuestro idioma, se le conoce como 'inducción alomimética' que es:
"Una conducta contagiosa entre miembros de un grupo animal que aproximadamente realizan al mismo tiempo iguales actividades ... En este contexto conocemos la imitación social, es decir, el hecho de que todos los miembros de una sociedad imitan una acción o una serie de acciones cuya impulsión viene generalmente de un solo individuo ... Esta conducta sirve para la sincronización de las acciones en el interior de un grupo. [Heymer 1982]".

Aparentemente la opinión compartida por Newman (1917) y Blair (1915) es idéntica a la de Weeler (1917). Pero no, en todo caso, ésta es igual a la hipótesis formulada por Annandale (1900) 17 años atrás, que como se podrá recordar, su análogo no tenía intensión (VII.5.3). Acá ya hay una mínima mejoría, el análogo, la pauta de comportamiento ya tiene nombre; se ahorra la descripción. Sin embargo, continua la ausencia de la connotación para el factor causal o los mecanismos involucrados en el despligue de la pauta. Weeler cayó en un error muy frecuente en Etología. Este consiste en atribuir el origen de una conducta al término que la designa.

VII.5.9) Año de 1918

En este año, los aliados obtuvieron la segunda victoria del Marne y "el armisticio del 11 de noviembre equivalía a una capitulación de Alemania [Malet e Isaac, s. f.: 258]".

VII.5.9.1. En los E. U. A., George H. Hudson (1918) dio cuenta de que había observado el fenómeno de los destellos emitidos sincrónicamente por los cocuyos durante tres "cálidos y oscuros atardeceres del verano de 1915 [1918: 573]" y del 11 y 12 de julio de 1916 en la isla Valcour del lago Champlain. El juzgó que "alrededor de 10,000 de estos insectos estaban presentes [ib.]". Durante sus visitas, Hudson notó que "la iluminación nunca fue debida a una verdadera sincronía en la iluminación de [las] lucirnagas ajustadas en el despliegue, sino que fue siempre de la naturaleza de una onda que se movía rápidamente desde uno o más centros hacia afuera [y] cuando confluía la luz desde varios centros, la ribera [dónde ellas estaban] se iluminaba muy brillantemente [ib.]". Al parecer de Hudson (1918), "estrictamente hablando, no había un compás regular en esta respuesta concertada y por lo tanto, no hubo un verdadero ritmo [ib.]". De tal manera que al igual que Blair (1915) y Newman (1917) opinaba que el destello de un guía dispara los destellos del resto, formándose así, según él, la aparente sincronía (Buck, 1935).

VII.5.9.2. En este año, E. S. Morse (1918) publicó una revisión sobre el tema. "Este fenómeno también fue mirado en las Filipinas por F. Morse -1918 y J. V. Purssell -1918 [Buck, 1935: 339]". Aun y cuando, lo que en realidad atisbó F. Morse (1918) fue "aparentemente en movimiento un espectro incandescente, el cual venía y se iba en una repetición regular de destellos e intervalos de oscuridad. La aparición fue uncanny y plenamente visible a todos los pasajeros de un stage. Primero, no se dieron cuenta de la causa, pero, pronto se la atribuyeron a los cocuyos [p. 418]".

La inclusión de las breves notas acerca de la I guerra mundial es para reafirmar que el retraso en la reproducción de la experiencia de Mast (1912) quien hizo su quehacer en los E. U. A. (VII.5.6), difícilmente puede serle atribuido a ella. Se habrá mirado que en 1916, en medio de ésta, fueron reportadas 16 acciones en torno de los ritmos de luminiscencia en los cocuyos. "Estados Unidos de América eran dueños de todo el oro que habían ganado en el mundo desde 1914 a 1916 [Malet e Isaac, s. f.: 249-250]". Entraron en combate hasta 1918, mientras tanto, podían desembocar recursos hacia la investigación científica. No sucedió lo mismo en el canal del sueño en las plantas. Creoda cuya totalidad, prácticamente, fue hecha en Alemania. Esta le declaró la guerra a Rusia y Francia en agosto de 1914 y estuvo en el pleito hasta su capitulación en 1918. El producto a la vista: entre esos años, apenas, aparecen los relatos de Pfeffer (1915) y Stoppel (1916). Un señor ya grande y una mujer trabajando en medio del fragor. Gente digna de admiración.

VII.5.10) E. W. Gudger (1919)

"Los interesantes relatos del notable hábito de la emisión sincrónica de los destellos por parte de los cocuyos, publicadas en Science durante los dos últimos años por Edward S. Morse y otros, condujeron a E. W. Gudger (1919) a hacer algunas notas de

informes similares encontrados en los trabajos de ciertos libros acerca de las Indias orientales y Nueva Guinea [p. 188]".

VII.5.12) Chas D. Snyder y Aleide V'th Snyder (1920)

Chas D. Snyder y Aleide V'th Snyder (1920), en los E. U. A. observaron el interesante fenómeno de los destellos emitidos al unísono por los cocuyos, al igual que Allard -1916, durante 'profunda calma':

> Encontraron que los intervalos entre los destellos están inversamente correlacionados con la temperatura y sustentaron que la sincronía se debe a la uniformidad en la temperatura, humedad, iluminación y corriente del aire. Pero no sugirieron un mecanismo que sirva para hacer que los diferentes individuos se sincronicen unos a otros, afirmaron que esto es puramente accidental. [Buck, 1935: 339].

VII.5.12) Anna L. Hintze (1925)

En 1925, Anna L. Hintze dió a conocer los resultados de sus experimentos sobre el comportamiento de las larvas de *Cotinis nitida* Burmeister. Tres de ellos estuvieron encaminados hacia la observación del efecto de la luz sobre la locomoción y la actividad:

> Para determinar si las larvas [de *Cotinis nitida*] emergían [del suelo] como respuesta a la presencia o ausencia de luz, tres cristalizadores (cada uno contenía: suelo con un veinte por ciento de agua, cinco larvas y un abastecimiento de alimento) fueron colocados en una caja de treinta y ocho centímetros bajo un foco Mazda de 60 watts en un cuarto mantenido a una temperatura casi constante de 27 °C. Para la locomoción arriba del piso fue concedido suficiente espacio. Cada cristalizador fue protegido del calor irradiado desde la lámpara por medio de una criba húmeda engarzada sobre una clavija de madera arriba de aquél. La luz estuvo encendida continuamente durante veinticuatro horas, pero, no le impidió a las larvas su salida del suelo, para la siguiente mañana había profundos y suaves surcos cercanos a la orilla del plato, donde ellas se habían estado moviendo.
>
> La frecuencia de la emergencia entre las larvas bajo la luz fue comparada con la de aquellas puestas en oscuridad. Grupos similares de larvas fueron observados durante toda una noche entera ... El grupo que estaba bajo la luz fue mantenido en constante observación de

las 18 a las 5 horas. El grupo en la oscuridad fue examinado cada media hora. Bajo la luz, tres larvas venían afuera repentinamente. Hubo mucho movimiento bajo el piso en otros platos y como resultado, el suelo estaba cavado en varios lugares. La actividad fue grande desde las 0 a las 2 horas. En la oscuridad, una larva abandonó reiteradamente su cristalizador, tres se arrastraron cerca de la superficie del suelo y una hizo un agujero hacia ella pero no emergió.

Estas observaciones indican un ritmo de emergencia. Con el propósito de determinar qué tanto puede persistir este ritmo bajo condiciones constantes, una larva fue puesta dentro de cada uno de diez cántaros de combate ... Todos estos jarros fueron colocados en la caja bajo la luz eléctrica y ésta estuvo encendida día y noche. Las observaciones fueron hechas diariamente. Las primeras salidas fueron frecuentes. Cada uno de los individuos venía a la superficie, al menos, una vez por noche durante los primeros días; los más de ellos muy frecuentemente ... Posteriormente, el número de salidas disminuyó debido a la pupación ... Tres larvas salieron reiteradamente al finalizar la prueba, misma que se extendió tres semanas. [Hintze, 1925: 33].

Los rasgos de este escrito que más llaman la atención son: a) el detalle con que la autora describe los dispositivos experimentales; b) la presencia de algunas lagunas en cuanto a la técnica que utilizó para el registro de los datos; c) la falta de cierta claridad en las variables y sus parámetros; d) la existencia de una buena secuencia lógica en los tres experimentos y e) la no preocupación por el origen del ritmo, los mecanismos para su realización o su función, solamente tuvo como "propósito determinar qué tanto puede persistir este ritmo bajo condiciones constantes [ib.]". Debido a todo ello resulta sorprendente la conclusión expresada en el último párrafo del artículo: "5. la emergencia desde el suelo no depende, primariamente, del contenido del agua que tenga el suelo, de los cambios de temperatura, de la ausencia de alimento o de la luz, es un fenómeno rítmico que usualmente tiene lugar durante la noche [op. cit.: 34]". Este es un ejemplo de una conclusión que de acuerdo a la teoría actual puede ser válido pero que no surgió directamente de los procedimientos empíricos. Como este hecho epistémico y los del párrafo anterior se estudian en otras partes del presente

trabajo, se pasará a otro igualmente importante y que también, es revisado en otros lugares pero que debe ser subrayado aquí.

Como antecedentes a su investigación, Hintze, únicamente cita uno. Este procede de Davis (1922), quien "trabajando en Illinois, encontró que las larvas de estas especies vienen a las entradas de las madrigueras o igualmente, se arrastran hacia la superficie de la tierra cuando el suelo está cubierto de agua [Hintze, 1925: 31]". Como contraparte, el artículo de Hintze, hasta donde se puede conocer, sólo fue mencionado 33 años después por Harker (1958), lo que permite mirarlo como una fluctuación sin repercusiones sobre el sistema (Prigogine y Stengers, 1983). Es de suponerse que por parte de la autora se tuvo ante él una conducta de tipo α (II.8.1). Por lo que a su trabajo se le pueden aplicar los mismos puntos de vista apuntados en relación a la producción de De Mairan Dortous (VI.1) y Mast (VII.5.6).

VII.5.14) E. Newton Harvey (1926)

"E. Newton Harvey (1929) informó que los destellos de *Photirus pennsylvanica* son inhibidos por exposición de 1500 bujías/pié (...) si solamente se ilumina el órgano luminoso, pero no si eran iluminados los ojos, mientras aquel órgano era puesto en oscuridad [Buck, 1937: 49]".

VII.5.15) T. F. Morrison (1929)

El fenómeno de los destellos emitidos sincrónicamente por los cocuyos fue observado por T. F. Morrison (1929) en Siam, durante 'profunda calma' tal y como lo hiciera años antes Allard (1916) y Snyder y V'th Snyder (1920).

Los argumentos de Blair (1915), Newman (1917), Hudson (1918) y de Weeler (1917) "eran opuestos a los de T. F. Morrison (1929), quien apuntó que un 'guía' no puede ser visible a todos los miembros de un enjambre grande y que la sincronía, una vez iniciada, no prosigue en ondas de uno o más orígenes, tal y como fue sustentado, tanto por Allard (1916) como por Hudson -1918 [Buck, 1935: 339-340]".

VII.5.16) Carl A. Richmond (1930)

Carl A. Richmond (1930) consideraba que el ritmo de los destellos sincrónicos en los cocuyos "se debe a la descarga y recuperación alternadas de un mecanismo parecido a una batería [Buck, 1935: 339]". Esta es una consideración muy parecida a la que hizo quince años antes Blair -1915 (VII.5.7). "Estos dos observadores, junto con Newmn (1917) y Hudson (1918), opinaron que el destello de un guía dispara los destellos del resto, lo cual forma el sincronismo [ib.]":

> Una teoría para explicar este comportamiento en los insectos es como sigue. Ciertamente, cada insecto individual tiene una tendencia normal a emitir destellos en intervalos aproximadamente iguales y éstos serían casi los mismos para muchos de los individuos del enjambre. Supóngase que en cada insecto hay un equipo que funciona así: cuando el tiempo normal para el destello está cerca de ser alcanzado, una luz casual sobre el insecto precipita la ocurrencia de dicho acontecimiento. En otras palabras, si uno de los insectos está listo para alumbrar y mira el destello de otro, emitirá su propio destello más pronto que bajo otra condición. De la hipótesis precedente se sigue que puede haber una tendencia en estos insectos para caer en fase y destellar sincrónicamente. [Richmond, 1930: 538]".

Esta hipótesis de Richmond (1930) es una de las más aceptables acerca del centelleo al unísono por parte de los cocuyos. En ella ya se encuentran incorporados algunos elementos bastante precisos como fase, periodo, sincronización y otros. Esta mayor precisión en su contenido y el modelo eléctrico que la acompañaba permitían la posibilidad de, en frases de Piaget y García, "deducir de ella las operaciones que están implicadas o de coordinarla con otras más o menos similares [1982: 165]"; característica fundamental de la etapa inter-. Esto fue lo que empezó a suceder unos cuantos años después por las actividades de John B. Buck (1935). Además y por lo mismo, dicha hipótesis es susceptible de ser generalizada hacia otros conjuntos de osciladores con autosincronización. El modelo que formuló Richmond (1930) a propósito de ella y que vendría a continuación se puede incorporar en los comienzos de la época trans-.

VII.5.17) Orlando Park y colaboradores (1931, 1932 y 1935)

En 1931, Orlando Park, John A. Lockett y Dwight J. Myers dieron a conocer su informe: **Studies in nocturnal ecology with special reference to climax forest**, que fue "un intento preliminar para ampliar [el] conocimiento concerniente con la ecología nocturna, especialmente la del bosque de hayas y arces [p. 709]" de Ohio. Después de la introducción y de la descripción del área, las estaciones, el método de estudio y las técnicas de campo presentan una lista de 26 especies con el número de veces que fue observado un individuo de ellas.

> Los datos colectados indican que las especies nocturnas observadas tienen un definido ritmo día-noche, aunque es posible que el hambre, otros estados fisiológicos y las condiciones adversas del medio pueden alterar o destruir temporalmente dicho ritmo del comportamiento. Así, se puede mostrar que, evidentemente, ciertas especies están activas durante periodos más o menos definidos de la noche y están correspondientemente, más o menos inactivas durante el día. [p. 712].
>
> Aunque los datos colectados fueron de gasterópodos, miríapodos, anfibios e insectos (...) se enfatizó el comportamiento de los coleópteros nocturnos. Esto fue debido al número de escarabajos encontrados activos durante la noche y a la familiaridad que tiene el autor decano con este grupo como material ecológico.
>
> Cuando el comportamiento de una sola especie fue examinado, se encontró que había más individuos activos hacia la mitad de la noche que en el atardecer o cerca del amanecer. [p. 713].

Un descubrimiento que en el futuro le sirvió de base a Park y sus colaboradores (Park & Keller, 1932 y Park & Sejba, 1935) para el diseño de sus proyectos de investigación fue que el micófago, *Boletotherus cornutus* "es uno de los más activos, abundantes y típicos de la fauna nocturna [1931: 717]".

En lo que se refiere a la correlación de la actividad con los factores del medio, Park y sus colaboradores (1931) alcanzaron la conclusión general de que "para las especies estudiadas y dentro de las gamas de los factores observados, la actividad nocturna tiende a incrementarse con el aumento de la humedad relativa, el decremento de la temperatura del aire y la disminución en la tasa

de evaporación [p. 725]" y que esencialmente, "como los datos lo indican, la actividad en la noche está fuertemente correlacionada con el complejo de factores en un momento dado [p. 719]". Habrá que recordar que ya en 1857, Sachs (VI.15) tuvo que decidir si las radiaciones caloricas, las radiaciones de algún color o sólo las químicas eran el agente de la luz del día que influía sobre la curvatura de las articulaciones de las hojas y le achacó a la luz azul una actuación "sobre los movimientos de las hojas como si estimulara los procesos totales de la planta, manteniendo en buen estado los procesos vegetales [p. 814]". Al parecer de Park y sus colaboradores (1931), está tan ajustada la correlación de la actividad de los organismos en la noche con la totalidad de los factores en un momento dado que "no determinaron hasta que punto un factor influye sobre la actividad de un animal nocturno [p. 719]", de modo que, en consistencia con esto, formularon su propuesta de que "la última solución de tal problema, necesariamente, descansa en el trabajo controlado de laboratorio con una o pocas especies [ib.]". De tal suerte que es posible constatar con esta propuesta que, en los procedimientos del grupo de Park, la colocación en oscilación libre del ritmo de actividad de los escarabajos ya no fue al azar, fue dada por un proceso de abstracción empírica.

Además, como Park y sus colaboradores (1931) pudieron notar que la actividad de las especies nocturnas observadas "se produce cuando los factores medidos están en la usual fase nocturna de su ciclo [p.722]", se les hizo posible "que el ritmo nocturno [fuera] hereditario, que reposa sobre requerimientos fisiológicos y que se expresa por si mismo cuando el complejo de factores es favorable [ib.]".

Un año después, el mismo Park, junto con John G. Keller (1932) diseñaron sus experimentos a partir de que habían "visto que un bosque clímax tiene una fauna difinitivamente nocturna, cuya actividad está en correlación evidente con expresiones rítmicas de factores tales como la intensidad luminosa, la temperatura, la humedad relativa y la tasa de evaporación dentro de la asociación [p. 335]".

Es indudable la existencia de interrelaciones entre lo aseverado por estos dos investigadores y las 'comunidades diurnas y nocturnas' de Elton (VII.3.7). De una concepción en la cual la fauna nocturna "en la selva tropical puede ser mucho más rica excitante y bulliciosa que la fauna diurna [Elton, 1927: 90]", se pasó a otra más escueta en la que "un bosque climax tiene una fauna definitivamente nocturna [Park & Keller, 1932: 335]". Con las actividades del grupo de Park se llenó una de las lagunas que habían quedado en la visión de las 'comunidades diurnas y nocturnas', laguna debida a la carencia de la operación de base para los ritmos circadianos. Así, los datos obtenidos con esta operación, pasan a ser hechos con algunas concecuencias y ciertas relaciones que permitieron su inserción en una teoría más amplia; los hechos ya no fueron meros datos aislados. Se lograron avances muy importantes que pusieron a esta ruta al borde de la época intra- y principios de la inter-.

> En una primera serie de experimentos estudiaron la actividad de *Parcoblatta pennsylvanica* bajo condiciones relativamente normales ... Con la frecuente repetición de este sencillo experimento, claramente, se confirmó para esta especie, la bien establecida visión de que las cucarachas, como grupo, son nocturnas, viz. están activas cuando los factores ambientales están en la fase nocturna de su ciclo.
>
> En segundo lugar, estudiaron la influencia del medio constante sobre la actividad de *Parcoblatta pennsylvanica* ... Colocaron doce individuos en cápsulas para cultivo que, a su vez, fueron puestas en un gabinete con temperatura constante. Esta última fue mantenida, como una temperatura del aire, desde 23.6 a 25.4 °C, dicha gama fue la variación extrema en unas veinticuatro horas típicas. El aire en el gabinete se fijó muy cerca de la saturación [hídrica] ... La tasa promedio de evaporación para veinticuatro horas fue de 2.37 cc. Las cucarachas estuvieron en total oscuridad a través del tiempo, salvo por los quince o treinta segundos de lectura cada hora cuando fue abierta la tronera de observación y tomados los datos con una luz roja. Entonces, en la lectura de cada hora fueron tomadas la temperatura del gabinete, la evaporación y el número de animales activos. Al mismo tiempo fue corrido un control con el mismo número de individuos bajo condiciones relativamente normales. [op. cit.: 335-336].

Se ha hecho la inclusión en la vereda de los ritmos de actividad en coleópteros a los organismos blátidos y en un

momento más, de otras formas, porque permite ilustrar muy bien algunos hechos epistémicos que no serían tales fuera de este contexto.

Los detalles en la descripción que hicieron Park y Keller (1932) de las condiciones bajo las cuales pusieron a las cucarachas para registrar su actividad permiten atisbar que ya había en ellos una toma de conciencia que incluía las insuficiencias o lo adecuado, de sus propias acciones (Piaget, 1978).

De los datos que obtuvieron, Park y Keller (1932) concluyeron que:

> La cucaracha de los bosques *Parcoblatta pennsylvanica* manifiesta tener su periodo de actividad correlacionado y controlado por las expresiones nocturnas de los factores actuantes ...
>
> Además de las observaciones hechas sobre las cucarachas de los bosques, [hicieron] igualmente, observaciones sobre el ritmo de actividad de un cierto número de escarabajos. El procedimiento fue idéntico al usado para estudiar aquéllas bajo fluctuaciones normales de la luz del día (...). [Estudiaron] dos familias de escarabajos, Carabidae (*Amphasia interstitialis* -Say, *Chlaenius sericeus* -Forst, *Clivinia impressifrons* -Lec. y *Poecilus lucublandus* -Say) y Staphylinidae (*Staphylus violaceus* -Gray).
>
> [Detectaron] que todas estas especies son normalmente nocturnas, pasan el día bajo su guarida disponible y son activas, buscan comida (...), a ciertos intervalos de la noche. [págs. 337-338].

Park y Keller (1932) pusieron, también, a un grupo de escarabajos micetocele, *Boletotherus cornutus* bajo la alternancia de la luz y la oscuridad y a otro lo colocaron a temperatura constante y oscuridad total. Un año antes, Park y sus colaboradores (1931) habían encontrado que este escarabajo "es típicamente nocturno, come y copula en la noche [Park y Keller, 1932: 340]".

> Igualmente, encontraron que *B. cornutus* está activo en la noche e inactivo en el día. Este ritmo de actividad fue demostrado para la misma especie en condiciones de su hábitat natural. Los resultados obtenidos fueron muy interesantes desde dos puntos de vista. Primero, porque ambos grupos de escarabajos dieron la respuesta nocturna típica, a pesar de que uno de ellos nunca fue expuesto a la alternancia de

luz-oscuridad. Segundo, porque el ritmo nocturno-diurno no se manifestó en cucarachas de los bosques bajo las mismas condiciones experimentales. [p. 342].

Park y Keller (1932) concluyeron que:

> Los animales nocturnos de los bosques son de dos tipos, uno (*Parcoblatta pennsylvanica*) que normalmente es nocturna pero en el cual la actividad se ve más o menos fácilmente modificada por el complejo de los factores ambientales; el otro (*B. cornutus*), en el cual la actividad nocturna está sumamente arraigada [p. 342]".

Sobresale el dato de que "ambos grupos de escarabajos dieron una respuesta nocturna típica [ib.]". Aparentemente no se desfasaron a pesar de que uno de ellos estaba en oscilación libre y el otro en luz:oscuridad ¿El desfasamiento fue tan pequeño que no llamó la atención de los investigadores?.

Igualmente, Park y Keller (1932) prestaron su atención a la 'sincronía' de la respuesta en ambos grupos. En el camino del sueño en las plantas se localizó la independencia de los ritmos circadianos a los cambios ambientales recurrentes a partir de la discrepancia del periodo del ritmo con las veinticuatro horas del nictámero. En este canal de los ritmos de actividad en los insectos, Park y Keller sospecharon de la existencia de tal independencia del ritmo de actividad de sus escarabajos experimentales cuando miraron que "no se manifestó [un ritmo equivalente] en las cucarachas de los bosques bajo las mismas condiciones experimentales [p. 342]". En un caso el ritmo dependía de condiciones internas y en otro de condiciones externas. En ambos se trata de factores actuantes y aunque todavía aparece el 'complejo de los factores ambientales', las 'causas actuales' ya no fungieron como obstáculo epistemológico (VIII.10).

La misma operación de base permitió detectar las constantes y las transformaciones del objeto de conocimiento. Acopio necesario para el paso hacia el periodo inter-.

Otro hecho epistémico importante es el siguiente: en dos rutas de la elaboración de la Circadiología, que hasta ese momento progresaban en forma independiente, al finalizar la época intra-, en cada una de ellas, se pusieron organismos desde sus

periodos embrionarios bajo condiciones de oscilación libre. En la trayectoria del sueño en las plantas: primero, Bünning (1931) dió con que "las condiciones externas bajo las cuales las plantas han sido criadas no tienen importancia alguna para el tamaño de las oscilaciones de los movimientos registrados más tarde [p. 478]" y después, Kleinhoonte (1932) descubrió que "las plantas cultivadas bajo luz constante ejecutan muy pronto, uno, más o unos pocos, movimientos bonitos con periodicidad diaria [p. 724]". En esta vía de los ritmos de actividad en insectos: Park y Keller (1932) localizaron que "en oscuridad total, con temperatura y evaporación constantes ... *B. cornutos* continuó presentando una actividad nocturna normal e inactividad en el día ... Los adultos se obtuvieron de estados larvales en completa oscuridad y otros, directamente de los hongos del bosque pero ambos grupos dieron la misma forma de ritmo nocturno [p. 344]".

Existen otros dos hechos epistémicos importantes. En el camino del sueño en las plantas, desde que se instrumentó por primera vez la operación de base (VI.1), hasta que fueron colocados en ella organismos inmaduros (VI.29), transcurrieron dos siglos; en el de los ritmos de actividad en insectos, solamente pasaron dos décadas. Con la salvedad de que, aparentemente, el quehacer de Park y Keller (1932) carece de un proceso de abstracción sobre sus resultados, tan elaborado como el presente en las actividades de Bünning (VI.29) y Kleinhoonte (VI.30), se vuelve a dar con el efecto que tienen las condiciones del contorno sobre la tasa del crecimiento de las canalizaciones epistémicas. De otra manera, en estos procesos tienen más peso las condiciones concretas que el momento o la distancia en abstracto bajo las que ellos se presentan. Por lo tanto, cabe preguntarse hasta qué punto la presencia de la teoría ecológica de 'las comunidades diurnas y nocturnas' de Elton (VII.3.7) actuó como un factor de crecimiento en el desarrollo del conocimiento sobre los ritmos circadianos de los insectos. La respuesta no se hace esperar, no obstante todavía en calidad de hipótesis, es afirmativa. Los nexos que se pueden establecer entre la abstracción empírica de Park y Keller (1932) acerca de sus

hallazgos y la teoría de Elton (1927) constituyen el segundo hecho epistémico al que se hizo referencia.

La composición de conclusiones de Park y Keller (1932) encaja muy bien con las aportaciones que han hecho Prigogine y Stengers (1983) alrededor de la inestabilidad de las estructuras muy alejadas del equilibrio: como la fluctuación estructural se impuso con éxito, el sistema global adoptó un nuevo modo de funcionamiento, su actividad comenzó a estar gobernada por una nueva 'sintaxis' (Prigogine y Stengers, 1983). Esta elaboración es una buena muestra de cómo en el desenvolvimiento de la Circadiología se empezaron a adoptar conductas de tipo β: se emprendió la integración del elemento perturbador en el sistema cognitivo, consistiendo entonces, en frases de Piaget (1978b) "la compensación no en anular la perturbación o en rechazar el nuevo elemento ... sino en modificar el sistema ... hasta hacer asimilable el hecho inesperado [p.: 74]". Todo esto se va a notar más claramente en los quehaceres realizados por Park y otro de sus colaboradores, Otto Sejba en 1935, quienes por esta vereda abrieron la etapa inter- de la Circadiología. Pero previamente, habrá que constatar otra cualidad sobresaliente en las actividades del grupo de Park, que fue el uso de aparatos de registro.

Al parecer de este experimentador: "la primera medición de la actividad nocturna con un aparato de registro fue hecha por M. S. Johnson [Park, 1935: 152]" en 1926. Por más que, en conveniencia con las metas de Park (1935) los animales usados fueron relativamente grandes, p. ej. "el ratón de las praderas y el ratón-venado de los bósques, *Peromyscus leucopus noveboracensis* (Fischer) y *P. maniculatus bairdii* (Hoy y Kennicott) [Johnson, 1926: 245]". Park (1935) se queja de que "desafortunadamente: el aparato, aunque sencillo, no fue dibujado ni descrito completamente; tampoco, la temperatura, la que varió varios grados, ni, presumiblemente, la humedad, fueron controladas adecuadamente [p. 152]". Ya mucho más cerca a la publicación de Park (1935), D. H. S. Davis (1932 y 1933) informó de "un mejor aparato del mismo tipo general para registrar la

actividad de pequeños mamíferos ... Pasando de los mamíferos a los insectos, el único otro grupo de animales en el cual la actividad nocturna había sido medida con aparatos de registro [ib.]" fueron los ortópteros con los que trabajó Lutz en 1932 (VII.6.4).

Estos son los relatos que cita Park en 1935 como antecedentes de un aparato de registro cuya construcción había iniciado unos cuatro años antes para "poder medir objetivamente la actividad de animales pequeños [p. 152]". El propio Park (1935) confirma que el trabajo hecho por él y Keller en 1932 "fue subjetivo, en tanto que la medición del cambio en la posición de los organismos marcados fue hecha con el ojo, existe la fuerte objeción de que la cámara experimental fue iluminada durante unos pocos segundos cada hora [Park, 1935: 155]". De esta forma vuelve a estar presente en la evolución de la circadiología la necesidad anticipándose al aparato de registro. Como se recordará, en el trayecto del sueño en las plantas, en 1909, Pfeffer (VI.24) ya se había planteado y satisfecho esta necesidad con palancas y un quimógrafo. Park (1935) y sus colaboradores lo hicieron de la siguiente manera:

> Un disco de un fonógrafo que tenía un diámetro de doce y tres un cuarto de pulgada o una tapadera de aluminio, del no. 10, para sartén, fueron ensartadas por su centro exacto a un tornillo de bronce el cual estaba atornillado a una aguja achatada que podía ser insertada desde arriba y ajustada al largo requerido. Esta aguja atornillada fue centrada sobre una tabla con forma de disco que se hizo cortando la punta de otro tornillo de bronce y puliendo su superficie. Este segundo tornillo fue pasado desde abajo y atravesado por una cuadrícula de tránsito que medía 16x14x1/4 de pulgada. Esta última fue insertada al agujero de tres tornillos de bronce arreglados de forma que la base del tránsito pudiera ser rápidamente nivelada y secundariamente afianzada por cuatro tornillos de bronce de manera que sus puntas afiladas pudieran estar en contacto con el disco ... Para completar el recipiente de los animales, un canto de celuloide de tres pulgadas de alto fue colocado contra el borde levantado del disco. Cuando estaba en uso, la base del tránsito era nivelada rápidamente y el recipiente o disco se balanceaba de modo que esto liberaba justamente las puntas de los cuatro tornillos o reposaba ligeramente sobre uno de ellos. La lámina,

cuando se balanceaba, podía ser desviada con un leve soplo y su sensibilidad era de medio gramo.

El contacto central de la base sobre la que se balanceaba el disco, estaba conectada a un reloj eléctrico y los cuatro contactos periféricos estaban conectados respectivamente a los cuatro vibradores de una espiral Ford, modelo T, cada uno de los cuales se dirigía a un delgado alambre de fierro. Las terminales de esta espiral estaban conectadas a los polos negativos de una bateria de seis volts y los positivos de ésta estaban conectados a una copa de mercurio colocada de forma que un alambre o una tira de cobre unida al segundero del reloj pasaba a través del mercurio durante una fracción de cada minuto. El uso de la batería era especialmente deseable para los registros de campo, pero en el laboratorio fue conectado un transformador a la espiral y se usó corriente alterna.

Entonces, una terminal del circuito primario era cerrada durante una parte de cada minuto por el segundero. La duración de este contacto entre el reloj y la copa de mercurio era ajustada manipulando, ya sea el largo de la tira del segundero o la cantidad de mercurio en la copa. [Park encontró] que entre dos y tres segundos era el contacto deseable. La otra terminal del circuito primario estaba siempre cerrada como una consecuencia de la carga del disco que tocaba uno o dos de los contactos periféricos adyacentes. Cada minuto el circuito era hecho y la espiral de alambre del circuito secundario disparaba un chispazo de más o menos un cuarto a un tercio de pulgada de largo. Estos alambres con sus chispas quemaban pequeños puntos en una tira de papel para máquina sumadora que estaba fijado alrededor de un tambor de quimógrafo conducido por un reloj de obrero, Taylor, de 24 horas. Así, se forma un registro continuo, cada minuto se da la posición del animal contenido sobre el disco y por lo tanto de su inactividad y de la duración y dirección de los periodos de actividad. El registro está dividido en líneas de veinticuatro horas y el aparato se echa a andar en una línea dada ...

Obviamente para que el análisis de un ritmo de actividad sea completo, se hace necesario un control, en la medida de lo posible, del medio cercano para la evaluación apropiada de los datos obtenidos. Con esta finalidad, el disco que tenía los animales y la base que lo soportaba fueron colocados en un gabinete y los diversos alambres que corrían desde los contactos centrales y periféricos, se pasaron a través de las paredes del gabinete a la unidad de registro que se acomodó compactamente en el exterior. Este gabinete había sido previamente descrito (Park y Keller, 1932). ... La temperatura del aire, la humedad relativa y la tasa de evaporación dentro de [él] se mantuvieron prácticamente constantes, no hubo corrientes de aire y

cuando se cerraba, el interior estaba en completa oscuridad. Si se deseaba, el interior de la cámara podía ser iluminada dirigiendo un rayo de luz a través de una puerta de vidrio doble, el calor se sacaba con una corriente de agua que se movía entre la puerta y la fuente de iluminación. El uso de esta cámara con atmósfera saturada hizo necesaria la prevención del enmohecimiento. Con este fin se usaron los contactos de tornillos de bronce y la lámina de tránsito no fue doblada, una señal podía atravesar la distancia entre la lámina los contactos periféricos. Asímismo, en tales atmósferas, más que uno de acero, se usó el disco de aluminio.

Igual que muchos aparatos, este es uno de los que están lejos de ser perfectos y ha evolucionado desde una máquina original muy cruda. Una de sus principales fallas es que, cuando la lámina está balanceada de tal manera que un animal que camine alrededor de su circunferencia progresivamente haga cada contacto lo suficientemente fuerte para vencer la resistencia del contacto, no se puede agregar comida o una parte de su medio, ya que la lámina se puede desbalancear permanentemente por el resto del experimento; igualmente, la acumulación de bolitas fecales por ciertos insectos durante las veinticuatro horas puede a veces desbalancear el disco. De aquí que se deberá contar un medio artificial con la interpretación de los datos y donde el hambre o la fatiga muscular no sean investigadas directamente y pequeñas corridas de veinticuatro horas deben ser alternadas con periodos de reposo en los cuales los animales puedan comer y beber. Sin embargo, con animales que pesen un gramo o más, se puede contar con toda confianza con registros satisfactorios. Con menos de un gramo, se deberán usar discos de aluminio muy ligeros y poner el transformador a mayor voltaje para obtener registros completos. [págs. 152-155].

Antes de pasar al análisis más amplio de la actividad nocturna que hace Park (1935) en su informe, se impone hacer notar algunos hechos que aportan más bases a algunas declaraciones que se han hecho previamente en esta memoria.

El uso que hizo el grupo de Park del disco de fonógrafo, la tapadera de aluminio para sartén, el canto de celuloide, el reloj eléctrico, la espiral Ford (modelo T), la batería de seis volts, el mercurio y el papel para sumadora, todos ellos objetos empleados en labores de la vida cotidiana de aquel entonces, ofrecen la posibilidad de constatar una vez más y de otro modo, la existencia de fuertes interrelaciones entre el desarrollo de

las fuerzas productivas y la historia de conocimiento de los ritmos circadianos.

De la misma forma, la presencia del tambor de quimógrafo en el sistema de registro que elaboraron Park y su grupo, permite destacar otra vez, el oficio que como inductor tuvo en el crecimiento de la Circadiología esta invención de Ludwig (1846), que como se puede traer a la memoria, fue uno de los médicos materialistas alemanes (VI.13.3).

Al igual que en la creoda del sueño en las plantas, la instalación de un sistema de registro gráfico, automatizado y permanente en este trayecto de los ritmos de actividad en los insectos, permitió obtener datos más exactos, por ende, hacer mejores comparaciones y por lo mismo, ubicar de forma más acertada las invariantes y transformaciones presentes en las acciones del sujeto y en las del objeto de transformación.

En su análisis de la actividad nocturna, Park (1935) presenta los "datos de dos de aquellos animales que se encontró que reunían las condiciones [p. 155]" con las que se eliminaban "las siguientes limitaciones: a] los especímenes deberían ser tan comunes como para ser obtenidos en un, relativamente, gran número, en su hábitat natural; b] lo bastante pesados para bajar el disco suspendido en la cabina experimental (de 1 a 2 gr) y c] que no pudieran volar o al menos que fueran incapaces de escapar de su disco cercado [ib.]". De nueva cuenta se constata explícitamente la conciencia que tenía Parker (1935) de las limitaciones de sus propias acciones y las de su herramienta (Piaget, 1978b). Ya se estaba en el tránsito del periodo intra- al inter- de la Circadiología. Dichos animales "fueron el pasálido escarabajo negro, *Passalus cornutus* Fab. y el miriápodo[142], *Spirobolus marginatus* (Say).

---

142 "Un artrópodo de la clase diplopoda, la cual incluye el gusano mil-piés Steen, 1971: 317]". Vázquez y Villalobos (1980) consideran "a los Diplópodos junto con los Sínfilos y Paurópodos como Ordenes de la Clase Miriápoda [p. 433]".

De los resultados con *Passalus cornutos*, "la conclusión principal a la que llegó [p. 157]" Park (1935), es que esta especie "no tiene un ritmo definido o actividad periódica [ib.]".Así, a los tipos hereditario y ambiental de la actividad rítmica, definidos previamente por él en la página 155, Park (1935) "fue conducido a postular un tercero, el tipo arrítmico [ib.]". Como se podrá traer a la memoria, previo a esta clasificación, en el sendero del sueño en las plantas: Dutrochet (VI.10) cayó en la cuenta de que existen unas flores de un solo despertar y un solo sueño y otras "que presentan durante varios días la alternancia del despertar y el sueño [1836: 177]"; Sachs (VI.15) clasificó los efectos de la oscuridad y la luz sobre los movimientos de las plantas; Bert (VI.18) separó los movimientos de la sensitiva en bruscos y lentos y Pfeffer (VI.24) distinguía tres tipos de movimientos en las plantas, autónomos, de sueño y násticos. Como que la repetición de esta maniobra clasificadora, apoyada en la operación de base en otro trayecto de la Circadiología, es otro de los hechos epistémicos que reafirma el carácter homeorrésico del conocimiento de los ritmos circadianos.

En el párrafo que sigue, Park (1935) hace saber que "debido a que los pasálidos en general están equipados con un cuerpo de 'instintos' sociales, viven en colonias y cuidan de su prole (...), [encontró] esta condición arrítmica en *Passalus cornutus* especialmente interesante [p. 157]". De esto, postula que:

> Más investigaciones podrían presentar que las especies de insectos sociales, p. ej. las hormigas, etc. tienen menos ritmos fijados hereditariamente que las especies solitarias [y que] si esto fuera cierto, los hábitos sociales podrían ser propuestos, ya sea como un posible resultado de la condición de la arritmia o como un factor causal que subyace a la aparición de esta aperiodicidad.
>
> Sobre la otra mano, la actividad rítmica de una especie puede estar totalmente sin relación con el modelado social. Si tal es el caso, ya que todos los estados del ciclo de vida de *Passalus cornutus* son pasados dentro de la oscuridad, este hábito arrítmico puede ser visto como una pérdida o deterioro, a través del tiempo, de una originalmente heredada actividad rítmica y el molde fijado en un tronco, permanece cuando los adultos se mueven de éste a otro. [págs. 157-158].

De la misma manera, debido a que están equipadas con deducciones de operaciones que estaban implicadas en la operación inicial, la puesta en oscilación libre de los ritmos diarios, lo que implica que ésta había sido comprendida, esas composiciones que llevó a cabo Park en 1935, se encuentran especialmente interesantes. Ponen al conocimiento de los ritmos circadianos al borde de su era inter-. Con ellas se gesta el labrado de un sistema que involucra algunas transformaciones todavía restringidas, ya que proceden con elementos contiguos (p. ej. sólo tienen que ver con artrópodos).

De vuelta a los miriápodos. El grupo de Park (1935: 158) había encontrado antes que "bajo condiciones naturales p. ej., en el bosque, durante la noche, ellos son nocturnos (Park y col., 1931)". Los datos que tomó Park (1935) "de *Spirobolus marginatus* sostuvieron esta observación. Bajo las condiciones experimentales indénticas a las que se usaron en el estudio de *Passalus cornutus*, esta especie de miriápodo estuvo raramente activa en el día y predominantemente, activa en la noche. Así, [para él] "*Spirobolus marginatus* tiene un ritmo nocturno hereditario [págs. 158-159]".

En la sección que le dedicó Park en 1935 al significado de la actividad rítmica y a ciertos problemas que plantea acerca de ella, se constanta ejemplarmente, la forma en que la noción de que el medio se impone al organismo (II.15) operó como obstáculo epistemológico y cómo fue abatido éste en este trayecto de la Circadiología:

> Antes de que [Park] iniciara el estudio de los animales nocturnos, tenía un excesivamente generalizado concepto de la respuesta protoplásmica a los estímulos del medio. La literatura de la fisiología experimental y del desarrollo, daba innumerables ejemplos de las modificaciones de las respuestas y dentro de los confines de la ecología era obvio que los fenómenos como la agregación, hibernación y otros, podían ser controlados con ciertas técnicas. Desde tal posición era fácil asumir que, irritando un peculiar molde genético, la autoecología de cualquier especie sería una serie de respuestas producidas por los estados internos, pero bajo el estricto control de complejo ambiental. Ahora, si esto era aplicado al estudio de la distribución y actividad de la comunidad, los bien conocidos límites y

modificaciones afectadas por los factores físicos externos era comprendido y también justificado. De cualquier modo, el ciclo completo de la actividad-reposo de las especies fue también como un producto del medio. Aparentemente, en vista de los recientes trabajos sobre la actividad nocturna, esta última suposición tácita fue injustificada.

En otras palabras, la amplia existencia de la actividad periódica y de los estados de inactividad fue confundida con las frecuencias modificables por el medio y las características de estos estados. [P. ej.] cuando se invirtió la iluminación, se invirtió el ritmo ... Esta inversión no refuta la naturaleza innata del ciclo; más bien, nos mostró que el ritmo puede ser modificado experimentalmente ... [Por más que,] ninguna claridad se le va a dar al problema, llamando a estas actividades periódicas, hábitos o instintos. [1935: 160].

Esta alusión que hace Park (1935) al procediminto de invertir los ritmos diarios, que a su parecer, había sido realizada en seis especies de animales, además de constatar de nuevo la posibilidad que acarrea la operación de base de detectar las constantes y las variaciones en las acciones del sujeto y del objeto, pone de manifiesto, otra vez, el viso de equifinalidad (II.10) que aparece en los trayectos de la Circadiología, como se podrá recordar, ya en la vía del sueño en las plantas, un siglo antes, De Candolle (VI.11) había llevado a cabo esta maniobra. Por más que esto no es todo, en la problemática planteada por Park (1935), ya casi al final de su narración, se puede apreciar una vez más, que en aquellos años se dió la convergencia de las canalizaciones intra- del conocimiento de los ritmos circadianos. Del mismo modo que en la producción de Beling (VII.2.6) y Welsh (X.2.27), los logros acopiados gestaron las condiciones para que en dicho planteamiento ya existieran coordinaciones de elementos contiguos, lo que permite mirar, de nueva cuenta, el inminente advenimiento del paso de la Circadiología a su nivel inter-:

Con investigaciones futuras se podrá encontrar que los distintos tipos de actividad nocturna anotados acá, son únicamente conceptos cuantitativos y por lo tanto, la necesidad para que haya distintos tipos de ritmos, eventualmente, puede desaparecer. Naturalmente el grado de la herencia y de la inducción del medio en la actividad es importante como para sostener el sempiterno problema de la herencia y el medio. [Park, 1935: 161].

Cuestión de la que parte Park en 1935 para plantear magistralmente una duda que dirigió el trayecto que llevó gran cantidad de investigadores tras el reloj central, camino que como ya se mencionó en la introducción, es propio de la época inter- de la Circadiología. Con sus propias palabras:

> En las especies en las que hay ritmos hereditarios, yace el fuerte problema de la naturaleza del control, p. ej., si éste es genético, hormonal o ambos. El ritmo en el movimiento de los pigmentos de los ojos de varias especies de crustáceos recientemente demostrado (Bennitt, 1932 y Welsh, 1930) le da sustento a este problema y siguiendo los resultados de Perkins (1928) y Perkins y Kropp (1932), una regulación vascular es sugerida por aquellos autores [Park, 1935: 161]".

Parte del trabajo que hicieron Park y Sejba en 1935 fue con individuos de *Megalodacne heros* "marcados, bajo condiciones naturales y parte en el laboratorio, bajo condiciones controladas constantes. [A ellos] les resultaba obvio que *M. heros* presente una tendencia crepuscular, permanece inactivo dentro de su guarida a través del día y se mueve hacia los hongos cuando el sol se ha puesto [p. 168]".

> Los datos obtenidos en el campo indicaron que la actividad nocturna parece estar correlacionada con un complejo de factores operativos. Pero, la experiencia previa, al menos, en el caso de otro micófago (*Boletotherus cornutus*, Park & Keller 1932), sugirió que la correlación podía ser más aparente que real. En consecuencia, los mismos individuos marcados fueron colocados bajo condiciones ambientales constantes y su actividad medida con un aparato de registro. [ib.].

Además de la operación de comparar las observaciones de campo con las de laboratorio, se puede apreciar que esta última observación surgió de la duda a propósito de lo que dictaba la correlación manifiesta. Duda que a su vez fue el producto de haber comprendido con anterioridad la operación inicial, la puesta en oscilación libre del ritmo de actividad de *B. cornutus* (Park & Keller, 1932).

"Los individuos cuyo comportamiento era conocido fueron estudiados, primero, por separado y después en masse, para determinar (1) en qué grado el ritmo de actividad es innato y (2) el efecto de la agregación sobre la actividad [Park & Sejba,

1935: 168]". Después de estas declaraciones, los autores describen, como en el trabajo previo, con mucho detalle las actividades que realizaron. En un par de gráficas recopilaron los datos que obtuvieron "de los escarabajos aislados durante pruebas de 24 horas consecutivas para cada una de éstas [op. cit.: 169]":

> Se puede mirar que se mantuvo la periodicidad, el pico de actividad llegó próntamente durante el crepúsculo, cuando en la naturaleza las especies normalmente dejan su guarida para alimentarse. Además esta actividad tuvo la misma duración que en la naturaleza. Después del periodo inicial de actividad, los escarabajos estuvieron más activos que bajo las condiciones normales. En todo caso, ambos pequeños picos están indicados, el normal de la media noche se levanta y cae casi dos horas después y el pico pre-madrugada normal, también llega alrededor de dos horas después. Así, fue mantenido el carácter del ritmo, i. e., el comportamiento nocturno es, con mucho, innato pero después de la migración crepuscular, los animales tienden a estar menos activos.
>
> Para probar el efecto del número de individuos sobre la cantidad de actividad, los mismos escarabajos fueron colocados en los aparatos bajo las mismas condiciones físicas pero en grupos de siete a once individuos. La otra gráfica muestra el efecto del número de animales. De una comparación entre las figs. 2 y 3 se hace claro que (1) el número de individuos no erradica el comportamiento innato pero (2) reduce ásperamente la cantidad de actividad a un tercio de la forma solitaria y (3), aparentemente, altera el carácter de los movimientos nocturnos ... Parece que los escarabajos agrupados continúan teniendo actividad nocturna con tres picos pero todos ellos adelantados una o dos horas y en segundo lugar, el segundo pico cae alrededor de la media noche, en oposición al máximo que, para individuos aislados bajo condiciones controladas o naturales, cae en el ocaso. [op. cit.: 169-170].

Park y sus colaboradores, al comparar los resultados de sus experimentos, comenzaron la construcción de transformaciones en el estudio de los ritmos circadianos. Debe repetirse, entre otras cosas, esto lo lograron como resultado de haber puesto en evidencia tanto las diferencias como las correspondencias (II.16.2). Otro hecho epistémico que, como ya se mencionó en las páginas anteriores, colocó esta ruta al borde de la época intra- y principio de la inter-. Particularmente con este último caso en el que miraron el efecto de un factor externo sobre la ritmicidad circadiana.

VII.5.18) Phil Rau (1932)

Phil Rau, quien participó en la constitución de la vereda de los ritmos de actividad en las mariposas (VII.1.8), en 1932 publicó un escrito que denominó 'Periodicidad rítmica y sincronía'. Comienza apuntando que "en [aquellos] años cierta atención había sido dada a los dos aspectos de la actividad de las luciérnagas, indicadas en el título [y que] predominaba entre esta atención, aquella presentada en un artículo de Mast [Rau, 1932: 7]":

> Yo sospeché, en oposición a la declaración de Mast (1912), que este fenómeno no es independiente de las condiciones ambientales; que la actividad periódica de las luciérnagas podía asimismo estar influenciada por las condiciones de iluminación. Por ejemplo, cuando la luz alcanza cierta intensidad, ellas se pueden volver activas. Cada verano estos animales abundan en mis dos y medio acres de terreno, así que, decidí hacer observaciones concluyentes sobre su actividad espontánea en espacio abierto. [Rau, 1932: 7].

Como "en los primeros tiempos de la ciencia, [cuando] fue, en su mayor parte, una ocupación parcial o que llenaba los momentos libres de las personas ricas y ociosas o de los miembros acomodados de las profesiones más antiguas [Bernal, 1979a: 43]", en este caso, la posesión de recursos particulares brindó la posibilidad de que "la técnica para examinar el problema bajo condiciones absolutamente naturales [fuera] simplificada al notar [Rau, -1932] que algunas veces [los cocuyos] iluminaban el bosque denso cuando todavía no estaban en el campo abierto [p. 8]".

> Afortunada y convenientemente, este terreno contiene varias posibilidades de exposiciones a la luz ... Fueron reconocidas las siguientes áreas: un prado abierto, un bosque denso, el final de este bosque y un prado de mala yerba.
>
> De las dos especies presentes, el escarabajo negro, *Photinus pyralis* vuela primero, en el anochecer y *Photurus pennsylvanicus*, que es uno café, lo hace después, cuando ya está totalmente oscuro. Los primeros ... a las 20:45 se vuelven pocos y a las 21:00, raramente puede ser encontrado uno de ellos volando. ... Yo he visto a los últimos volando hasta las 02:30, pero, en varios exámenes, no hasta las 04:00. Estos hechos permanecieron sin variar en las observaciones realizadas a través de toda la temporada ... Los distintos ejemplares de cada especie que fueron puestos

dentro de un recipiente grande de vidrio, en el patio, para mejores observaciones, se comportaron exactamente de la misma manera.

Con el propósito de ser más sistemático, situé miembros de mi familia en las cuatro estaciones que enumeré anteriormente, ellos daban una señal cuando hacían su primera aparición las luciérnagas en cada lugar.

En una caja de vidrio colocada en el laboatorio, en donde la luz del día palidece primero, las luciérnagas negras de cada sexo fueron las primeras en ponerse activas. A las 18:48, ya se estaban moviendo ... A las 19:02, la primera aparecía en el bosque denso ... Aquellas prisioneras en la caja de vidrio a la sombra de un árbol, en el patio, iniciaban sus destellos a las 19:05. No fue sino hasta las 19:15 cuando los individuos iluminaron el final de la arboleda densa y dentro de los tres minutos siguientes muchas otras vinieron desde el plantío de arbustos a unírseles ... el prado abierto y el parche de mala yerba, aunque no estaban adyacentes, dieron para los destellos de sus luciérnagas, casi simultáneamente, las 19:26.

Si la tarde estaba nublada, ellas empezaban un poco más temprano.

Que la luciérnaga café también tiene actividad influida por las condiciones de iluminación fue visto en un incidente el 15 de junio de 1930 cuando unas nubes repentinamente causaron que la loma se tornara oscura, desde las 20:12 a las 20:18, cientos de *Photurus pennsylvanicus* estallaron en actividad y estuvieron emitiendo destellos bellamente durante aquellos seis minutos. Así, esta especie reacciona a un cierto grado de profunda oscuridad, tanto como *Photinus pyralis* a un cierto grado de penumbra.

Estas sencillas observaciones revelan dos puntos interesantes: a) existe una diferencia de 25 a 40 minutos entre el tiempo de su aparición en el bosque y en los espacios bien iluminados, aunque estas diferentes áreas no estén separadas más que por unos trecientos pies; b) conforme avanza el verano, en la mayoría de los casos, ellas aparecen un poco más temprano. Esta antelación, sorprendentemente, concuerda bien con la diferencia en el momento de la puesta del sol después del solsticio de verano. [op. cit.: 8-10].

Es este un caso en que, en frases de Piaget (1978b), "los objetos actúan unos sobre otros y en que el sujeto sólo interviene materialmente por medio de experiencias cuyo único objetivo es disociar los factores o hacerlos variar pero del modo en que lo podría hacer la naturaleza misma [p.: 70]".

Los observables del sujeto fueron reemplazados por los observables que afectaron la variación del factor supuesto, es decir el observable x, los cambios en la intensidad luminosa y los observables del objeto cedieron el paso a los observables relativos a los resultados comprobados en la variable dependiente, es decir observables y, el momento en que los cocuyos iniciaban su centelleo (ib.).

Sin embargo, a pesar de que la explicación causal estaba de acuerdo con los observables, el sistema no estaba estable, las contradicciones debidas a la conceptualización de ellos implicaron revisiones en el sentido de un sistema con mayor estabilidad (op. cit.).

> Entonces, existían dos puntos de vista antagónicos con respecto a la influencia de la luz sobre el centellear de las luciérnagas. Por una parte, Mast (1912) se inclinaba a minimizar los efectos de la luz y a enfatizar los factores internos; mientras que, por otra otra, Allard (1931) y Rau (1932), particularmente el último, mantenían que la intensidad luminosa y el tiempo de aparición de las luciérnagas están estrechamente relacionados y que los factores internos no estaban involucrados. [Buck, 1937: 45-58].

Pero, tal y como en 1937 lo halló Buck, un discípulo de Mast (VII.5.6), dicho antagonismo era aparente aunque esto no lo mencionó explícitamente. Los resultados de sus observaciones en el campo le "indicaron que, en acuerdo con las que realizaron Allard (1931) y Rau (1932), la emisión de destellos está correlacionada con la iluminación de una definida intensidad [op. cit.: 47]". Mientras, por otro lado, los resultados que obtuvo de algunas de sus observaciones en el laboratorio le "indicaron que como había sido mantenido por Mast (1912), efectivamente, existe una periodicidad diaria innata para el destellear de estas luciérnagas y que esta periodicidad persiste por lo menos durante cuatro días bajo condiciones constantes del cuarto oscuro [op. cit.: 52]". Tal disparidad, llevó a Buck a concluir que "el ciclo de 24 horas de actividad ... debe estar correlacionado con un ritmo innato de los cocuyos, el cual, bajo condiciones apropiadas persiste independientemente de la hora local [op. cit.: 53]". Aquí está la clave de la discordancia, en tanto que, Mast (1912)

miró el ritmo de centellar de las luciérnagas en oscilación libre; Rau (1932) lo vió bajo su sincronización natural. Indudablemente ambos autores se enfrentaron a hechos distintos, debido a que emplearon herramientas distintas en su trabajo.

Rau poseía una muy buena capacidad para diseñar y realizar acciones que le permitían obtener datos bastante exactos del comportamiento de los insectos bajo condiciones naturales (VII.1.8). Por desgracia al faltar la operación de base esta capacidad se volvió un obstáculo bacherlardiano (II.14). Rau (1932) no hizo "observaciones concluyentes sobre la actividad espontánea [p. 7]" de los cocuyos; obtuvo datos exactos acerca del momento en que éstos aparecían en sitios con diferente iluminación. Además se contradice sin darse cuenta: decidió "hacer observaciones concluyentes sobre dicha actividad espontánea en un espacio abierto [ib.]" y precisamente, "la consistencia de las adaptaciones a las variaciones de la iluminación [lo] guiaron a la conclusión de que estas criaturas son estimuladas para la acción por condiciones particulares de iluminación y no por un ciego impulso rítmico dentro de ellas [p. 10]". Si hubiera puesto el ritmo de actividad de las luciérnagas bajo oscilación libre, hubiera descubierto que sus excelentes resultados estaban a favor de que el ritmo de emisión de destellos de estos animales tiene la capacidad de ser sincronizado por los cambios en la iluminación. Por medio de la Epistemología genética, se puede entender cómo fue posible que Rau no haya realizado la mencionada operación de base a pesar de que el conocimiento de los ritmos circadianos estaba entrando ya a su estadio inter-. Aún permanecía, en las acciones de Rau, la carencia de la diferenciación del observable que tenía su informe de 1929. En conveniencia con el esquema de Rau (1932: 9):

> Teóricamente, si una periodicidad rítmica determina la actividad de estos insectos, cada día, cuando el reloj señala un cierto minuto, todos deberían estar activos, independientemente de su localización. Si, por otro lado, la luz de una cierta intensidad despierta en ellos la acción, como indica el experimento descrito, no están condicionados por una periodicidad rítmica, sino por una reacción en respuesta a la luz.

La teoría de Elton (VII.3.7), a quien Rau y Rau citan en su informe de 1929, los llevó a escribir que "el medio está sujeto a un buen número de cambios rítmicos que resultan en variaciones correspondientes a diferentes tiempos en la naturaleza de las comunidades animales [Rau & Rau, 1929: 148]". Después el propio Rau registró con magistral exactitud que la antelación de la aparición de los cocuyos "concuerda bien con la diferencia en el momento de la puesta del sol después del solsticio de verano [Rau, 1932: 10]". Este dato le sorprendió. Sin embargo, más sorprende y explica su sorpresa que, con toda la información que poseía, no se haya percatado de que la existencia de un ritmo vital como el que él esperaba detectar, sin posibilidad de sincronización, resulta imposible que exista. Sería un ritmo con una completa ausencia de valor adaptativo.

En el mismo escrito, después de sostener que "siempre existe el peligro del simple error de confundir el ritmo en los estímulos con el ritmo en la criatura [p. 10]", Rau (1932) pasa a dar "una palabra concerniente a los problemas de la periodicidad rítmica, la cual [estaba en aquel tiempo,] siendo reconocida por los naturalistas con una mayor extensión que antes [ib.]":

> Algunas veces acontece que no se distingue entre un fenómeno rítmico que efectivamente ocurre dentro del organismo y la regularidad de una actividad recurrente que está influida por las condiciones del medio. Yo opino que las acciones claramente regulares de las dos especies de cocuyos es de esta última clase. si ellos pudieran volverse activos una vez en cada ciclo de veinticuatro horas (o en cualquier otra longitud de tiempo) en un estado de tiempo, independientemente de la luz o sombras circundantes, la causa de estas acciones podría correctamente ser llamada periodicidad rítmica. Me inclino a decir que aquellas acciones las cuales requieren de un estímulo para iniciarse (como una cierta intensidad de luz en este caso) son únicamente reacciones o adaptaciones en el comportamiento, mientras que aquellas acciones las cuales requieren influencias externas para modificarse o detenerse (p. ej., los latidos cardiacos) pueden, verdaderamente, ser llamadas ritmos. [ib.].

En estos renglones se puede ver una mezcla de afirmaciones: certeras, algunas insostenibles teórica o empíricamente (por las razones arriba apuntadas) y otras que requerían de pruebas

proporcionadas por la puesta del ritmo bajo condiciones de oscilación libre. El trabajo de Rau de 1932 época se puede comparar en algunos aspectos esenciales al que desarrolló Stoppel en la ruta del sueño en las plantas (VI.26). En efecto, los trabajos de esta investigadora aludían a la periodicidad diaria de origen endógeno sin que ella se hubiera dado cuenta (Bünning, 1931) Por otra parte, tampoco "pudo lograr las condiciones experimentales ideales para excluir la influencia nástica de la luz y la temperatura. Los movimientos autónomos no pudieron predominar para nada, sino que tuvieron las características de reacciones násticas, como debería ser, a causa de las condiciones de iluminación y temperatura presentes [Bünning, 1970: 312]". Igual que le sucedió a Stoppel (VI.26), Rau (1932) no tuvo la posibilidad de darle una interpretación adecuada a sus resultados debido a la presencia de una perturbación implícita en las observaciones mismas. Con todo esto se pretende demostrar, cómo bajo ciertas condiciones, la presencia o ausencia de la operación de base, se aprecia como si estuviera situada cerca de un punto de bifurcación en donde, en términos de Prigogine y Stengers (1983), "el sistema 'escoge' entre varios futuros posibles [p. 161]".

Asimismo, Rau (1932) aludía a la posibilidad de sincronización que debe tener esta periodicidad para poseer un significado adaptativo real, sin que él se hubiera enterado. Habrá que recordar que, de acuerdo con Piaget (1978b):

> Perceptivamente sólo se registran observables positivos y la percepción de la ausencia de un objeto se produce sólo de un modo secundario y en función de expectativas o de previsiones que dependen de la acción completa y superan la percepción. En lo que respecta a las acciones, se centran en el fin que hay que alcanzar y no en el alejamiento a partir del punto de origen. [p. 19].

Es decir, un ritmo autosostenido que era la negación del que Rau registró y esperaba, sin la operación de base adecuada se convirtió en un hecho muy difícil de poder ser apreciado por él. Pero, todavía peor, tenía que aceptar la síntesis y sin un modelo adecuado: la no presencia de un ritmo endógeno debida a la acción

de un sincronizador. Perturbaciones semejantes, en vías distintas, pero en etapas parecidas, es el saldo que arroja la comparación de los casos de Stoppel (VI.26) y Rau (1932). De nueva cuenta, se constata la índole homeorrésica de los trayectos de la Circadiología.

Sin embargo, con todo y las restricciones impuestas al trabajo de Rau (1932) por las condiciones de origen sociogenético presentes en sus acciones, tuvo este autor dos aciertos memorables en su trabajo: la definición de 'ritmo' que aparece, casi, con los mismos vocablos en sus dos publicaciones (1929 y 1932) y la alusión a que las palomillas y "las luciérnagas responden a una delicada graduación de la intensidad luminosa [1932: 9]", de ahí deduce que "sus órganos de los sentidos deben de ser muy delicados como para hacer esta fina discriminación tan exactamente [ib.]"

VII.6) En los chapulines grillos y langostas

VII.6.1) B. P. Uvarov (1921 y 1923)

"Las larvas de una especie de langosta que periódicamente emprenden grandes migraciones por el Cáucaso del norte, tienen una reacción ... que fue trabajada muy bien y con esmero por P. B. Uvarov (1923) [Elton, 1927: 85]":

> Es bien conocido el hecho de que los ejambres de larvas [de langostas] no se mueven en toda la noche, la cual pasan sobre las plantas en un estado semi-comoatoso, que sin duda es causado por la baja temperatura. Los primeros rayos del sol naciente hacen que las larvas regresen a su vida activa y a un mismo tiempo, se empiecen a alimentar. Conforme se incrementa la temperatura, más activos se vuelven los insectos y rápidamente, uno por uno, brincando o arrastrándose van hacia la tierra, en donde continúan su movimiento ... primero éste es enteramente irregular, pero pronto o más tarde, por medio de una influencia mutua, encuentran una dirección común para sus movimientos y el enjambre inicia su marcha diaria. Nuestras observaciones en el Cáucaso septentrional apoyan que la temperatura promedio que provoca los primeros movimientos está cerca a los 13-15 C°. Bajo circunstancias ordinarias, p. e., mantenimiento de la luz solar durante todo el día y si

no ocurren cambios inesperados en el clima, el enjambre se mueve durante todo el día y la regla es que no se alimente durante su marcha. En la tarde, cuando la temperatura empieza a bajar, la velocidad de los movimientos decrece hasta que, en el anochecer, el ejambre se detiene; es interesante hacer notar que la suspensión de los movimientos en el anochecer, ocurre cuando la temperatura está otra véz cerca de los 13-15 C°. Una por una, las larvas se arrastran a las plantas e inician su cena. No hay dudas de que el enjambre no selecciona su lugar de reposo, simplemente se detiene donde lo alcanza la temperatura crítica ...

Tal es el comportamiento de los ejambres de larvas de *migratoria* bajo condiciones climáticas ordinarias y todas mis observaciones me conducen a la conclusión definitiva de que sus movimientos no tienen correspondencia con el hambre y que completamente dependen de un thermotropismo (...). [Uvarov, 1921: 144].

Desde la Epistemología genética, estos atisbos de Uvarov (1921) sobre los ritmos de actividad de las langostas, son semejantes a los que realizó once años después Rau (VII.5.18). En ellos el sujeto intervino por medio de experiencias 'mentales' y cuyo único objetivo fue el disociar los factores (Piaget, 1978b) por medio del registro de sus variaciones y de los cambios relativos a la variable dependiente. En este caso, los datos fueron incrustados en la Teoría de las comunidades diurnas y nocturnas de Elton (VII.3.7). Con todo, el sistema no quedó estable.

VII.6.2) C. B. Williams (1921)

"Este autor encontró que el chapulín rana de la caña de azúcar, en Trinidad, tiene un solo pico de máxima actividad [Harker, 1958: 3]".

VII.6.3) H. A. Allard (1930)

"H. A. Allard (1930) pensó que la intensidad luminosa, la periodicidad y la temperaturaa eran importantes para que los grillos de los árboles *Oecanthus niveus* desplieguen su actividad durante la tarde [Park, & Keller 1932: 344]".

VII.6.4) Frank E. Lutz (1932a y 1932b)

La urgencia que tenía Lutz (1932a) para saber más de los ritmos diarios, lo acarreó a que "iniciara un programa de observaciones cada dos horas, día y noche, con un reloj mecánico de alarma para que lo despertara en el caso de que se durmiera. Este juego terminó pronto, cuando una mañana se despertó a las seis y encontró que no sólo había desconectado la alarma a las dos, sin levantarse, había acostado el reloj bajo su persona y dormido sobre él [págs.: 73-74]". Todavía más, Lutz "deseaba hacer observaciones con mayor frecuencia que las de cada dos horas. Bajo tales circunstancias, no [tuvo] otra cosa que hacerse de una máquina [op. cit.: 74]" para efectuar los registros de la actividad diaria de los animales con los que iba a experimentar.

Como en el caso de Pfeffer (VI.24) y el grupo de Park (VII.5.17), la necesidad proveniente del contexto teórico volvío a anticiparse al aparato. A pesar de que ya parece el tambor de un quimógrafo dando vueltas y que habrá que requerir el otorgamiento de una dispensa por ello, hay que insistir en que con estas coincidencias se sustenta un esquema equifinalista para la consolidación de los trayectos de la Circadiología durante su etapa intra-.

> [Lutz] estaba usando grillos y cosas parecidas como objetos de experimentación. A cada grillo le asignó su propia pequeña caja. Dos cajas estaban conectadas por un riel angosto. En esta vía estaba un pedal equilibrado delicadamente. Cuando un grillo entraba en actividad, éste corría a lo largo del riel, su peso empujaba el pedal hacia bajo, completaba un circuito electromagnético con un electroimán que arrastraba una pluma que, a su vez, trazaba una línea sobre un papel que corría a través de la máquina a una velocidad constante y conocida [1932a: 74].

A estas líneas, Lutz (1932a) les pega los comentarios de que "no hubo privacidad para los pobres grillos pero que el aparato resultó excelente para un hombre que tenía al mismo tiempo curiosidad y deseos de irse a dormir [ib.]". Y un poco después acota que "con una batería de doce de estos inscriptores obtuvo registros automáticos de más de 10,000 horas-insecto de actividad

[y que,] él podía haber requerido de un equipo de por lo menos ocho o más asistentes para hacer tanto en tan poco tiempo [ib.]". Es ejemplar como expone aquí Lutz (1932) los beneficios que obtuvo al adaptar para sus propósitos específicos algunos instrumentos de la vida ordinaria (Bernal, 1979) y permite percibir de forma innegable como un desarrollo tecnológico se refleja en el incremento de la plusvalía (Marx, 1867) dentro de un proceso de trabajo intelectual.

En el relato titulado: **Experiments with orthoptera concerning diurnal rhythm.** Frank E. Lutz (1932b) da cuenta de los resultados que obtuvo al trabajar con los ritmos diarios de actividad de tres especies de ortópteros. Considerando que las tres especies utilizadas son nocturnas y la diferenciación de los ritmos que había detectado Lutz (VII.2.7), es posible que haya usado el término '**diurnal rhythm**', en términos de Welsh (1938), "para designar un ciclo de 24 horas o algo que se repite cada día [y no,] para distinguir un fenómeno que es notorio durante el día, como opuesto a uno que se muestra en la noche, un 'ritmo nocturno' [p. 123]".

El trabajo de Lutz (1932b) tiene un par de caracteres que ocasionan las siguientes consideraciones: a) el método que empleó está ilustrado con mucho detalle, lo que indica una toma de conciencia de las acciones materiales por parte de este investigador y b) muy pronto sus resultados, no así su modelo del reloj despertador que se ajusta a la hora mediante un fotómetro para los ritmos diarios de las arrieras, el abadejo y las tenchalitas (VII.2.7), fueron mencionados no sólo por el mismo (1934) sino por otros investigadores (Park y Sejba -VII.5.17 y Welsh -X.2.27). Es indudable que en ellos principiaba a desplegarse una conducta cognitiva de tipo β, la compensación consistió entonces, en vocablos de Piaget (1978b) "no en anular la perturbación o en rechazar el nuevo elemento ... sino en modificar el sistema [que estaba en construcción] hasta hacer asimilable el hecho inesperado [p. 74]".

Hasta donde se puede conocer, Lutz (1932b) fue el primer investigador que obtuvo el registro automatizado del ritmo diario

de actividad en invertebrados bajo condiciones de oscilación libre e inversión del fotoperiodo. Lutz (1932b) asienta los resultados de sus experimentos en unas excelentes gráficas que "están hechas de las tablas que las acompañan [p. 2]". Algunas de ellas se presentan en la figura 7. También hizo una lista de sus principales resultados:

> En *Grillus domesticus* ... el ritmo diario de actividad está claramente como algo fijado tan suficientemente como para persistir ciertamente en oscuridad, temperatura y humedad constantes ...
>
> *G. assimilis* ... al igual que *G. domesticus* tiene un ritmo diario muy definido, el cual se mantiene sin cambios significativos durante por lo menos durante dos semanas en oscuridad, temperatura y humedad constantes.
>
> Es notable que una criatura [como *Stenopelmatus*] que normalmente vive en constante oscuridad, muestre un ritmo diario definido cuando es sometido a cambios diarios de iluminación y es más sorprendente aún que ese ritmo se mantenga en subsecuente oscuridad constante.
>
> Estos ritmos se cambiaron con una iluminación invertida y los nuevos ritmos se continuaron en oscuridad constante con las siguientes excepciones. Los grillos sometidos a una iluminación invertida sólo por un periodo corto, mostraron una tendencia a regresar al ritmo viejo después de un periodo corto en oscuridad constante y los individuos de *Stenopelmatus*, inactivos durante periodos relativamente largos de iluminación invertida no mostraron efecto de la reversión cuando estuvieron activos subsecuentemente ante una oscuridad constante. [Lutz, 1932b: 2-4, 21 y 24].

Por la calidad de las operaciones experimentales y la ilustración tan escueta que hace de sus resultados se puede suponer que si Lutz no llegó todavía más lejos en la asimilación de sus descubrimientos a su modelo (VII.2.7), se debió a algunas carencias de conceptos básicos, dadas por la situación sociogenética de la Circadiología en aquellos días y a la presencia de una cierta lucha de paradigmas epistémicos contrarios en sus procesos de abstracción. P. ej., en su reseña de 1929, cuando Lutz trata de la velocidad de las arrieras sobre terrenos con distinta pendiente, tan pronto concluye que "posiblemente es que, cuando las hormigas están en dificultades, no se detienen en visitas [p. 8]", declara que "esto no 'humaniza' a los insectos y que, aunque [fue] educado en una escuela mecanicista, entre más [había] estudiado a los insectos

-o que posiblemente esto [fuera] debido a la vejez a la que [había] llegado- [él estaba] menos inclinado a pensar de ellos como meramente regidos por tropismos o máquinas confinadas por instintos [ib.]". Por más que, un par de frases muestran algunos indicios de esa cierta influencia empirista en Lutz: a) sustenta que "las gráficas presentadas en [su] relación están hechas de las tablas que las acompañan [op. cit.: 1]" y b) comenta que "pareciera que no se puede aportar gran cosa más de los resultados obtenidos en aquellos experimentos [op. cit.: 24]", en 1933, se vuelve a atisbar el encuadre de Lutz. En este año, Lutz sacó a la calle un informe en el que trata a la escuela experimentalista de von Frish como aquella que "ha obtenido interesantes y excepcionales resultados que conciernen con una variedad de puntos sobre psicología y fisiología de la abeja doméstica *Apis mellifera* [p. 640]".

A pesar de ese contexto que estaba más junto a la Psicología comparada, es posible que en la narración de referencia, Lutz (1932b) haya pretendido asegurar que sus pruebas estaban en estado puro en el sentido de que, para Piaget (1969), "de acuerdo con el empirismo clásico, se admitiría que el objeto deja en o dentro del sujeto una simple huella, que sería una 'copia' [p. 307]". "Desde el punto de vista clásico, la única descripción 'objetiva' es la descripción completa del sistema según es, independientemente de la elección de como es observado [Prigogine y Stengers, 1983: 219]". Queda la sospecha que esto es lo que se puede atisbar en aquellas aportacciones de Lutz (1932b).

Así, con las nociones más generales de la Biología en las que el acento se carga en el papel (aunque no sea formador, sino incluso, solamente funcional) del medio se recuerdan mucho las Epistemologías empiristas. Se desprende que para Lutz (1932b) que, como todo parece indicar, tenía algunas influencias empiristas, el tener enfrente un hecho que le permitía registrar un ritmo de origen endógeno, le debió haber afectado como una fluctuación que se amplificaba, que desestabilizaba su sistema cognitivo y el de sus contemporáneos, anomalía que se empezaba a imponer con éxito.

CAPITULO VIII

Ritmos de migración vertical y de mareas

"Uno de los movimientos periódicos más vistosos son las migraciones verticales de los organismos planctónicos que en la noche suben a la superficie y al amanecer vuelven a la profundidad [Menke, 1911: 37]". "En los cuerpos de agua la vida no se distribuye uniformemente desde la superficie al fondo ... En un momento dado, cada una de las diferentes especies parece tener su propia y definida región vertical de distribución con sus límites superior e inferior de profundidad [Russell, 1927: 227]" y en otro, se le puede registrar en un espacio distinto. "Esta llamada migración vertical o paseos nocturnos de los animales planctónicos ha excitado enormemente el interés de los zoólogos [op. cit.: 233]". "En efecto, tan antiguamente como desde 1817 -Georges Leopold Cuvier, ya se sabía que algunos animales zooplanctónicos migran a través de una distancia vertical de varios cientos de metros desde las profundidades en las que se encuentran durante el día hasta las aguas superficiales de la noche [Palmer, 1974: 49]".

VIII.1) Johanes Müller (1833-1840)

Heinrich Menke (VIII.18) escribió, que Johanes Müller (1833) ya "sabía que los periodos de 'sueño y vigilia' no estaban producidos por el cambio de día y de noche, sino que estaban en la esencia misma de la naturaleza de los animales [y que] él

pensaba que el universo tiene esa periodicidad en armonía preestablecida con la periodicidad de los movimientos de luz sobre la tierra [Menke, 1911: 38]". No obstante, como acertadamente lo marcó el mismo Menke: "[fue] evidente que esta aclaración basada en conceptos filosóficos antiguos no [era] satisfactoria [ib.]". Ciertamente se pueden captar vínculos entre estas notas de Müller con la **Naturphilosophie**, el romanticismo y el aristotelismo[143]. Es posible que estas conexiones hayan despertado desconfianza, entre los mecanicistas que vendrían después, hacia esta propuesta de Müller que implica un origen endógeno de los ritmos circadianos. Aun se necesitaba de una mejor diferenciación de los observables.

VIII.2) Expediciones oceanográficas

El hecho de "que en una colecta superficial y de día se obtiene una cosecha escasa de animales, mientras que en el mismo lugar, de noche, se pueden capturar miles de organismos con una red [Menke, 1911: 79]", fue recogido principalmente de los resultados

---

[143] Johanes Müller (...), la figura más señera de la Fisiología alemana de la primera mitad del siglo XIX, era indudablemente vitalista ... Creyó que lo esencial de la vida tenía que buscarse detrás de los fenómenos, aunque el fenómeno, el dato, seguía siendo su punto de partida. Ello es válido incluso para la época en que sujeto a la influencia de sus maestros de Bonn, se dejó seducir por la **Naturphilosophie**. Pertenece por la diversidad de sus talentos y por sus etapas de evolución, tanto a la orientación filosófico-natural como a la vitalista y, finalmente, también a la empírica y observadora de aquellos años ... Esta adhesión constantemente renovada a la experiencia y a la observación, justifica la inclusión de Müller en esa situación intelectual intermedia entre Romanticismo y Naturalismo. También en su aspiración a la universalidad, con la tendencia a reunir una gigantesca masa de materiales de experiencia, y, no obstante "dominar con una visión panorámica la totalidad de los fenómenos vitales", como du Bois Reymond expresó (1858), Müller era hijo de esta época de transición, muy similar en sus tendencias a las de Humboldt [VI.8 y VII.3.1]. Müller estuvo especialmente consagrado a la observación durante el período comprendido entre 1830 y 1840, época en la que creó la más esencial obra fisiológica de su vida.[Rothschuh, 1973: 236, 247, 249 y 239].

de las grandes expediciones oceanográficas. De las cuales las más importantes fueron: la inglesa del Challenger (1872-1876), las alemanas Tiefsee Valdivia (1898) y la Deutschland (1911) y las del buque noruego Michael Sars (1910).

> La expedición del Challenger demostró por primera vez en forma definitiva que las capas de agua localizadas bajo la superficie, a profundidades que alcanzan hasta las 2000 brazas (3658 m), están ocupadas por vida animal y los resultados de este planteamiento "produjeron la fuerte creencia de que todas las zonas intermedias estaban habitadas". Esta idea fue ampliamente confirmada por la expedición Valdivia, en la que se usaron redes de cierre con el propósito de evitar la captura de organismos cuando la red es arrastrada hacia la superficie. [Russell, 1927: 226].

VIII.3) A. Weismann (1876)

> Explicaba el ascenso y el descenso cotidianos de los animales pelágicos admitiendo que su ojo está adaptado a una intensidad luminosa de valor medio.
>
> Durante el día, descienden hasta una zona en donde esta intensidad se presenta; en la noche ascienden para alcanzarla. Esta adaptación, fuente de sus movimientos verticales, facilitaría la conservación de la especie. En efecto, con ella, los animales se vuelven capaces de conseguir su alimento en cualquier momento del día, de explorar, explotando una capa de agua mayor que si viviesen constantemente en la superficie o en una profundidad fija. [Rose, 1925: 390].

Inmediatamente se puede traer a la memoria que Carpenter (VII.3.4), varias décadas después, en la trayectoria de los ritmos de actividad en los insectos, elucidó este valor adaptativo que tiene la relación de fase de un ritmo con las condiciones de fase para los organismos que la presentan.

A propósito de Weismann, M. Rose (1925) escribió:

> Según Weismann (1876) los animales planctónicos serían fotopáticos, buscarían sobre todo una intensidad luminosa particular a la cual estarían adaptados. ¿Por qué mecanismo particular se realiza esta búsqueda? Wismann no dice nada preciso. Pero la lectura de su obra deja creer en una acción voluntaria o por lo menos instintiva ... En todo caso, las tendencias finalistas del autor están indicadas francamente y parecen aún dominar todo su pensamiento. [p. 391].

En estas frases con las que Rose (1925) elaboró su crítica a la composición de Weismann (1876) que alude al ascenso y el descenso cotidianos de los animales pelágicos, se puede captar fácilmente, el tono y los términos ideológicos con los que ciertos tropistas lanzaron sus críticas contra las corrientes que auspiciaban un origen endógeno de los ritmos circadianos. Además, hasta donde se tienen noticias, ellos ni tuvieron los resultados, que se pueden denominar 'mojados' (obtenidos en condiciones naturales) o experimentales, ni asignaron mecanismos concretos, con los que pudieran defender sus posiciones teóricas en cuanto al origen de los ritmos con los que ejecutaron sus indagaciones. De suerte que, irónicamente, la fuerza que tuvo el 'tropismo' como obstáculo epistemológico en la historia de la Circadiología, estuvo más en la forma con la que le hacía la crítica a los puntos de vista contrarios, que en resultados favorables. De esto se continuará percatando el lector en lo que prosigue.

VIII.4) T. Fuchs (1882-1883)

T. Fuchs (1882-1883) admitía que la localización batimétrica de los animales pelágicos estaba condicionada por la luz y no por la temperatura. Para él: "los animales pelágicos, en su mayoría, animales de oscuridad, en el día se mantienen en profundidades oscuras y en la noche suben a la superficie".

Los seres planctónicos huirían de la luz y bajarían a la profundidad bajo la acción de su leucofobia. Pero, como lo señalaron T. T. Groom y Loeb (1890), no se comprende por qué estos animales leucófobos suben en la noche a la superficie. Si prefieren la oscuridad a la luz, no tienen ninguna razón para abandonar las profundidades en las que tienen la noche que 'desean'. [Rose, 1925: 391-392].

De regreso a las opiniones de Rose (1925):

Las ideas de Fuchs descansan en consideraciones antropomórficas, aristotélicas, como dice Loeb, basadas en la existencia, en los seres pelágicos, de sentimientos humanos o descansando en una psicología muy elevada. Los animales se hundirían en el día porque les 'gusta' la oscuridad, 'temen' la luz y le huyen voluntariamente. En la noche suben en virtud de que su peligro ha desaparecido. En la base de estas teorías se encuentran sentimientos de dolor y de gusto, de alegría o de sufrimiento. Estos sentimientos son totalmente incontrolables y tenemos ante nosotros explicaciones

puramente verbales que escapan a toda verificación experimental. [Rose, 1925: 391-392].

VIII.5) Jacques Loeb, primera parte (1890, 1893a, 1893b y 1893c)

Hacia fines del siglo XIX surgió una 'escuela' de Etología que sería conocida como la de los 'Tropismos'. "La fundación de esta escuela se atribuye a Jacques Loeb con su obra **Der Heliotropismus der Tiere und seine Uebereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen** -1890 ... Esto fue seguido por una serie de publicaciones de un grupo de hombres que sustentaron las doctrinas mecanicistas de Loeb [Klopfer, 1976: 52]".

En este sentido, habrá que recordar que Loeb fue amigo, condiscípulo y discípulo de Sachs (VI.15), aquel gran discípulo de los médicos materialistas de Berlin, quienes desempeñaron el papel de factores de crecimiento en la vía del sueño en las plantas (VI.13).

> En la fecha en que Loeb fue a Würzburg (1886), Sachs estaba interesado en el estudio de los tropismos de las plantas, en la respuesta de los vegetales a diversos estímulos externos, como los de la luz, la temperatura o la gravedad. La esencia de los tropismos según él, era que se producían como respuestas automáticas casi inevitables del organismo a un conjunto conocido de condiciones. En las plantas, Sachs había podido mostrar que las respuestas a menudo tenían claras causas químicas o mecánicas. [Allen, 1983: 173-174].
>
> El estudio de los movimientos de las plantas realizado por Loeb le sugirió la posibilidad del movimiento orientado en ausencia de cualesquiera órganos de la conciencia o de la sensación. Procedió entonces a aplicar los principios de los movimientos forzados, o tropismos, a los animales, y descubrió que, dados suficientes tropismos, podía explicar toda una vasta gama de actividades sin tener que hacer suposiciones antropomórficas o teleológicas.
>
> Sin embargo, los varios tropismos, por sí solos, no pueden explicar gran parte de la conducta instintiva ... Este problema se resolvería suponiendo que, o bien los umbrales de la iniciación de una respuesta tropista, o bien el signo de la respuesta (...) podían ser alterados por ciertas sustancias químicas (...). De esta manera, el comportamiento instintivo pudo quedar pefectamente integrado a una gran teoría tropista.
>
> Una vez que se empieza a enumerar tropismos para

ilustrar todos los casos, resulta difícil saber dónde detenerse. [Klopfer, 1976: 53].

En 1890, en Nápoles, Groom y Loeb realizaron experimentos con larvas nauplio de la lapa bellota, *Balanus perforatus* ... a partir de sus resultados propusieron la teoría de que las migraciones verticales diarias podrían deberse completamente al heliotropismo. Bajo la luz brillante del día las larvas de *Balanus* serían negativamente heliotrópicas y así, se moverían hacia abajo del agua. Durante el curso del día podrían alcanzar una profundidad de 30-40 m. Cuando baja la intensidad hacia el atardecer, una vez más se volverían positivas, entonces, acudirían a la superficie hasta la llegada de la luz solar de la siguiente mañana. [Russell, 1927: 242].

Tres años después, Loeb "encontró que el calentamiento produce un heliotropismo negativo en las larvas de *Polygordius* y en un copépdo, posiblemente, *Temora longicornis* y que el frío genera un heliotropismo positivo. [También] incluyó al geotropismo, además del heliotropismo en su teoría [Russell, 1927: 248 y 242]" correspondiente a las migraciones verticales:

Un buen número de animales que habitan en la superficie del mar migran periódicamente en una dirección vertical, vienen a la superficie durante la noche y se van hacia el fondo durante el día, pero no más allá de los 400 metros. Para los fisiólogos la cuestión que surge es ¿qué determina esta peculiar distribución vertical y esta periódica migración a las profundidades? Mis investigaciones que tratan con los efectos de la luz sobre el movimiento y la orientación de los animales, me hace suponer que esta migración vertical periódica está determinada en cierta manera por la luz.

Las larvas nauplio de *Balanus perforatus* presentan un heliotropismo muy peculiar. Son positivamente heliotrópicas cuando la luz es muy débil; pero cuando se exponen a una luz fuerte, prontamente, se vuelven heliotrópicas negativas. Esto explica la migración periódica. En el anochecer y muy frecuentemente durante la noche, la luz que se refleja en el cielo es muy débil y bajo esta luz las nauplios son heliotrópicas positivas. Como únicamente los componentes verticales de los rayos de luz pueden tener efecto, los horizontales se anulan unos a otros, los animales son obligados a moverse verticalmente hacia la superficie. Durante la aurora, tan pronto como la luz se hace suficientemente intensa en ésta, los animales, por su influencia, se vuelven heliotrópicos negativos y se van verticalmente hacia abajo. Pero, ¿por qué éstos no se van hasta el fondo del mar? ... Las nauplios, que bajo la influencia

de la luz intensa se volvieron heliotrópicas negativas, en su migración hacia abajo, muy pronto pueden alcanzar la profundidad donde la luz es muy débil, de tal forma que, otra vez, se vuelven heliotrópico positivas y necesariamente, deberán empezar a moverse hacia arriba. Pero, tan pronto como van hacia atrás, rumbo a la luz fuerte, se vuelven heliotrópico negativas y de nuevo, deberán volver hacia abajo otra vez. Es así como sucede que estos animales tienen que migrar periódicamente por influencia de la luz ...

La luz directa, en uno o dos minutos torna heliotrópico positivas a las larvas negativamente heliotrópicas de *Polygordius*, pero únicamente en tanto que la temperatura se encuentre alrededor de los 10 °C ... Cuando la temperatura del agua en la que se coloca a los animales se baja a los 7 °C o menos, la más intensa luz solar no es capaz de hacer a estos animales heliotrópico negativos. Por otro lado, a una temperatura cercana a los 30 °C, los animales se quedan permanentemente heliotrópico negativos, aun bajo la luz débil. Encontré un fenómeno muy similar en los copépodos. Estos hechos me hacen mirar que puede haber alguna luz sobre la migración vertical en los animales marinos. P. ej., en la superficie del Mediterráneo, la temperatura alcanza una altura considerable durante el verano. La consecuencia es que los animales que tienen un heliotropismo similar al de las larvas de *Polygordius* o los copépodos, no pueden subir a la superficie aun durante la noche; las altas temperaturas en dicha zona epipelágica los hacen heliotrópicos negativos, también hacia la luz débil, misma que durante el invierno hace que ellos se muevan hacia la superficie. Pero por otro lado, resulta claro que estos animales no pueden irse al fondo del mar. La temperatura del agua decrece conforme se incrementa la profundidad y tan pronto como estos animales en su migración llegan a las aguas que están suficientemente frías otra vez se vuelven heliotrópico positivos y tienen que irse para arriba; pero esto, los lleva otra vez al agua caliente y va de nuevo ... [Loeb, 1893b: 65-67].

Algunas de las observaciones que se les pueden hacer a estas propuestas de Loeb (1893b) son las siguientes:

1. Sus suposiciones fueron hechas con base en sus investigaciones más generales que trataban "los efectos de la luz sobre el movimiento y la orientación en los animales"; esto significa que sus hipótesis procedían de su teoría general de los tropismos.

2. Se puede uno percatar de los intentos de Loeb por aumentar el alcance de su teoría. Así, incrementó el número de especies

estudiadas y buscó otros factores que pudieran estar involucrados en el cambio de la dirección del heliotropismo, p. ej. otra de sus investigaciones del mismo año (1893c) tuvo como objetivo conocer los efectos de la concentración de las sales del agua de mar sobre dicho cambio.

3. Su ejemplo de lo que podía suceder con las migraciones verticales de los animales en el Mediterráneo no pasa de ser un posible muy buen ejemplo, eso sí, levantado con excelente lógica, pero, necesitaba de pruebas a favor obtenidas en el mismo sitio; no era un argumento, necesitaba de ello.

> El análisis de los trabajos de Loeb muestra que, para él, el factor esencial de la migración vertical diaria es el cambio periódico del signo del heliotropismo en función de las condiciones externas. Su meta evidente es la de encontrar una explicación sencilla, única y general de esta migración. Sin lugar a dudas, esta explicación residiría en el cambio de signo del fototropismo y se aplicaría a todo el plancton a pesar de que nunca lo dijo en forma expresa.
>
> A partir de su aparición la teoría heliotrópica de Loeb fue acogida favorablemente por numerosos sabios. Sedujo por su simplicidad. Parecía poseerse la llave que permitía comprender el fenómeno de interpretación hasta entonces difícil y delicado o aun, totalmente indecifrable. Parecía encontrarse en presencia de una vasta síntesis, de una ley fundamental, comparable a aquellas que encuentra uno en la física o en la química. Así, muchos autores, con celo, un poco intempestivamente, neófitos, se lanzaron con el maestro y quisieron completar y perfeccionar su obra. Se hizo entonces intervenir, a veces sin ningún control o con estudios muy someros, a todos los tropismos o tactismos señalados en las reacciones de los seres vivos. Quimiotactismo, tigmotactismo, barotactismo, reotactismo, trofotactismo, etc., fueron invocados en este periodo de apogeo de los tropismos y se les hizo desempeñar papeles de lo más curiosos y disparatados. Todo movimiento se convirtió en una combinación de tropismos de lo más extraños. [Rose, 1925: 396-397].

Así, la visión de Loeb que interesaba al origen de las migraciones verticales de los organismos acuáticos, al distraer la atención hacia los problemas que ella planteaba y no permitir, con ello, que se apuntara rumbo a la puesta en oscilación libre de los ritmos de dichas migraciones, se convirtió en un obstáculo epistemológico (II.14) dentro de este camino del conocimiento.

VIII.6) A. Walter (1893)

> A. Walter observó que la corriente en el Hinlopen Strait, en Spitzbergen corre en dirección meridional, que en esta corriente viven muchas medusas (*Codonium*, *hippokrene*, y *Catablema*), de las cuales, desde el amanecer hasta las 8 de la noche, Walter pudo capturar, únicamente, entre los 30 y 80 metros. Pero, desde las 9 de la noche hasta las 6 de la mañana estos animales estuvieron nadando en la superficie del mar. No se ve que este hecho sea asombroso cuando nosotros consideramos que muchos animales planctónicos de regiones calurosas se hunden en las profundidades del mar durante el día y hacia la noche vienen a la superficie. Como la corriente del Hinlopen Strait es la última rama de la corriente del Golfo, se puede entender fácilmente la migración periódica del plancton.
>
> Sin embargo, en Spitzbergen, en el verano, el día es continuo, la media noche relumbra de sol desde el principio del verano hasta el otoño y el recorrido periódico del plancton puede ser explicado únicamente por el hecho de que aquellas medusas de la corriente del Golfo que son acarreadas desde las partes más sureñas del mar hasta las regiones de la media noche soleada, en donde, sin un propósito determinado, en su nueva casa, permanecen todavía adheridas a su hábito manifiesto, el cual ellas saben que les es provechoso solamente en los trópicos. [Walter, 1983].

Se puede uno fijar en cómo Walther (1893) registró la existencia de un 'hábito manifiesto'. Po otra parte esta, casi, puesta en oscilación libre de un ritmo de migración vertical por la misma naturaleza fue confirmada para ctenóforos por F. Romer (1904) una década después, durante la expedición Helgoland (Menke, 1911). La opinión que emitió Loeb (1893b) tocante a que las medusas continuaran "su migración a y de la superficie con la misma peridocidad como si estuvieran en su primera casa, [fue] que se debía a cambios periódicos en la cantidad de agua contenida en el animal. Estos cambios serían debidos a procesos metabólicos, los cuales, sin embargo, estarían influidos en sus periodos por cambios del día y la noche [p. 68]".

VIII.7) W. Ostwald (1902)

> [Dado que] la viscosidad del agua o la fricción, la resistencia que presenta un cuerpo para moverse dentro

del agua varía enormemente con la temperatura, W. Ostwald (1902) sugirió que con el ascenso de la temperatura del agua durante el día la viscosidad se reduciría mucho y los animales nadarían más rápidamente, mientras que en la noche, con el agua fría, el incremento de la viscosidad podría ayudar a los movimientos veticales de los animales y como que los acarrearía a la superficie. Sin embargo, los cambios diarios de la temperatura en el mar son extremadamente despreciables, de uno o dos grados cuando mucho, generalmente, de muchísimo menos y aunque, los cambios de viscosidad pueden ciertamente afectar el movimiento de los animales a través del agua, está en duda si esto puede ser reconocido como un factor de alguna importancia en la migración vertical de los animales activos. Ostwald dedujo que la migración hacia arriba podría predominar hasta después de la media noche, debido al lento enfriamiento del agua, mientras que en realidad, la migración se inicia considerablemente temprano. Que la viscosidad puede ser de gran importancia en la distribución vertical de la vida diminuta que flota pasivamente, puede, sin embargo, estar fuera de duda. [Russell, 1927: 244].

VIII.8) G. H. Parker (1902)

Dentro de las obras ofrecidas al público durante las tres décadas que siguieron a la aparición de la corriente de los tropismos (VIII.5) destaca la de G. H. Parker. Investigador al que se le volverá a ubicar en otro canal de la formulación de la Circadiología, el de los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales (X). Por el momento, habrá que mencionar que "habiendo encontrado que las hembras [del copépodo marino *Labidocera aestiva*] eran geotrópicamente negativas en la luz difusa y en la oscuridad y que por consiguiente podían venir a la superficie del mar durante la noche, intentó dar con el factor que pudiera conducirlas hacia abajo durante el día [Russell, 1927: 243]".

Parker (1902) descubrió que la estimulación mecánica (...) no causó cambio alguno en su respuesta característica [de las labidoceras]: ... únicamente si las sometía a temperaturas cercanas a los 26 °C se cambiaba el signo de su geotropismo. Esta temperatura es igual a la normalmente apta para aquellas de la localidad en la que estuvo trabajando.

En una tinaja grande, colocada sobre la mesa del laboratorio, las hembras de *Labidocera* permanecieron día

y noche cerca de la supeficie del agua, aunque, en otra tina que flotaba en el puerto, de esta forma expuesta libremente a los elementos, las hembras efectuaron migraciones regulares, juntándose en la superficie durante la noche y en el fondo durante el día. Parker encontró que una iluminación muy intensa vuelve a dichas hembras fototrópicas negativas, lo cual explica su comportamiento en la naturaleza. Ellas irán a las capas profundas durante el día debido al fototropismo negativo -el cual se sobrepone a su geotropismo negativo- y vendrán a la superficie durante la noche porque son fototrópicamente positivas a la luz difusa y geotrópicamente negativas.

"Por esta vía es que se realizan las migraciones de las hembras y la única razón por la cual éstas no sostienen movimientos diarios similares en el laboratorio es porque está ausente un factor, la luz intensa (Parker, 1902: 119". El concluye que si los machos siguen a las hembras hacia la superficie durante la noche es porque tienen quimiotropismo positivo. [Russell, 1927: 243-244].

Parece ser que ésta, como muchas otras de las proposiciones de esta creoda, se quedó sin ser conducida a prueba.

VIII.9) Georges Bohn (1903a, 1903b, 1903c, 1904a, 1904b, 1906, 1907, 1911, 1912a, 1912b y 1914)

En 1903, Georges Bohn proporcionó la siguiente información:

[Los *Convoluta* forman un anillo verde]. Si se coloca el tubo en un lugar tranquilo, el anillo verde sube y baja alternativamente, ocupando la posición más alta en el momento de la pleamar y la posición más baja en el momento de la bajamar. Se ha visto que la sincronización persiste en un acuario durante 14 mareas sucesivas. Influencias exteriores, tales como la luz, el oxígeno y la humedad no han tenido la fuerza suficiente como para cambiar el ritmo. Los movimientos también tienen lugar de noche, de la misma manera que durante el día, si uno invierte las condiciones naturales de humedad y sequedad, el movimiento no se invierte.

... Tienen por tanto la capacidad de seguir los movimientos de las mareas en la playa, aún después de haber sido trasladados a un acuario en Paris. [Bohn, 1903a: 577].

Con estas notas, Bohn (1903a) inició una serie de aproximadamente once publicaciones alrededor de un fenómeno que denominó 'ritmos vitales'. En aquéllas hizo referencia a sus observaciones concernientes a la operación de base para el

estudio del ritmo de migración vertical de los *Convoluta*, es decir, lo puso en oscilación libre. Hasta donde es posible saber, es la primera vez que se realizó esta operación para el ritmo de una función animal. Esta maniobra le permitió fijarse en la propiedad que tienen los ritmos circadianos de ser sincronizados, unos 26 años antes que Bünning y Stern (VI.29) y encontrar que el choque del agua es otro sincronizador de este ritmo.

Como se habrá podido registrar inmediatamente y se reforzará más abajo, estos textos de Bohn pudieron haber tenido mucha más importancia en la historia de la Circadiología que la que escasamente se les asignó y su autor pudo haber influido en ella tanto como, p. ej., lo hizo Bünning. A pesar de todo, no fue así, ellos casi no fueron citados.

El levantamiento de la operación de base para el conocimiento de los ritmos circadianos, hecho por Bohn (1903a, b y c) en este canal de los ritmos de migración vertical y mareas, desde el plano teórico expresado en I.2, por la forma en que tuvo lugar y por sus repercusiones, puede ser atendido como una perturbación que se repitió, otra vez al azar, cerca de dos siglos después en otra creoda y que, de manera parecida a la primera, no desplazó inmediatamente el interés hacia ella.

De forma semejante a como ocurrió en la puesta, por primera vez, en oscilación libre del ritmo del sueño en las plantas y de la actividad en insectos, la colocación en esta situación del ritmo de migración vertical de un animal acuático, no pudo sacar al sistema cognitivo de aquella época de la situación en que se encontraba; no pudo dominar todo el sistema de una sola vez, primero se estableció en una región limitada, sin poder expandirse, sin amplificarse. Para que esto sucediera pudieron haber intervenido como causas: a) la ausencia de ideas aptas para su asimilación; b) lo que dió lugar a una conducta epistémica de tipo α (II.8.1) y c) la presencia de tres paradigmas que garantizaron la estabilidad del sistema y que en este caso, funcionaron como obstáculos epistemológicos. Uno epistémico, la teoría de las causas actuales y uno disciplinario, la teoría de los tropismos. Estos dos fuertemente interrelacionados con la

noción general de que el medio se impone al organismo (II.15.2). Los tres consistentemente entrelazados.

Como ya ha sido registrado: Aristóteles incluyó el paradigma epistémico de las 'causas o condiciones actuales, experimentales, inmediatas o próximas' dentro de su marco epistémico (V.3.2); su connotación fue redefinida por Galileo (V.8.2) y tuvieron un enorme auge dentro de las escuelas de los Médicos materialistas berlineses (VI.13) y de Bernard (VI. 14).

En su segundo relato de aquel año de 1903, Bohn se instala en "la discusión de la teoría de las causas actuales [1903b: 364]". Discusión que anuncia desde el mismo título: "Les *Convoluta roscoffensis* et la thèorie des causes actuelles [op. cit.: 352]". Después de haber aludido que "dos naturalistas ingleses, conocidos por su particular elegancia, F. W. Gamble y Frederick Keeble (1903), señalaron que los *Convoluta* ... presentan, en particular, en la playa de Roscoff, un movimiento periódico sincrónico con la marea [ib.]", que para él era "un hecho bastante común, como acababa de decirlo, totalmente banal [ib.]", Bohn ilustra, en resumen, las actividades de aquéllos:

> Estos naturalistas buscaron la causa del movimiento de las mareas 'tidal movement', para lo cual transportaron a los *Convoluta* a acuarios y los sustrajeron de la acción de las mareas; mientras la iluminación era la misma que en la playa, el fenómeno se mantuvo, pero al sustituir la luz por la oscuridad, se detuvo. "They take place in colonies brought into the laboratory, but do no occur when such colonies are kept in darkness". El movimiento de los animales podía tener dos causas: el choque de las olas o la fatiga debida a la luz; el experimento eliminaba a la primera; permanecía la segunda; Gamble y Keeble concluyeron pues que "las variaciones diarias se deben al efecto tónico de la luz". [Bohn, 1903b: 352-353].

Igualmente, a Bohn (1903b):

> Le pareció necesario, desde un principio, señalar las ideas que orientaron sus investigaciones ya que el valor de una observación depende a menudo del estado de ánimo en que uno se encuentra al hacer ésta; desde hacía tiempo creía que hay que buscar la causa de muchos fenómenos que presentan los animlaes, movimientos en particular, no en aquellas referentes a variaciones mecánicas, físicas o químicas, que sufren cuando el fenómeno se presenta (causas actuales), sino en aquellas

ocurridas en el pasado, ya sea a ellos mismos o a sus ancestros (causas que dejaron de actuar). [p. 353].

En estas líneas en las que Bohn (1903b) define lo que eran para él las 'causas que dejaron de actuar', como algunas de las causas del movimiento de los animales que no eran, entre otras, las variaciones mecánicas que sufren éstos cuando aquel se presenta, se puede ver un paralelismo con la intensión que le asignó Darwin (VI.16) a la espontaneidad de los movimientos de los zarcillos que, como se recordará, fue su independencia con respecto a un estímulo mecánico. Además de en el contenido de las definiciones, igualmente, se puede constatar otro parecido en el hecho de que ambas fueron lanzadas sin antecedentes explícitos. De donde, es posible otorgarles la calidad de una fluctuación cognoscitiva que existió en dos rutas del progreso de la Circadiología.

Bohn lanzó una crítica velada y quién sabe que tan consciente, al modelo epistemológico de la concepción mecanicista de la teoría del reflejo, en sus dos modalidades que prevalecían durante aquellos años y que por cierto, se encontraban en pugna: el Empiriocriticismo, "Ernest Mach (1897) reconoce aquí explícitamente que las cosas o cuerpos son complejos de sensaciones [Lenin, (1908): 40]" y opone con entera claridad esta teoría al materialismo leninista "según la cual las sensaciones son 'símbolos' de las cosas -sería más exacto decir: imágenes o reflejos de las cosas [ib.]". De un modo u otro, ambos puntos de vista sientan sus bases en las sensaciones y Bohn (1903b) consideraba que "el valor de una observación depende a menudo del estado de ánimo [p. 353]". Se puso en medio del fuego y contra los dos contendientes. En otra frase de Bohn, también se puede ver una definición de 'causas actuales', igual a la 'causa' de Galileo (V.8.2), a las 'condiciones originantes o próximas de los Médicos materialistas de Berlin (VI.13) y a la de Bernard (VI.14). Más aún, la definición que da de 'causas que dejaron de actuar', ejemplifica la modificación de un sistema cognitivo "por 'desplazamiento de equilibrio' hasta hacer asimilable el hecho inesperado ... se modificó el esquema de asimilación mismo para

acomodarlo al objeto y seguir su orientación [Piaget, 1978b: 74 y 75]". Se puso en juego una conducta de tipo β con la que Bohn (1903b) logró asimilar los 16 hechos, las 28 observaciones y por tanto, hacer la construcción de las 7 conclusiones y las 2 interpretaciones que narra a continuación. Se trasladaron las que se consideró más relevantes:

> Yo vi luego luego el movimiento de marea, fácil de constatar; busqué la causa. Para ello probé primero el procedimiento de Gamble y Keeble (1903) pero puesto que el movimiento se mantenía después de suspender una de las posibles causas, el choque de las olas, no lo descarté como tal; hice bien, puesto que igual sucedía para la otra causa, la iluminación. Estos dos rsultados, de los cuales el segundo es contrario al que encontraron estos autores, no me sorprendieron, ya que sabía por experiencia que un movimiento puede persistir aunque su causa desaparezca.
>
> ...
>
> Observación 6. Los *Convoluta* se mantuvieron constantemente en la oscuridad durante varios días; el movimiento se mantuvo; es más, era más claro o nítido: todos los individuos respondían, de lado a lado, a una velocidad bastante uniforme y formaban una corona verde que se elevaba o descendía a lo largo de las paredes. [p. 334-335].
>
> Esta independencia de los movimientos oscilatorios con respecto a la mayoría de las condiciones externas, negada por Gamble y Keeble (1903), constituye uno de los resultados más importantes de mis invetigaciones y vuelve difícil la respuesta a la siguiente pregunta: ¿cuál es la causa de los movimientos oscilatorios, choques, fatiga debida a la luz, desecación, asfixia? [p. 355].
>
> 7o. HECHO. (GB). La sensibilidad hacia el choque varía con la marea.
>
> Observación 15. Si se sacude el tubo de vidrio que contenga arena y *Convoluta*, el descenso se manifiesta más rápidamente después de la bajamar que antes; para el ascenso que sigue al reposo sucede lo contrario.
>
> CONCLUSIONES POSITIVAS. *Convoluta* presenta un movimiento periódico, sincronizado con el de la marea y que permanece cuando se elimina el movimiento de ésta y cuando se modifican las condiciones del medio externo (en particular la iluminación) pero que uno puede alterar momentáneamente al sacudir la arena en el momento en el cual debería estar en reposo.
>
> Estos hechos ya se conocían desde hace tiempo, salvo el de la independencia respecto a las condiciones del medio externo, que yo establecí y que Gamble y Keeble (1903) niegan. [p. 356].

INTERPRETACION. Todos estos hechos me condujeron a pensar que la causa primera de las oscilaciones de *Convoluta* no es más que el choque de las olas que se ejerce periódicamente a intervalos casi iguales. De alguna manera, estos animales tendrían una memoria, si no individual por lo menos hereditaria, de la periodicidad del choque de las olas. El efecto permanecería aun y cuando la causa desapareciera pasajeramente (acuario) o que se ejerza muy tarde o muy temprano (aguas muertas). [págs. 356-357].

...

INTERPRETACION. Me extraña que Gamble y Keeble (1903) consideren a la luz como la causa de los movimientos oscilatorios de *Convoluta*; su periodicidad no es la misma que la de los días y las noches. Además, la luz, de cualquier manera , contraría este movimiento; puede incluso, en circunstancias excepcionales, detenerlo. [p. 360].

...

Estos hechos se pueden explicar por el recuerdo hereditario. A través de generaciones sucesivas, el protoplasma recuerda, de alguna manera, las excitaciones que actuaron sobre él. Los diversos movimientos que conducen o acompañan la evolución de un individuo son a menudo el resultado de recuerdos del pasado.

Así pues, los *Convoluta* de Roscoff, de acuerdo con los hechos curiosos que puse de manifiesto, aportan elementos nuevos para la discusión de la teoría de las causas actuales. [p. 364].

Dado el respaldo que, independientemente de la forma indirecta y un tanto equivocada, tenían en las propuestas de Darwin (VI.16) y en el paradigma mendeliano (VI.23)[144], así como, lo acertado que, con criterios de nuestros días, parecen estas operaciones de Bohn (1903b), resulta difícil entender que no tuvieran toda la trascendencia que merecían dentro de este camino de los ritmos de migración vertical y mareas y posiblemente, por ende, en la composición de la Circadiología. Un procedimiento que ayudó a la superación de esta dificultad fue la formulación de que uno de los factores que motivó la mencionada desestimación, fue la crítica de Bohn (1903b) a lo que titulaba 'la teoría de

---

[144] Con lo que por otra parte, se puede apreciar el cargo paradigmático de estos esquemas conceptuales en una creoda más de la Circadiología.

las causas actuales'. Con esta discusión, como se podrá registrar más tarde, este investigador se enfrentó, nada menos que, a la Escuela de Bernard (VI.14). Una vez más aparece la anulación de una fluctuación en el aparato cognitivo de la época alrededor de los ritmos circadianos.

Así pues, de otra manera, los hechos curiosos que corresponden a los movimientos oscilatorios de los *Convoluta* puestos de manifiesto por Bohn (1903b) consisten en que: a) son independientes "con respecto a la mayoría de las condiciones externas"; b) son oscilatorios; c) su "sensibilidad hacia el choque varía con la marea", es decir, presentan "un movimiento periódico sincronizado con el de la marea"; d) "de alguna manera, estos animales tendrían una memoria, si no individual, por lo menos hereditaria, de la periodicidad del choque de las olas" y e) "su periodicidad no es la misma que la de los días y las noches".

Con todo esto resalta la importancia de la construcción de la operación de base y de la necesidad de un esquema teórico adecuado para asimilar los resultados. En este caso, la formación de dicha operación le proporcionó a Bohn (1903b) las herramientas que le permitieron fijarse en por lo menos cinco de las principales características que hoy en día se le asignan a los ritmos circadianos (I). Otro hecho epistémico que debe recordarse, es que este autor mostró estas características de los ritmos circadianos casi un cuarto de siglo antes de que Bünning (VI.29) iniciara la elaboración del dominio conceptual que actualmente favorece su asimilación.

Tomando en cuenta que apenas en 1865, Bernard (VI.14) había escrito que "el objetivo que se impone el método experimental ... consiste en relacionar los fenómenos naturales con sus condiciones necesarias o causas inmediatas [p. 60]", se puede entender que a sus seguidores no les haya hecho mucha gracia la "independencia de los movimientos oscilatorios con respecto a la mayoría de las condiciones externas [Bohn, 1903b: 355]". Pasados cuatro años, después de que Bohn había hallado otros hechos y presentado los resultados de otras operaciones bastante

reveladoras, en plena sesión de la Société de Biologie de Paris, Louis Lapicque[145] sostuvo:

> No pienso discutir con el Sr. Bohn lo que es científico y lo que no lo es; está muy claro que él y yo tenemos concepciones de la Ciencia difícilmente conciliables y esto no se debe a los objetos que uno y otro estudiamos ... Los fisiólogos del grupo de Claude Bernard están lejos de ignorar la complejidad de los fenómenos biológicos y piensan que el método, aquí como en cualquier otro caso, consiste en esforzarse por mantener fijas, durante un cierto tiempo, todas las variables menos una. [Bohn, 1907: 476].

Eso fue lo que no había hecho Bohn (1907):

> Fue así como puso en evidencia la existencia de un ritmo nictameral: mantuvo un cierto número de lotes [de *Actinia equina*] en un cuarto oscuro, en ausencia total de luz (hizo observaciones ... durante cinco días); había lotes testigo colocados exactamente bajo las mismas condiciones (temperatura, cantidad y renovación de agua) pero, expuestos a la luz ... del laboratorio, frente a la ventana poniente. [págs. 473].

Todo al revés. Una inversión del paradigma metodológico: la variable no fijada en el lote testigo. No obstante y por lo mismo, Bohn (1907) alcanzó a fijarse en que, a medida que se debilitaba el ritmo de mareas presentado por las actinias que habitaban en las charcas que van dejando las aguas en su retirada, aparecía un ritmo nictameral inverso que, al tercer día de haber principiado el experimento, empezó dos horas antes. Hace apenas unos cinco lustros, Palmer y F. E. Round (Palmer & Round, 1965 y 1967; Palmer, 1967 y Round & Palmer, 1966) escribieron que:

> Siguiendo las migraciones de dos especies de *Euglena* y ocho de diatomeas bajo las condiciones constantes de laboratorio, [encontraron] que, maravillosamente, el ritmo no era de mareas, sino diario

---

[145] Louis Lapicque. "De 1919 a 1936 ocupó la cátedra de Fisiología general de la Sorbona. Se hizo muy conocido por sus exactas determinaciones de la excitabilidad mediante la consideración de la duración del estímulo. **Temps utile** (tiempo útil), reobase y cronaxia fueron conceptos por él introducidos [Rothschuh, 1974: 79]". "La intensidad mínima fue denominada **reobase** por Lapicque -1926 [Houssay y col. 1954: 928]".

(...). Cuando [repasaron] las figuras de las publicaciones anteriores, [hallaron] que las curvas, en las cuales se empalmaban solamente de 1 a 3 días, no eran, del todo convincentemente, de mareas. Las interpretaciones anteriores de que representan ritmos de mareas, bien pueden se predichas sobre el hecho de que ésta era la respuesta esperada. [Palmer, 1974: 46-47].

En estas líneas de Palmer (1974) se constatan tres hechos epistémicos en los que se ha estado insistiendo: a) el objeto de conocimiento se da en función del plano teórico que subyace a las labores de investigación; b) el objeto de estudio abordado por Bohn (1907), al tiempo, ha podido ser asimilado por el dominio conceptual de la Circadiología y c) otro hubiera sido el destino de los resultados de este investigador de haber existido las visiones aptas para su asimilación y de no haber sido anulada, por las ideas del momento, la perturbación que despertaron dentro de la estructura cognoscitiva existente. P. ej. y volviendo a la respuesta de Lapicque a la presentación de Bohn (1907), es posible agregar que éste, al finalizar su intervención, había externado que llegó a darse "cuenta de manera suficientemente clara, del conflicto que existe entre las causas actuales y las causas pasadas, para poder prevenir de antemano, en cada caso particular, la alteración que se va a dar en el ritmo adquirido [p. 475]".

Bohn se percató de "que en las actinias que presentan un ritmo de mareas, a medida que este se debilita, [bajo oscuridad constante], aparece un ritmo nictameral inverso [p. 474]". Por los mismos años, Pfeffer (VI.24) se dió cuenta de que las plantas conforme perdían su ritmo de sueño presentaban oscilaciones de periodos más cortos. Las interpretaciones fueron opuestas: en el primer caso, el ritmo nictameral sería una consecuencia de causas pasadas que dejaron de actuar; en el segundo "los movimientos típicos de sueño son sólo una reacción especial de los movimientos de desviaciones násticas [Pfeffer, 1909: 262-263]", serían el efecto de condiciones actuales. Hoy en día, ambos casos pueden ser reinterpretados a la luz de una estructura con nociones como amortiguamiento, ritmo circadiano, sincronización, etc.

Cabe explicar el motivo por el que, en lo que antecede, se vertió que en las interpretaciones de Bohn (1903b) se atisba un cierto respaldo indirecto y un tanto erradamente, en los paradigmas darwiniano (VI.16) y mendeliano (VI.23). De acuerdo con Bohn, los *Convoluta* "tendrían de alguna manera, una memoria, si no individual, por lo menos hereditaria, de la periodicidad del choque de las olas [1903b: 356-357]". Esta proposición que está en fuerte contacto con su definición de 'causas que dejaron de actuar' y su explicación de que "a través de generaciones sucesivas el protoplasma recuerda de alguna manera, las excitaciones que actuaron sobre él [op. cit.: 364]", tienen enlaces muy cercanos con la corriente lamarckiana. El hecho de que hasta donde se tienen noticias, en su tiempo no hayan recibido críticas a este respecto, pone en evidencia la existencia de un hueco en el marco epistémico y en el naciente aparato cognitivo de la Circadiología. Esta laguna consistía en la ausencia de algunas nociones sobre los mecanismos de la herencia que se configuraron ulteriormente. Cabe recordar que para Bernad las causas primarias de las manifestaciones de la vida "no podían ser objeto de investigación, pero sí las causas inmediatas o secundarias [Rothschuh, 1974: 75]" y que con todo y a pesar de haber sido contemporáneo de Darwin, "nunca expuso claramente sus puntos de vista sobre la doctrina darwiniana [Goodfield, 1987: 141]". Por su parte los Darwin (VI.16), también enfatizaron la naturaleza inherente de la periodicidad diaria en su libro **On the Power of Movement in Plants** (1880) en la que "el mismo Darwin arribó ... a una interpretación por poco lamarckiana [Bünning, 1960: 2]" en este terreno. El descubrimiento de los trabajos de Mendel sobre la herencia ocurrió en 1900 (VI.23), apenas tres años antes de las sugerencias de Bohn y unos cuatro que las de Semon (VI.25). Por cierto que este último declaró que como los movimientos con ritmicidad endógena "no tenían valor para la selección [Semon, en: Bünning, 1960: 2]", a lo mejor los investigadores estaban "tratando con una impresión heredable de la alternancia de la luz y la oscuridad; es decir, con la herencia de una característica adquirida [ib.]". Evidentemente

era necesario un mayor conocimiento de la genética para poder superar la desaveniencia al respecto de la asignación de papeles a la causalidad actual y a la pasada, en la escenificación de la ritmicidad circadiana.

Se puede dejar terminado este pedazo, anotando que, como dijera el mismo Bohn (1907) a propósito de una de las notas que le examinó Lapicque: "esto lo escribí sin melancolía [p. 475]", no como aquel se lo atribuía. "¿Por qué he de entristecerme? a pesar de las grandes dificultades, llegué a darme cuenta de manera suficientemente clara, del conflicto que existía entre las causas actuales y las causas pasadas [ib.]", en aquellos años para entender los ritmos circadianos. Conflicto que, como ya se ha afirmado, obstaculizó el crecimiento de este canal de la Circadioogía.

Como se podrá recordar, en 1890, Groom y Loeb (VIII.5), avanzaron una posible explicación al ritmo de la migración vertical del *Balanus*: éste se debería a cambios en el sentido del heliotropismo. Desde aquellas fechas, las formulaciones basadas en los tropismos comenzaron a cobrar auge. De ahí que no resulta extraño que Gamble y Keeble las hayan incrustado en su publicación dirigida al ritmo de la migración vertical de los *Convoluta* que presentaron en 1903. En su segundo relato de aquel año (1903b), Bohn responde a ello. Hace referencia a algunos de los hechos detectados por él, algunas de sus observaciones y pasa a sus conclusiones positivas:

> Distinguí dos efectos trópicos de la luz y uno tónico: 1ro., un retroceso, en el límite de la arena y el aire (o el agua), de la oscuridad y la luz; 2do., un ordenamiento siguiendo las líneas de mayor pendiente en la superficie de la arena (o de la porcelana); 3ro., un estado de fatiga bajo la influencia de una iluminación prolongada ... Yo mostré que el efecto tónico de la luz era una parálisis, un paro del movimiento de *Convoluta*, éste se produce bajo la influencia de una iluminación excesivamente intensa, como la de los rayos de Becquerel ... Estas distinciones no aparecen en la nota de Gamble y Keeble; para estos autores el efecto trópico es únicamente un avance hacia la fuente luminosa ... Espero con impaciencia las explicaciones de estos autores, pero yo nunca entenderé cómo un agente paralizador puede ser la causa de los movimientos tan notables de *Convoluta* [p. 359]" ... Geddes (1873), luego Gamble y Keeble

(1903) constataron un fototropismo positivo normal; para los últimos el sentido del tropismo puede cambiar ante condiciones determinadas. Pero todo esto no significa nada ya que yo mostré (Soc. Biol., 21 de nov.) que la palabra tropismo no tiene un significado claro; de haber tropismo, este sería negativo. Ferronnière publicó también observaciones curiosas, que Gamble y Keeble no citan. [Bohn, 1903b: 360 y 359].

En otros textos Bohn (1903c, 1904a, 1904b, 1906 y 1907) mantiene la defensa de su hipótesis acerca de la existencia de oscilaciones periódicas adquiridas y oscilaciones provocadas. Excepto en el de 1907, para nada toca otra vez el tema de los tropismos. En su tercer relato de 1903, Bohn "plantea sus puntos de vista sobre las causas de las discrepancias con Gamble y Keeble -1903 [1903c: 397]". En el siguiente, agrega a su dominio material las oscilaciones de las litorinas (*Littorina rudis*, *Hediste diversicolor*, *L. littorea* y *L. robusta*), oscilaciones que, como ya se apuntó, son de dos tipos: adquiridas y provocadas. Su reseña de 1906, es una en la que compara los resultados de Henri Pieron (1906) con los que alcanzó experimentando con *Actinia equina*:

> Estas actinias, colocadas en acuarios, en condiciones invariables, presentan una periodicidad muy marcada en relación con la marea. Durante dos o tres días, estubieran alumbradas o bajo un velo negro, se cerraban espontáneamente -siendo en el agua- a la hora de la bajamar y se abrían progresivamente en las horas de la pleamar. Después la periodicidad parecía borrarse. [Bohn, 1906: 662].

En otro trabajo escrito ese año, junto con Piéron, aclaran que vieron "que los fenómenos de anticipación refleja y de ritmicidad interna en el comportamiento de la *Actinia equina*, respecto a las mareas, no se presenta más que en dos grados, dos estados de memoria de las mareas, que es un fenómeno realmente general: lejos de oponerse, se superponen y se complementan [Bohn et Piéron, 1906: 661]". La memoria de 1907 es la de la disputa con Lapicque. Hasta acá, aparentemente, Bohn seguía la misma línea. Pero, para su primer artículo de 1912 (de los consultados), ya se ubica defendiendo los colores de los tropistas. Todavía no se puede saber qué pasó. ¿Además de los porqués académicos hubo otros, sentimentales, políticos?.

Solamente se puede dar cuenta del resultado. En ese año, Bohn principia el intento de responder a las dudas planteadas por el paradigma de Groom y Loeb (VIII.5) referentes a los cambios en el signo del fototropismo y de los factores actuales que lo inducen. En la obra referida, Bohn (1912a) trae a la memoria que:

> Desde hacía cinco años, había indicado en varias ocasiones que el factor presión interviene en las reacciones de algunos animales inferiores. [Con un frasco de Gayon] diseñó un dispositivo experimental muy simple, que permite ejercer sobre animales acuáticos presiones débiles y hacerlas variar sin que se produzcan modificaciones sensibles de iluminación o de la composición química del agua. [Llegó a] un caso de sensibilidad diferencial respecto a la presión, sensibilidad que se manifiesta por un cambio de signo del fototropismo ... Podía obtener el mismo efecto añadiendo agua de mar, una pequeña cantidad de ácido sulfúrico puro (...): casi instántaneamente el fototropismo, de negativo pasa a positivo.
>
> [Lo anterior fue con larvas de langosta]. Obtuvo resultados semejantes con algunos copépodos ... en este caso la sensibilidad diferencial respecto a la presión se manifiesta a la vez por un cambio de signo del geotropismo y un cambio de signo del fototropismo. Mostró igualmente en varias ocasiones que hay una relación entre las variaciones de estos dos tropismos. [págs. 240, 241 y 242].

En menos de una década olvidó que había mostrado que "la palabra **tropismo** no tenía un significado claro [Bohn, 1903b: 360]". Considera que los hechos por él descritos "se tendrán que tomar en cuenta ... en el problema de la distribución batimétrica del plancton [Bohn, 1912a: 242]". Ya no es en el problema del ritmo adquirido. Más aún, si un lustro antes estaba "seguro que las reacciones tan diversas de [sus] actinias no sorprenderían para nada a los fisiólogos acostumbrados a reflexionar sobre la complejidad de los fenómenos biológicos y sobre la facilidad con la cual uno se puede confundir a veces de manera sencilla [Bohn, 1907: 475]", en 1912, aclara que se ha esforzado "por mostrar que hay una relación entre el grado de sensibilidad de un animal y la velocidad de las reacciones químicas que se encuentran en la base de ese grado de sensibilidad [Bohn, 1912b: 388]". Precisa un poco más: "los agentes que modifican el estado químico de un organismo modifican al mismo tiempo su sensibilidad [ib.]". La reflexión

sobre la complejidad de los fenómenos fisiológicos se tornó en reduccionismo:

> ... habría dos tipos de sensibilizadores, aquellos respecto a la luz y aquellos respecto a la sombra y corresponderían a reacciones químicas antagónicas: oxidaciones y reducciones. Las causas que aceleran las oxidaciones orgánicas aumentarán la fuerza de atracción de los animales por la luz; las causas que inhiben las oxidaciones aumentarán la fuerza de atracción por la sombra. [op. cit.: 389].

Los dos años siguientes Bohn los dedicó a obtener pruebas para esta idea, aparentemente sin éxito. En 1914, dió a conocer un libro que denominó **La Naissance de l'Intelligence**, con un capítulo titulado: Estados químicos y ritmos vitales. En él afirma que "a pesar de la complejidad de los fenómenos biológicos, suele suceder, al estar estudiándolos, de considerar aspectos bastante sencillos, relativos ya sea a cuestiones de química o cuestiones de forma y de conexiones [p. 139]". Agrega que en ese capítulo quisiera "mostrar la importacia del papel del agua en los fenómenos biológicos [ib.]". Da ejemplos y llega a la importancia en los ritmos vitales:

> Por una deshidratación de la materia viviente o por la rehidratación de ésta ... se produce ... el cambio de signo de los tropismos ... Según el contenido en agua de la materia viviente, la luz ejerce sobre ella, ya sea una acción excitante, ya sea una acción contraria, es decir, inhibidora. Entonces, el mecanismo del fototropismo implica que éste sea negativo en el primer caso y positivo en el segundo. [op. cit.: 146 y 142].

Rápidamente puede uno darse cuenta del cambio. Las "**reacciones químicas antagónicas**: oxidaciones y reducciones [Bohn, 1912b: 389]", fueron sustituidas por la "deshidratación de la materia viviente o ... la rehidratación [Bohn, 1914: 142]" como la base de los cambios de signo del fototropismo.

En 1914, Bohn comenta:

> Mostré desde 1903, que la vida de los animales litorales está en relación estrecha con el flujo y reflujo del mar y que su biología es de alguna manera, regulada por los movimientos de la marea ... Los *Convoluta* presentan movimientos alternativos de ascenso y descenso y son sincrónicos con los de la marea, pero inversos. Un hecho muy curioso que puse en evidencia, es el siguiente: los movimientos oscilatorios persisten en

acuario ... Aquí son las variaciones del geotropismo que están en relación con los movimientos diarios de la marea. [Bohn, 1914: 150 y 151].

Muy poco quedó de lo que este autor vislumbraba en 1903. Casi todo fue reducido a "las variaciones del geotropismo": "sirviéndose de la palabra memoria, no se precisa más que al hablar de ritmos vitales; más bien se arriesga uno a provocar confusiones enojosas. Esta palabra fue, en efecto, empleada en sentidos muy diferentes [Bohn, 1914: 157]". Desde un punto de vista epistémico se hace evidente que el paso a otro paradigma lleva aparejado un cambio de las designaciones: en 1903, "la palabra tropismo no tenía un significado claro [Bohn, 1903b: 360]"; en 1914, al emplear la palabra memoria "más bien se arriesga uno a provocar confusiones enojosas [Bohn, 1914: 157]".

En 1910, en la ruta de los ritmos de actividad en los insectos, Forel (VII.2.4) había aportado una observación hecha en abejas. Algunos pensaron en asemejarla con la que Bohn hizo sobre *Convoluta*. A lo cual éste respondió: "Forel habla de una 'memoria del tiempo'. ¿Tiene razón o no?. No quiero examinar esta cuestión por el momento. Lo que sé es que son lejanos unos hechos con otros. En las abejas se trata de fenómenos de 'memoria asociativa' muy complejos; en *Convoluta*, es un ritmo vital [op. cit.: 157-158]". Transcurrió un poco más de tres lustros para que Beling (VII.2.6) pusiera en correspondencia ambos ritmos.

En otra parte de su escrito Bohn (1914) "no duda en protestar contra la intervención, en los fenómenos estudiados, de una pretendida facultad de predecir el futuro. Los *Convoluta*, las diatomeas que penetran en la arena antes del regreso de las olas, no previenen; obedecen al ritmo vital [ib.]". Y escribe a propósito de Pieron, quien había sido uno de sus colaboradores: "un autor, Piéron, ve en hechos casi idénticos, la aparición en los animales inferiores, de una facultad que caracteriza esencialmente a la inteligencia del hombre, la de prevenir lo que va suceder [ib.]". Como se podrá recordar, ya en el subcapítulo dedicado a la función adaptativa de los ritmos circadianos, se cita que en estos días, "es perfectamente correcto ver en [algunos hechos] procesos anticipadores si se comienza por

caracterizar causalmente la anticipación como el resultado de la transferencia o la generalización de informaciones anteriores organizadas en forma de esquemas o de ciclos que se conservan en el curso del proceso [Piaget, 1969: 180]".

Una interpretación que se puede postular para estos hechos epistémicos es como sigue: por una parte recién estaba surgiendo el paradigma de los ritmos circadianos sin que aún se hubieran construido sus esquemas de asimilación; por otra, surge el atractivo paradigma de los tropismos; debido a que el conocimiento los ritmos circadianos todavía estaban en el nivel intra-, se favoreció que el paradigma de los tropismos desempeñara la función de obstáculo epistemológico en el desenvolvimiento de aquellos. Queda la duda de lo que habría sucedido si Bohn hubiera continuado por donde le marcaban sus primeras operaciones.

VIII.10) Jacques Loeb, 2a. parte (1906a, 1906b, 1908, 1911, 1913 y 1918)

En esta segunda parte dedicada al trabajo de Loeb, se retoman sus labores a partir de 1906 para continuar ilustrando la influencia que como obstáculo epistemológico ejerció el paradigma de los tropismos sobre el desarrollo del conocimiento en los ritmos circadianos.

En 1906, Loeb mostró que "las larvas de *Balanus* se vuelven positivamente fototrópicas cuando se agrega CO_2 al agua [Russell, 1927: 250]". Y para 1908, había agregado nuevos ingredientes a su concepción de 1891 (VIII.5) referente al mecanismo de las migraciones verticales de los organismos acuáticos:

> A través de una serie de trabajos, el primero de los cuales fue publicado en colaboración con Groom en 1891, creo haber comprobado que el heliotropismo es el factor más esencial presente en las migraciones verticales de los organismos nadadores de la superficie de lagos y mares. Estos experimentos o trabajos fueron realizados con organismos capturados con red y que pasaron la prueba en el laboratorio de que la luz incidente desde arriba los obliga a emigrar hacia abajo del recipiente. Las formas con las cuales se trabajó fueron copépodos de agua dulce y marinos, larvas de *Polygordius*, ¿cacerolitas de mar? *Daphnia*, organismos

vegetales como *Volvox* y otras formas planctónicas típicas (Loeb, 1893, 1906a y 1906b).

Los movimientos periódicos de estos animales consistieron esencialmente en que, cerca de la noche, se dirigieron hacia la superficie y en la mañana iniciaron su descenso; sin embargo, nunca llegaron por debajo de la región donde la luz tiene una intensidad suficiente para la sensibilidad de los organismos heliotrópicos. Atribuímos esos movimientos periódicos de los organismos pelágicos a que las circunstancias externas producen un cambio periódico en el sentido del heliotropismo; en la mañana son heliotrópico negativos y migran hacia abajo, mientras que cerca de la noche son heliotrópico positivos y migran hacia arriba.

La interdependencia entre el cambio en el sentido del heliotropismo y la dirección del movimiento vertical de estos organismos puede aclararse mediante los siguientes experimentos.

Hay una serie de organismos marinos pelágicos, p. ej., copépodos, larvas de *Polygordius*, así como cierta *Daphnia* que se hacen heliotrópico positvos bajando la temperatura. Un aumento de la temperatura suprime el heliotropismo positivo o hace a los organismos heliotrópico negativos. Esta influencia de la temperatura es más clara en las formas marinas que en *Daphnia*. El significado de este hecho para los movimientos periódicos a profundidad de los animales se explica en pocas palabras. La temperatura del agua a partir de la superficie decrece continuamente, entonces los animales mediante su migración hacia abajo deben llegar rápido a una temperatura en la cual se hagan heliotrópico positivos. El heliotropismo positvo les impide bajar y los obliga a migrar hacia arriba. Cuando cerca de la noche la temperatura del agua disminuye deben llegar a regiones cada vez más altas y a la misma superficie, como consecuencia de su heliotropismo positivo.

A consecuencia de su heliotropismo positivo se retienen en la superficie. Pronto, en la mañana, la temperatura en la superficie sube, el heliotropismo positivo desaparece y no hay mingún motivo más para nadar hacia arriba y entonces se hunden o nadan hacia abajo ...

Hay una segunda manera de hacer positivos a estos animales, la adición de ácido, en especial ácido carbónico. Este medio da buenos resultados con animales dulceacuícolas. Las diferentes formas, p. ej., copépodos o algas como *Volvox*, las cuales son indiferentes a la luz difusa o heliotrópico negativas, pueden hacerse heliotrópico positivas mediante la adición de algo de ácido al agua. También este hecho juega un papel decisivo -como yo pienso- en los movimientos periódicos hacia abajo, de los animales pelágicos. En la mañana se encuentra una disminución de la presión de CO_2 pues bajo

la influencia de la luz, las algas lo transforman en almidón. Esta disminución de CO_2 significa una supresión o disminución del heliotropismo positivo. Los animales se hunden o nadan hacia abajo. Mientras que en la mañana se presenta una asimilación de CO_2 cada vez mayor, al medio día ocurre lo opuesto. El contenido de CO_2 del agua aumenta continuamente y alcanza un nivel en el cual los animales empiezan a ser heliotrópicos positivos. El heliotropismo positivo los obliga a migrar hacia arriba ...

Una tercera circunstancia influye, aún, en el sentido del heliotropismo, la luz misma. La luz muy intensa tiene tendencia a hacer heliotrópico negativos a ciertos animales ... Esta circustancia también provoca que los organismos pelágicos bajen de día y suban de noche.

Además de éstos, concurren otros factores, otras condiciones, en consideración para las migraciones diarias, en especial el geotropismo de los organismos y la fricción interna del agua. [Loeb, J., 1908: 732-734].

Loeb y Groom (VIII.5) atribuían los "movimientos periódicos de los organismos pelágicos a que las circustancias externas producen un cambio periódico en el sentido del heliotropsimo [op. cit.: 732]". Es explícito el entrelazamiento de esta corriente y la noción general de que el medio se impone al organismo (II.15.2). De donde difícilmente se produciría la necesidad de colocar un ritmo de migración vertical o el de los cambios en el signo del heliotropismo, que se suponía subyace a aquel, bajo oscilación libre. Se generó una laguna que, mucho más tarde, fue cubierta con las labores de Pittendrigh y Bruce (Pittendrigh & Bruce, 1957 y Bruce 1972) concernientes a la genética del ritmo circadiano del cambio del signo del fototropismo en *Clamidomonas reinhardi*.

La operación de base levantada por la Escuela de los tropistas en el estadio intra- (II.16.1) del sendero de los ritmos de migración vertical y mareas, consistió en mudar las condiciones bajo las cuales se presentaba un tropismo y evaluar si había inversión en el signo. Con ella, precisamente, no se iba a poder discriminar si dichos ritmos eran o no, circadianos ni se iban a presentar sus propiedades. Aunque sí, se descubrió una serie de propiedades del cambio del signo de los tropismos, pero las explicaciones fueron locales y particulares. El análisis de

dicha operación fue pobre, por no decir que no lo hubo. Ni siquiera está bien descrita:

> Los experimentos fueron realizados en un tubo vertical y se mostró que en dicho tubo los animales heliotrópicos positivos subían a la superficie cuando eran iluminados desde arriba con la luz del cielo. Se comprobó que se trataba de la influencia de la luz y no de la gravedad tapando la parte superior del tubo con tela oscura y los animales subían hasta el punto más alto iluminado del tubo y ahí eran recogidos. [Loeb, 1908: 735].

No se menciona: cuáles y cómo fueron fijadas las otras variables (hora, temperatura, etc.) y la duración de la latencia, respuesta y experimento. Permanecen las interrogantes de si después de un cierto tiempo no se trastocó espontáneamente la orientación del heliotropismo y de si se hizo alguna maniobra para eliminar los gradientes de iluminación. Había lagunas en la inferencia de las consecuencias que de ella podían deducirse. P. ej., no se estimó el nivel de los umbrales, no se hicieron curvas dósis-respuesta, ni se valoró el ritmo de los cambios naturales en las variables que se encontraban implicadas, como lo hiciera tiempo después, en 1911. E. L. Michael (VIII.19).

VIII.11) Henri Piéron (1906 y 1910)

Henri Piéron trató de establecer los factores de la expansión y el retraimiento de los tentáculos de la *Actinia equina*. Esta anémona vive sobre las rocas de la zona de balanceo de las mareas. Se cierra cuando el mar se retira, ya sea en seco o en charcas y se expande a su regreso.

> En resumen, las actinias, se abren por agitación del agua y frotamiento de las corrientes, por oxigenación y por excitación alimenticia; se cierran por deshidratación y desoxigenación, por excitación mecánica, heridas y finalmente, por modificaciones tóxicas de los ambientes químicos u osmóticos; siendo que las que actúan son aquellas que se encuentran en su ambiente (dilución por agua dulce de lluvia, concentración por evaporación solar, etc.).
>
> La apertura, en relación con la marea, se provoca por agitación, frotamiento, signo precursor de reoxigenación o de rehidratación.
>
> El cierre se debe al decremento de la agitación, signo precursor de una desoxigenación o de una

> deshidratación que provocarían directamente el cierre si el sistema nervioso no interviniera previamente con una verdadera anticipación, anticipación no espontánea, sino de reflejo y vinculada a un indicador precursor de cierto tipo: se podría decir que la actinia se cierra, no por estar privada de O_2 o de H_2O sino por no estarlo. Hay aquí un fenómeno capital desde el punto de vista del papel fisiológico del sistema nervioso en la adaptación biológica. [Pierón, 1906: 659-660].

En este trabajo se engarzan el desarrollo de la circadiología y el aparato cognitivo de los reflejos. En lo que es propiamente el sendero de los ritmos de migración vertical y mareas. Habrá que recordar que Bohn y Pierón (VIII.9) vieron "que los fenómenos de anticipación refleja y de ritmicidad interna en el **behavior** de la *Actinia equina* respecto a las mareas ... lejos de oponerse se superponen y se complementan [1906: 661)". Si se considera la época y se toman en cuenta las condiciones epistémicas en que se dió esta observación se puede concluir que se asemeja a la forma en que Philips (I.4) explica uno de los tres modos con los que, teóricamente, se puede llevar a cabo el mantenimiento homeostático: aquel que se presenta cuando "el cambio ambiental se puede predecir y un sistema de tiempo cronometrado puede dar una respuesta interna periódica a la fluctuación conocida [1976: 6]".

También habrá que traer a la memoria que Bohn (1914) se le volteó académicamente a Piéron. Conducta que, como ya fue explicado, se entiende por el cambio de paradigma de aquél y por la carencia de catagorías idóneas para la asimilación de un concepto tan adelantado para la época como el de la anticipación refleja.

VIII.12) A. Damas y E. Koefoed (1907)

A. Damas y E. Koefoed (1907) destacaron que "en un determinado lugar, los organismos están distribuidos en diferentes niveles, en concordancia con el grado de luz para el que ellos son sensibles. Suben y bajan de acuerdo con las variaciones diarias de la intensidad luminosa [Damas & Koefoed, 1907]". Con todo y no hacer referencia a la dirección de la iluminación, esta

explicación, ciertamente, puede quedar comprendida dentro del aparato cognitivo de los tropismos.

VIII.13) Ana Drzewina (1907, 1911 y 1928)

Ana Drzewina tiene, por lo menos, un relato en colaboración con Bohn (Bohn et Drzewina, 1928) y fue mencionada por éste en uno de sus textos de 1912 (Bohn, 1912b). "Esta autora describió un ritmo mareal de la respuesta fototáctica en el cangrejo ermitaño *Clibanarius* [Harker, 1958: 10]".

> Por otro lado, Drzewina (1911) mostró que si se añade al agua de mar una pequeña proporción de cianuro de potasio, compuesto que, como se sabe, disminuye notablemente las oxidaciones, se obtiene, no sólo una desensibilización con respecto a la luz (actinias, *Convoluta* y mysis) sino también a veces una sensibilización más o menos pronunciada respecto a la sombra -copépodos, litorinas y larvas de langosta. [Bohn, 1912b: 3898].

VIII.14) Calvin O. Esterly (1907 1911a, 1911b, 1912, 1917a, 1917b, 1917c y 1919)

"Calvin O. Esterly (1912) investigó la distribución vertical de 19 especies de copépodos en la región de San Diego y en 16 de ellas sus datos presentaron indicaciones definidas de que ocurre una migración vertical [Russell, 1927: 235]". Russel en su reseña de 1927 (p. 235), repitió en una tabla las observaciones hechas por Esterly de *Calanus finmarchicus*, la forma más abundante.

Número de *Calanus* colectados por hora en la superficie:

06-08 hrs	91.0	18-20 hrs	0175
08-10 "	80.0	20-22 "	0973
10-12 "	10.0	22-24 "	1375
12-14 "	10.0	00-02 "	58.0
14-16 "	68.5	02-04 "	97.2
16-18 "	69.2	04-06 "	19.3

"Esta tabla dió pruebas abundantes de los movimientos verticales emprendidos por *Calanus* y presentó que el máximo número tomado de la superficie se obtiene antes de la media noche [ib.]". Por otro lado, en este caso se regresa a ella para hacer más ostensible la forma en que se hacían los registros de las

migraciones verticales, la experiencia que tenía Esterly con ellos y por donde andaban las discusiones.

> Esterly intentó la correlación de la distribución de *Calanus* con los cambios en la salinidad y concluyó: "en total, nosotros no tenemos seguridad para ofrecer, en forma, una conclusión definitiva del efecto de la salinidad sobre la distribución (Esterly, 1912: 294)", al mismo tiempo, reflexiona y duda de que pueda ser encontrada tal correlación, debido a que la salinidad que se presenta en la localidad se sitúa bien dentro de los límites de 35.0% y 33.0% que G. P. Farran (1910) dá para la gama de salinidades dentro de los cuales, normalmente vive *Calanus*.
>
> Además, este investigador expresa: "se exponen los datos concernientes a la distribución y temperatura porque son valiosos; en ellos, no se pueden mirar indicios de que la temperatura tiene importancia sobre la distribución de *Calanus* en la superficie. Ciertamente, existe una temperatura que puede ser considerada como usual en la región de máxima abundancia durante el día, pero no hay pruebas de que *Calanus* busque la profundidad debido a la temperatura. En vista de los movimientos ejecutados por las especies se dificulta imaginar la parte que la temperatura realmente tiene en la vida de estos animales. La masa de la población periódicamente deja la región donde la temperatura es en promedio de 9 grados y se mueve hacia el agua en la que, el promedio de la temperatura es de 17 grados. Esta no varía periódica o constante y suficientemente como para llevarnos a considerar sus cambios como la causa de la migración y es muy posible que haya alguna otra causa. Las variaciones en la intensidad de la luz son tanto constantes como periódicas y es muy de pensarse que éstas sean la causa principal del movimiento de estas especies y asimismo el factor principal para la determinación de su distribución vertical (Esterly, 1912: 292)". [Russell, 1927: 235-236].

Al parecer esto es lo más destacado del trabajo en el agua de Esterly (1912) y que, además, lo condujo al diseño de sus futuros experimentos. Su segundo trabajo presentado en 1917, lo inicia con la afirmación:

> Se sabe que la actividad rítmica puede presentarse en los animales aún cuando los cambios periódicos en las condiciones externas que en primer lugar puedan causar el ritmo, no tengan la posibilidad de afectar mucho y directamente a los organismos. Algunos ejemplos de tal comportamiento han sido dados por S. J. Holmes (1911: 16, 79, 80 y 155-158) y también pueden ser encontrados en el artículo de Menke (1911). [1917b: 393].

En esta aseveración Esterly (1917b) ofrece una definición de actividad rítmica recurriendo a lo que en el presente trabajo se ha designado como operación de base, al ritmo en oscilación libre y por otra, cita trabajos realizados sobre otros fenómenos con actividad de este tipo.

Después comenta que hasta donde el conocía "en animales del plancton estrictamente pelágicos, actividades con esta característica no habían sido observadas bajo condiciones experimentales [ib.]".

Ya, en lo que es propiamente su informe, Esterly (1917b) empieza escribiendo: "Los copépodos marinos *Acartia tonsa* Dana y *A. clausi* Giesbrecht presentan un cambio periódico en su comportamieto bajo condiciones externas uniformes [ib.]". Dentro de las operaciones que realizó este investigador para llegar a esta aserción destaca la coordinación de acciones para ordenar los datos en las tablas que muestra:

> El 'número total de animales observados', consiste en la suma de todos los registros de distribución en todos los experimentos, se hicieron varias tomas de datos en cada uno ... 'Porcentaje de distribución por sección' es la proporción que tiene el número total de animales contado en cada sección, [la columna de agua fue dividida en 5 partes], con respecto al número total observado para todos los experimentos. 'Número de observaciones', significa, el número de veces en que se anotó la distribución. El 'centro de la distribución' es la posición promedio (de entre lo bajo y lo alto) del número total de animales observados. Este se obtiene multiplicando el número total de animales registrados en cada sección del tubo por el número de la sección y dividiendo la suma de los productos entre 'el número total de animales observados'. Los centros están colocados hacia abajo en unidades y decimales, la unidad se considera como el punto medio de la sección que tiene el correspondiente numeral romano. Si se compara un centro con otro, la diferencia entre ellos, si la hay, es la magnitud del cambio de la población total. Por ejemplo, si se comparan los centros en la tercera y cuarta línea de la tabla 2 [que se presenta a continuación]:

HORAS	TAO	Promedio de distribución por sección +				−	total	Número de obser.		PIEO hrs	Cent.	dist.
		V	IV	III	II	I		2/5	2/5			
				16° C ó más								
08:00-12:00	135	22	1.5	0.74	2.2	73	17	12	88	0.85	2.0	
12:01-15:59	141	25	1.4	2.8	2.1	69	24	21	79	1.20	2.1	
16:00-17:59	65	37	1.5	0	1.5	60	13	38	62	1.20	2.5	
18:00-20:00	70	72	0.43	4.3	4.3	18	13	92	8	0.95	4.0	
				por abajo de 16° C								
08:00-12:00	68	69	4.4	0	3	22.5	12	66	34	1.08	3.9	
12:01-15:59	128	78	3.9	2.3	2.3	14	20	90	8	1.00	4.2	
16:00-17:59	53	81	3.8	0	3.8	11.3	9	100	0	1.50	4.6	
18:00-20:00	78	74	5.1	5.1	0.1	14	16	81	19	0.55	4.2	

La diferencia es 1.5 y puesto que el centro cambió de 2.5 a 4.0, significa que la población como un todo cambió una sección y media (15 cm) **hacia arriba**. Este método para calcular la posición promedio fue tomado de A. M. Banta (1910). [op. cit.: 394].

Se deduce que Esterly (1917b): a) no realizó registros de las 20 a las 8 horas; b) agrupó los datos de los registros obtenidos dentro de dos gamas de temperatura (mayores y menores de 16° °C), sin mantener esta condición constante a lo largo de las 48 horas que, en promedio, duraron sus registros. En otra parte de su trabajo afirma: "vemos que la temperatura no tiene efecto sobre la distribución, ya que los experimentos fueron realizados en intervalos que fueron desde julio a diciembre, tiempo durante el cual, en promedio, la reducción de la temperatura del cuarto fue de 8 °C [p. 395]".

En resumen, las 'deficiencias' (entre comillas, porque en esta creoda apenas se iniciaba la construcción de la operación de base y tenía limitaciones impuestas por las características epistémicas de los inicios) más notables son: la carencia de observaciones durante ciclos completos de 24 horas; la poca

duración de los experimentos y la falta de un mejor ajuste de la temperatura. Esterly (1917b) no consideró la opinión de Bohn (VIII.9), a quien debería haber citado a propósito de que "para que una observación sea buena, tiene que ser continua: si se llevó a cabo durante todo el día, tiene que proseguirse durante toda la noche [1903c: 397]". A pesar de estas carencias, los hallazgos y las conclusiones de Esterly (1917b) son muy interesantes y certeras a pesar de que sólo se fijó en la fase diurna de los ciclos.

Esterly (1917b)puso en condiciones experimentales muy semejantes a adultos de *A. tonsa* capturados en distintas profundidades (superficie y 10-20 brazas):

> [Encontró que] en oscuridad, el movimiento ascendente se presentó más uniforme y claramente cuando los animales fueron obtenidos de entre diez y veinte brazas ... De esto, puede declararse que los animales de tales profundidades son **positivamente** geotrópicos en la luz si no se han dejado largo tiempo en el laboratorio antes de ser puestos en experimentación y su reacción positiva es mucho más marcada que la respuesta **negativa** de los animales superficiales. [págs. 396 y 397].

También halló "razonable concluir que el estímulo para los movimientos ascendentes presentados en las tablas 2 y 3 era un factor interno desconocido porque el comportamiento periódico tuvo lugar en ausencia de cambios recurrentes conocidos en el medio [p. 397]". Conclusión con la que se adelantó unos 12 años a Kleinhoonte, Bünning y Stern (VI.30 y VI.29). La hipótesis formulada explícitamente y que fue reforzada con resultados incompletos se salía del esquema de asimilación imperante, estaba fuera del paradigama en el que las reglas indicaban que un cambio en la estimulación causa una modificación en la respuesta (VIII.3, VIII.5, VIII.10 y VIII.12). Sin estimulación el comportamiento se mantuvo. Lo interesante en este caso, es que la compensación por reciprocidad a tal perturbación de la asimilación cognoscitiva (Piaget, 1978b), no se dió por la vía de proponer la existencia de un factor externo desconocido como en el caso de Stoppel (VI.26), sino mediante la proposición de una causa interna desconocida y de otro género. Comenzaban las fluctuaciones que generarían el advenimiento de la época

inter-causal. Subsecuentemente habría un cambio en el observable: el efecto de los ritmos externos sobre la oscilación interna.

Esterly (1917b) a continuación escribe que su "aseveración podía pasar como un asunto que aún requería de más observaciones, al lado de la cuestión de cómo en el lugar anterior pudo haber quedado impreso el ritmo en los organismos [ib.]". Duda que describe más ampliamente en un párrafo posterior: "no es deseable discutir en este momento la cuestión de qué impresiones, de las que previo a la oscuridad constante varían periódicamente, puedan ser las responsables del ritmo bajo condiciones prácticamente uniformes o si, por entero, el ritmo es una respuesta a la acción de estímulos recurrentes previos [p. 398]". Estos dos últimos párrafos traen a la memoria las propuestas hechas un poco antes por Pfeffer (VI.19 y VI.24) y llaman la atención hacia un retroceso para el que se dificulta el encuentro de alguna explicación, a no ser que se pueda argumentar que "todo proceso de asimilación es necesariamente cíclico y autoconservador [de donde viene] la resistencia de un sistema total (de cualquier rango) a sus diferenciaciones, [Piaget, 1978b: 37]" o bien que se debe a la ausencia de una formulación en la cual se describiera un mecanismo para el origen endógeno del ritmo. Además lo de las "condiciones prácticament uniformes" también hace recordar otra aclaración del propio Esterly (1917b: 397) sobre sus procedimientos experimentales "en cada caso, los animales estuvieron en oscuridad constante (excepto cuando se anotaba la distribución)". Es decir que existe la posibilidad de que haya estado sincronizando el ritmo de los copépodos del experimento. Acción que estuvo presente en otros trabajos previos, e igualmente, sin ser reconocida como tal (VI.26 y VII.5.17).

Esterly hace la formulación de la siguiente hipótesis "no está establecido si bajo luz constante, el movimiento ascendente pueda tener lugar, pero está dudoso que esto suceda, debido a que, bajo la luz, los animales tienen una fuerte tendencia a permanecer en el fondo [op. cit.: 398]". Proposición que a pesar de que, por lo menos aparentemente, tenía la posibilidad de

someter a prueba, no lo hace. Parece que prevalecieron la seudonecesidad y la seudoimposibilidad.

Finalmente, Esterly ofrece el siguiente resumen de su trabajo (1917b: 339):

> 1. Los copépodos marinos *Acartia tonsa* y *A. clausi*, bajo luz difusa, presentan una marcada tendencia a permanecer en la parte alta de la columna de agua.
> 2. Cuando cualquiera de los dos se pone en la oscuridad, un gran número se va hacia el fondo.
> 3. Pero de las 18 a las 20 horas y no en otro momento del día, si se compara con las porciones de abajo, hay un marcado incremento del número relativo en la parte superior de la columna. esto se repite el segundo día, aunque los animales hayan estado en oscuridad todo el tiempo.
> 4. Aparentemente, el descenso se inicia entre las 20 y 21 horas [otra hipótesis sin probar]. En cualquier estimación, en los experimentos que se extienden hasta el segundo día, los animales estuvieron en la sección baja la mayor parte del día y ascendieron otra vez al anochecer.
> 5. En el caso de *A. tonsa*, las temperaturas más bajas que 16° °C. tienen el efecto de causar que relativamente más animales permanezcan en lo alto, aunque el ascenso periódico es todavía evidente.

Según Piaget (1978b), "la tercera categoría de los enriquecimientos [del proceso cognoscitivo] debidos a las regulaciones y a las equilibraciones que son su resultado, consiste al mismo tiempo en ampliar las normas de acomodaciones y en favorecer la formación de nuevos subsistemas, con las nuevas conexiones y necesarias relativizaciones que conllevan [págs. 38-39]". Enriquecimiento que, Esterly inició con la construcción de los parámetros para su tabla 2 (1917b) y con sus logros de 1919 que desembocaron en relativizaciones necesarias.

Aparentemente poco faltó para que en su trabajo de 1919, Esterly diera un giro como el de Bohn (VIII.9). Si no hubiera sido porque relativizó y entonces diferenció muy bien, hubiera tenido que aceptar sin más las propuestas de la teoría de los tropismos. De las siete especies que llevó a su laboratorio, *Acartia tonsa*, *A. clausi*, *Calanus finmarchicus*, *Eucalanus elongatus*, *Labidocera trispinosum*, *Metridia lucens* y *Sagitta bipunctata*, los primeros resultados de migraciones diarias que muestra son los que obtuvo con *Acartia*:

> Si sólo se tienen a mano ejemplares de la superficie, los experimentos nos permiten concluir que los animales son más abundantes en la superficie durante el día y menos en la noche. Mientras no haya figuras disponibles de datos de campo, podemos decir que este tipo de comportamiento no es el usual. Ejemplares de *A. tonsa*, de aguas profundas, reaccionan como uno lo esperaría, los animales rehúyen la superficie durante el día: son geotrópico positivos en la luz y fototrópico negativos; pero también son geotrópicos positivos en la oscuridad hasta el atardecer tardío y el amanecer temprano, presentándose una dispersión hacia arriba. Este último hecho, acoplado al comportamiento rítmico de los animales de superficie que se observaron en la oscuridad durante horas, sugieren claramente que el ascenso se manifiesta en ausencia de estímulos externos. Es posible que los animales bajen cuando el estado fisiológico que los hacía permanecer arriba, alcance el nivel de cansancio. De cualquier manera, los experimentos no muestran por qué los animales colectados en la superficie no pueden encontrarse allí durante el día. Los experimentos sugieren además, que durante los meses fríos del año hay más animales en la superficie que durante el verano, es más, en aguas frías hay un incremento en el número de animales en los niveles superiores de la columna de agua. [Esterly, 1919: 22].

En lugar de haber el apego al paradigma del origen endógeno de la ritmicidad o al de los tropismos, hay un leve intento de síntesis y diferenciación de los hechos que le corresponden a cada uno de ellos. Si bien Esterly (1919) marca un cambio en la dirección de los tropismos cuando se da un cambio en las condiciones externas, de la misma manera, narra que "el ascenso se manifiesta en ausencia de estímulos externos". Y presenta muy bien cómo la ritmicidad se puede percibir a pesar de que los animales se encontraban bajo condiciones en las que se esperaría que prevalecieran las respuestas trópicas o que el estímulo directivo estuviera ausente:

> Los animales descienden ante la luz difusa igual que en la oscuridad bajo condiciones controladas de temperatura y salinidad. No ascienden durante el día (de 8 a 16 ó 17 hrs) bajo condiciones experimentales, excepto si son conducidos hacia arriba al aplicar una luz por debajo o ante movimientos continuos o incidentales. Pero yo encontré, que bajo algunas condiciones, se presenta generalmente un movimiento ascendente aun cuando el estímulo directivo esté ausente. [op. cit.: 37].

En esta aportación de 1919 Esterly da cuenta de que "cuando aplicaba la luz para las observaciones, después de la caída de la noche, los animales ya no se movían; el periodo de reposo era suficientemente prolongado como para apreciar claramente la distribución ... Algunos bajaban, otros subían [op. cit.: 38]". Entonces recalca que esto es de "tal manera que la distribución se trastorna cada vez que uno hace una observación [y que] esta complicación inevitable, posiblemente hace que el movimiento de ascenso aparezca de menor amplitud a la real [ib.]". Su señalamiento es de índole práctica, aún no lo podía dirigir hacia la posibilidad de que el ritmo fuera sincronizado ¿o desincronizado?. Al finalizar esta parte de "los ritmos fisiológicos en el geotropismo" refiere que "hay evidencias de un ritmo fisiológico tanto en *Calanus* como *Acartia*. Los animales ascienden en un determinado momento de las 24 horas pero no lo hacen durante el periodo de luz [ib.]".

Esterly (1919) continúa poniendo en conexión sus hechos de los tropismos "con el ritmo fisiológico o metabólico, era allí donde [según él] se podían encontrar mejores bases para la explicación [p. 40]" de las migraciones diarias de *Calanus*. También pensaba que la causa o el meollo del ritmo fisiológico era una cuestión aparte o para estudios posteriores.

Para las especies de los géneros restantes, Esterly (1919) ofrece pruebas de la existencia de cambios en la dirección del geotropismo[146] y el fototropismo[147] "de acuerdo con los cambios en

---

[146] Aunque reconoce que "es difícil explicar las diferencias en distribución de los organismos ante la acción de un agente invariable [1919: 72]", como es "la gravedad, la cual, siempre actúa en la misma dirección y con la misma fuerza [ib.]". Esterly usa "el término geotropismo para designar el movimiento vertical de un organismo o su permanencia en una posición, en un recipiente vertical [ib.]".

[147] "Sin embargo, si un animal, a profundidades medias en el mar, es estimulado por la luz que viene de una dirección dada, es necesario, entonces, hacer una distinción entre fototropismo tal cual y modificaciones de geotropismo relacionadas con cambios en

las condiciones ambientales [p. 72]", sin embargo, para la existencia de un ritmo fisiológico en ellas no, cuando mucho, la da como posibilidad para *Metridia lucens*.

Sus conclusiones generales:

> 1. Debido a diferencias específicas en el comportamiento, no se pueden dar, por el momento, explicaciones generales sobre la migración diaria. Esta sugerencia se deriva de los experimentos que muestran que cada tipo de organismo tiene su propio estilo para el movimiento vertical así como sus propias respuestas en el laboratorio.

Es evidente la correspondencia que hay entre estas conclusiones y las que atañen a los movimientos del sueño en las plantas, hechas por Pfeffer (VI.19 y VI.24).

> 3. Se sugiere que algunos experimentos muestran que el comportamiento se relaciona, de alguna manera, con el hábitat del cual fueron extraídos los animales...
> 4. Los estudios de campo e investigaciones de laboratorio son necesarios ambos y complementarios uno con otro ...
> 5. A la luz de los experimentos (muchos están incompletos), no hay una explicación adecuada de la migración diaria, la cual se basa en respuestas a estímulos externos, excepto en el caso de *Sagitta*. Una información adicional puede hacer posible las explicaciones deseadas para las otras especies. Sin embargo, parece que el cambio en el geotropismo con el cambio en la intensidad luminosa o en la temperatura no es suficientemente generalizable para poder considerarlo de amplio significado.
> 6. El denominado ritmo fisiológico se muestra claramente, bajo ciertas condiciones, en dos especies de *Acartia*.
>
> Hay evidencias similares en *Calanus* pero, bajo condiciones experimentales sólo da cuenta del movimiento vertical un 20% de los animales. Si este factor aparece en otras especies queda por averiguarse; lo más importante es su ocurrencia general en relación con el movimiento diario.

VIII.15) En cuanto a las herramientas (1910-1911, 1922 y 1926)

---

la intensidad luminosa [Esterly, 1919: 72]".

> Algunas de las dudas sobre la realidad del fenómeno de la llamada migración vertical o paseos nocturnos de los animales planctónicos fueron arrojadas por V. Franz (1910-1911), quien sugirió la posibilidad de que durante el día, en las capas superficiales, los organismos pudieran ver la red y por lo tanto evadir su captura. Hasta cierto punto él tenía justicia en sus argumentos, especialmente si se empleaban redes muy pequeñas. H. Robert (1922), trabajando en agua dulce, encontró que entre más rápidamente se sube una red pequeña más crustáceos son capturados y consideró esto como una buena indicación de que los animales pueden evadir las redes que se suben a velocidades bajas. R. Southern y A. C. Gardiner (1926: 144) llegaron a una conclusión semejante, los animales que se mueven rápidamente pueden del mismo modo rechazar su captura, aunque, en sentido estricto, éstos no caen dentro de la categoría de planctónicos.
>
> [Ya para 1927] el uso de redes con entradas de un diámetro suficientemente grande, como para poder prevenir el escape, había permitido encontrar en definitiva que los organismos planctónicos se mueven hacia arriba, desde el fondo, después o alrededor de la puesta del sol, retornando una vez más a las aguas profundas al acercarse la luz del día. [Russel, 1927: 233].

Lo mismo que en los otros senderos del estadio intra- de la Circadiología, en el de la migración vertical y mareas se plantearon interrogantes sobre la existencia del objeto de estudio. Como ya habrá sido percibido la presencia de dichas interrogantes se ha dado a través de poner en tela de juicio la efectividad de los instrumentos intelectuaes (VII.1.8, VII.5.18 y VIII.9), de los órganos de los sentidos (VII.5.9) o de los aparatos empleados (VI.4 y VI.5). De todos modos, esto ha conducido a la abstracción empírica, a la reflexión sobre las maniobras experimentales y de suyo al desenvolvimiento del conocimiento. P. ej., están las operaciones de Bünning y Stern (VI.29). Hecho epistémico que constata una vez más la base del plano epistémico que se está llevando a prueba: el conocimiento resulta de la reflexión sobre la acción.

Estas cuestiones sobre la calidad de la herrramientas fueron planteadas dentro de la etapa intra-. En ésta, las perturbaciones despertadas por la presencia del nuevo objeto de transformación pueden desprender una conducta de tipo α, en la cual su anulación

se hace eliminándolas (II.8.1). Entonces, si se daba con alguna falla en el instrumento que promovió la elaboración de dicho objeto, éste podía ser despreciado. Además, como "lo propio de este periodo es el descubrimiento de una acción operatoria cualquiera y la búsqueda del análisis de sus diversas propiedades internas o de sus consecuencias inmediatas [Piaget, y García, 1982: 163]", las dudas en torno a ella o las otras herramientas usadas, trajeron como consecuencia mejoras en la formación de los esquemas de asimilación. Esto en lo que atañe al carácter interno de la historia sociogenética del conocimiento concerniente a los ritmos circadianos. En lo correspondiente a los rasgos externos hay algo más.

El énfasis hacia los instrumentos materiales utilizados en las acciones congnositivas puede estar reflejando un acuerdo tácito con el mito del origen sensorial del conocimiento (Piaget, 1971). Si éste proviene de lo que se capta por los sentidos, es necesario cuidar de que el aparato que se interpone entre éstos y el objeto de conocimiento sea de buena calidad. Aún y cuando hay que subrayar que ésto es válido para cuando se acentúa la importancia de la herramienta material, ya que el cuidado mencionado no es, ni debe ser, privativo de las concepciones empiristas.

Una vez más, en la etapa intra-operatoria de la Circadiología se puede percibir la confluencia de la conducta α, la noción general de que el medio se impone al organismo y el modelo epistémico de que el objeto se impone tal cual al sujeto.

VIII.16) Wolfgang F. Ewald (1910 y 1912)

En 1912, Wolfgang F. Ewald concluyó que "a partir de la información obtenida con [sus] experimentos sobre el comportamiento de las larvas libres de *Balanus* bajo condiciones normales, [podía] suponer que reaccionan muy similarmente a otras formas planctónicas con las que ya [había] realizado investigaciones [p. 609]":

> Después de eclosionar, las larvas nadan hacia la superficie, el fuerte incremento de la luz, por inhibición de la locomoción provoca que pronto se hundan

otra vez. Entonces, sus movimientos van a estar constituidos de una continua alternancia de hundimientos y ascensos ('locomoción periódica' -Ewald, 1910), causados por la sucesiva inhibición y estimulación sin siquiera necesitar que tenga lugar la reacción negativa. Esta reacción, posiblemente constituye un producto artificial del laboratorio. La 'locomoción periódica', como se describe en el trabajo al que se hizo referencia antes, causa que los animales se mantengan por sí mismos en un área de iluminación uniforme a través del día, encaminados gradualmente hacia arriba en la caída de la tarde y hacia abajo durante la alborada. En la tarde, con el decremento de la iluminación, podrá lentamente cambiar la posición donde tiene lugar la inhibición que vence a la prolongada locomoción hacia arriba. Así, es innecesario asumir que los animales constantemente cambian entre reacciones positivas y negativas, tal como fue propuesto por Loeb [VIII.5 y VIII.10]. La eminente utilidad de este mecanismo se presenta en los experimentos en los que se demuestra el efecto deletéreo que tienen los rayos de luz de onda corta sobre los nauplios. [Ewald, 1912: 609].

Los incrementos en la temperatura hacen negativos a los animales positivos y a los negativos más negativos. El decremento de la temperatura hace positivos a los animales negativos y más positivos a los positivos ... La magnitud necesaria del cambio en la temperatura para invertir la reacción a la luz, depende de la edad y estado de las larvas -op. cit. [Esto referido a las larvas de *Balanus*].

[Cuando Ewald -1912] agregó solución isotónica de NaCl, los animales negativos se tornaron positivos y los positivos más positivos. La solución isotónica de KCl produjo el mismo resultado pero fue menos efectiva. La adición de una solución isotónica de $CaCl_2$ hizo que las larvas perdieran su poder de reaccionar a la luz, provocando con esto, que nadaran al acaso, sin una reacción positiva o negativa. "La solución de cloruro o sulfato de magnesio actuó como un antagonista del sodio". "Para una producción normal de la reacción a la luz fue necesario tener una proporción correcta de sodio por un lado y de magnesio por el otro". "La pérdida de oxígeno inducida por el vaciamiento del agua de mar incrementó fuertemente la reacción positiva". Todas estas observaciones se refieren a las larvas de *Balanus*. [Russell, 1927: 250].

Parece haber una contradicción metodológica en el trabajo de Ewald (1912) ya que por una parte argumenta que los "movimientos van a estar constituidos de una continua alternancia de hundimientos y ascensos (...), causados por la sucesiva inhibición y estimulación sin siquiera necesitar que tenga lugar

la reacción negativa" y por otra, hace experimentos y obtiene datos que indican el arribo de los organismos a dicha reacción. Sin embargo, lo más relevante es el hecho de que se puede uno dar cuenta de la función paradigmática de la teoría que, el mismo Ewald (1910), menciona como Teoría de los tropismos y en contra de la cual se coloca aparentemente. Es posible que esto haya sido debido a la ausencia de una connotación satisfactoria del concepto de 'locomoción periódica' que aplica, en primer párrafo citado, para referirse a la causa de "que los animales se mantengan por sí mismos en un área de iluminación uniforme a través del día, encaminados gradualmente hacia arriba en la caída de la tarde y hacia abajo durante la alborada [Ewald, 1912: 609]".

VIII.17) M. Rose (1910a, 1910b, 1912, 1913, 1921, 1923, 1924 y 1925)

Las aportaciones de M. Rose dadas al público en 1925, se encuentran en el tomo 64 de los **Archives de Zoologie éxpérimentale et générale.** Suman un total de 156 páginas dedicadas a "los problemas de las migraciones verticales diarias [p. 387]". Su revisión bibliográfica es muy amplia. Nombra 109 relatos. Según el idioma, éstos se distribuyen de la siguiente forma: 51 en alemán, 39 en inglés, 17 en francés y 2 en italiano. Considerando que este sendero se inició apenas por 1817, este, relativamente, gran número de informes que se puede ver en un artículo publicado un poco menos de un siglo después, da cuenta del gran interés despertado por los tópicos tratados en él. Por otra parte se puede constatar el predominio que, en esta senda de la Circadiología, aun tenían las narraciones alemanas.

En esta monografía, su autor relata:

> Estos experimentos confirman y complementan de alguna manera aquello que nosotros hemos encontrado acerca de la influencia de la intensidad luminosa sobre el signo de la reacción fototrópica. Por debajo de un límite inferior de intensidad, los animales son positivos, por arriba de un límite superior son negativos y entre estas dos intensidades son indiferentes. Así, se puede mirar que su reacción a la

luz tiende a regresarlos a esta zona de indiferencia. [Rose, 1925: 464].

[Rose -1925: 465] encontró que en *Acartia clausi*, una forma fototrópica fuertemente positiva: el fototropismo positivo sólo desaparece hasta los 28 °C.

Centropages hamatus es positivo hasta temperaturas que alcanzan 25 °C; por encima de ésta, se hace más y más indiferente e igualmente negativo.

Temora longicornis, *Parapontella brevicornis* e *Isias clavipes* rápidamente se vuelven negativos a 22 °C.

Rose estudió el efecto de muchas substancias sobre diferentes animales planctónicos. Brevemente, sus resultados con copépodos fueron:

Una dilución idónea de agua de mar invierte el fototropismo, de positivo a negativo. Las formas fuertemente positivas como *Acartia clausi* fueron más fácilmente trastocadas pero *Centropages hamatus* que es un poco menos fuertemente positivo, fue más resistente.

El incremento en la concentración refuerza el fototropismo positivo. Pero los copépodos negativos pierden su sensibilidad y mueren muy rápidamente en el agua evaporada con cuatro a cinco veces su volumen original.

Los ácidos tales como el acético, clorhídrico, sulfúrico y carbónico no presentan sobre el fototropismo una acción muy obvia. En comparación con los animales de agua dulce como *Daphnia*, la aparente indiferencia de los copépodos marinos al CO_2 fue sorprendente y contraria al efecto generalizado que Loeb propone y emplea en su Teoría de la migración vertical. "Sin tener, sin embargo, una acción intensa, los álcalis parecen ser un poco más eficaces que los ácidos (Rose, 1925: 244)" éstos tienden a invertir las formas positivas. Acerca del efecto del cambio en la concentración de iones hdrógeno, Rose (1925: 472) expresó que "las variaciones débiles del pH del agua en la cual ellos viven, tienen sobre su fototropismo, únicamente una acción muy débil, prácticamente despreciable. Las fluctuaciones naturales en el pH, constantes y de pequeña importancia en las condiciones ordinarias, no deben tener efecto sobre sus reacciones fotoperiódicas. Pero, con fuertes variaciones artificiales se puede mirar una pronunciada influencia. La máxima sensibilidad a la luz parece variar muy claramente en las cercanías de la neutralidad.

De la acción de las sales, Rose escribe: "de manera general, las sales probadas no tuvieron una acción clara sobre las reacciones fototrópicas de nuestros copépodos. Hemos experimentado con una gran cantidad de sulfatos, nitratos alcalinos, cloruros, etc., sin resultados claros y constantes. Solamente quizás, los efectos del potasio y el sodio sean dignos de mención. En efecto, éstos parece que tienen una acción antagonista, el primero muy tóxico, vuelve

insensibles a las formas positivas, el segundo las hace sensibles ... En agua despojada de su calcio por el oxalato, las formas positivas en primer lugar y de manera evidente, se tornan insensibles. Entonces los crustáceos presentan intensos movimientos convulsivos, dan vueltas y mueren muy rápidamente (Rose, 1925: 474-475)".

Rose (1925), también realizó experimentos con agentes oxidantes, reductores, azúcares, alcohol, ácido pícrico, anestésicos y alcaloides. [Russell, 1927: 247, 249-250, 250 y 250-251].

El resumen general y las conclusiones que proporciona Rose en su aportación de 1925 son:

La migración vertical diaria se debe a la influencia de los siguientes factores externos:

1. La **luz** provoca el movimiento, lo dirige y en parte, regula directamente al nivel de la flotación.

2. La **temperatura** actúa modificando más o menos la acción de la energía luminosa y puede invertir el signo del fototropismo. A temperaturas superiores a los 20 °C, provoca el hundimiento del plancton y su efecto se puede volver dominante.

3. Los **factores accesorios** en condiciones medias, son el grado de salinidad, la composición química, los gases disueltos. En ciertas circunstancias muy excepcionales, pueden tomar una importancia capital.

Los mecanismos puestos en juego por los seres pelágicos son los tropismos, sobre todo el **fototropismo**, las **sensibilidades diferenciales** y las reacciones de adaptación a intensidades óptimas de excitación, del grupo de las patías.

En cuanto a las causas de origen interno, en particular los **ritmos fisiológicos**, su existencia es posible, pero, hay que esperar el resultado de investigaciones por venir para darse cuenta de su papel exacto. [p. 536-537].

Obviamente, Rose era un tropista.

VIII.18) Heinrich Menke (1911)

Una característica interesante del informe de Heinrich Menke (1911) es que en él su autor colocó juntos por primera vez ritmos de distintas creodas.

Unos que se manifiestan en organismos del reino animal:

La periodicidad se descubrió primero en los movimientos de la corona de tentáculos de las actinias, que se abren y se cierran con el cambio de luz. También corresponden aquí los cambios diarios de muchas orugas que de día descansan en sus nidos y de noche buscan el

lugar de su alimento ... Muchos organismos planctónicos realizan migraciones verticales diarias, periódicas, al amanecer se hunden y al anochecer suben ... Los movimientos periódicos de los cromatóforos, cuya relación con la luz ya ha sido aclarada. [Págs. 38, 79 y 80].

Llama la atención que Menke (1911) haya escrito que "la periodicidad se descubrió primero en los movimientos de los tentáculos de las actinias [p. 38]", ya que dicho hallazgo fue posterior al de los movimientos de migración vertical en los *Convoluta* (VIII.9). Es importante que haya asociado los estudios sobre los ritmos de migración vertical y mareas en organismos acuáticos, los de la migración de pigmentos en los animales y los del sueño en las plantas. Además con una nota epistemológica:

> En botánica, la literatura sobre movimientos periódicos ha alcanzado una considerable extensión; los aquí tomados en consideración son bastante conocidos. Primeramente, en los últimos años, son representativos los trabajos clásicos de Pfeffer [VI.24] sobre los movimientos del sueño en las plantas, una contribución importante a la cuestión. La periodicidad en el reino animal está tan extendida como entre las plantas. Pero sobre los movimientos periódicos en éstos no se conoce casi nada. Esto demuestra que el análisis de los movimientos en los animales tiene graves dificultades, mientras que en las plantas es más fácil. Este fenómeno debe estar condicionado por algún motivo psicológico. Como las plantas en general muestran poco movimiento, un movimiento único atrae más la atención del investigador. [p. 37].

A estas consideraciones habría que añadir las dificultades que se tenían para la investigación de los ritmos diarios en los animales: para el registro de los cambios de la variable en oscilación; para el mantenimiento de los animales en condiciones ambientales constantes; pero sobre todo, para vencer el obstáculo epistemológico de la teoría del cambio de signo del fototropismo. Si se parte de que se estaba en la etapa intra- (II.16.1) de la Circadiología, se puede entender con facilidad el porque de tantas trabas. Habrá entonces que pasar a relatar como Menke (1911) superó las dificultades impuestas por el obstáculo espistemológico imperante.

Se preguntó "a través de que factores se ... realizan las migraciones periódicas, diarias ... si tienen que ver con

movimientos autónomos o si son un movimiento sencillo como respuesta al cambio de luz [Menke, 1911: 79-80]".

Después de revisar los trabajos de Groom y Loeb (1890), Pfeffer (1904) y Ostwald (¿1902?), Menke (1911) concluyó "que la primera causa de las migraciones verticales de muchos organismos planctónicos radica en cambios del metabolismo y que secundariamente, con este proceso químico está ligado un cambio en el heliotropismo [p. 80]". Desplazó el origen causal de la periodicidad de las migraciones verticales del cambio en la dirección en heliotropismo a los cambios en el metabolismo.

> Con eso [llegó] a la opinión que las migraciones periódicas de muchos organismos y los movimientos periódicos de los cromatóforos son iguales en esencia y que reposan sobre la periodicidad del metabolismo. [Para él] ya que, ambos fenómenos eran en esencia iguales, entonces, deberían existir determinadas relaciones entre los movimientos heliotrópicos y los movimientos de los cromatóforos. Este era el caso en los hechos. Las mismas causas, como luz, temperatura y ácidos, que influyen sobre el movimiento de los cromatóforos, actúan también en el heliotropismo. [1911: 80].

Así fue como Menke (1911) puso en relación los ritmos de migración vertical en organismos acuáticos y los de la migración de los pigmentos en los animales. Propuso un origen común para ambos. Pronto se aprestó para llevar a prueba su hipótesis.

> Para llegar a probar que en las migraciones verticales subyacen movimientos autónomos, es fácil comprender y analizar las migraciones en la misma forma que los movimientos periódicos de los cromatóforos [X.1]; los animales pueden estar expuestos a condiciones constantes de luz o puede buscarse imprimirles otro ritmo de movimiento. Probé esos métodos con el misidáceo *Hemimysis lamornae* [Crustacea: Mysidacea]. El que aparece en enormes manchas en la costa occidental de Suecia. Estos animales muestran migraciones muy claras y se mantienen muy bien en acuarios. Sin embargo, mi experimento no tuvo resultados, pues, la amplitud de los movimientos en el limitado espacio del laboratorio es muy pequeña. [Págs. 81-82].

Se puede apreciar cómo Menke (1911) diseñó e intentó montar la operación de base, ya que trató de llevar a condiciones de oscilación libre o bajo sincronización el ritmo de migración vertical de un animal acuático. También se puede mirar cómo la

traba estuvo en la imposibilidad, en aquel tiempo, de una buena detección de los cambios de la variable.

Ante la imposibilidad de probar sus hipótesis en el laboratorio, Menke (1911) recurrió a "un experimento sobre migraciones verticales bajo condiciones de luz constante que le ofrecía la naturaleza a gran escala [ib.]". Se acogió al favor de "la observación que Walter (1893) hizo en Hinlopen Strait [ib.]" de la periodicidad de la migración vertical de las medusas que ahí habitaban [VIII.6] y de la confirmación que de ella realizó Römer (1904) "mediante observaciones sobre ctenóforos durante el viaje Helgoland [Menke, 1911: 82]".

Cabe traer a la memoria: a) que la hipótesis que intentaba apuntalar Menke (1911) con las observaciones de Walter (1893) y Römer (1904), era la de "que la primera causa de las migraciones verticales de muchos organismos planctónicos radica en cambios del metabolismo y que secundariamente, con este proceso químico está ligado un cambio en el heliotropismo [Menke, 1911: 80]" y b) que el dictamen dado por Loeb (1893b) en cuanto a que las medusas prosiguieran "su migración a y de la superficie con la misma periodicidad como si estuvieran en su primera casa, [fue] que se debía a cambios periódicos de la cantidad de agua contenida en el animal. Estos cambios serían debidos a procesos metabólicos, los cuales, sin embargo, estarían influidos en sus periodos por cambios del día y la noche [p. 68]".

Está claro que la observación de un mismo fenómeno dio lugar a dos hechos distintos. Hechos que favorecían o eran favorecidos por dos hipótesis encontradas. Es ésta, la sexta ocasión en que este hecho epistémico se está presentando en este trabajo (VI.10, VI.24, VI.26, VI.29 y VIII.9). Unas líneas en torno a las nociones más generales (II.15.2) que han estado atrás de las hipótesis formuladas. En los cinco casos, la primera noción más general que subyace a la hipótesis, que se puede considerar como la tesis, es que el medio se impone al organismo y la antítesis es que el organismo impone al medio sus propias estructuras. En este caso, obviamente, a través de postular la autonomía de la ritmicidad circadiana se sustituye el papel del medio como causa.

Se puede uno percatar de que esta segunda noción apareció después de los primeros análisis de la operación de base en construcción y un poco antes del establecimiento del paradigma que le asigna un origen endógeno a los ritmos circadianos. La sítesis dialéctica se dio casi al tiro y con ella se gestó el pasaje a la división inter- de la Circadiología. Esta fue la propuesta de que los cambios del medio actúan como reguladores de la ritmicidad circadiana; la tercera noción más general en coincidencia con Piaget (II.15.2), "tal que las dos clases de factores presentan una importancia igual y permanecen sin poder disociarse [1969: 91]".

Por otra parte, Menke (1911) agregó:

> Estos hechos hacen muy posible que diferentes medusas y ctenóforos mantengan movimientos autónomos y que dichos movimientos ocurran paralelamente a los cambios de luz diarios; entonces, en las migraciones verticales el cambio de luz jugaría el papel de un regulador. Lo que subyace a estos movimientos es quizá, en todos los animales, una periodicidad específica del metabolismo. Quizá el mecanismo interno sea así: los animales marinos tienen en su tejido un fluido que ejerce una presión osmótica cercana a las 28 atm (según Bottazzi, Höber). La misma presión osmótica que tiene el mar en el cual viven los animales. Como la aceleración del metabolismo de noche necesita un cambio de la presión osmótica del fluido interno, entonces, la presión osmótica del fluido corporal será en la noche distinta de la del día. Para equilibrar las presiones osmóticas interna y externa, los animales cambian de estrato (profundidad), con una presión osmótica correspondiente. [p. 82].

Además de insistir en su propuesta de autonomía de los movimientos, que ubicaba la causa de las migraciones verticales en una "periodicidad específica del metabolismo", Menke (1911), le asigna a los cambios de luz diarios la función de regulación de ésta y propone una hipótesis acerca del mecanismo interno por medio del cual se llevaría a cabo la función autónoma.

Lo anterior y esto último permiten entender un poco que las perturbaciones provocadas por las proposiciones de Menke (1911) no se amortiguaron como las anteriores. Con todo y que: a) el supuesto mecanismo más bien era una proposición en términos de una respuesta conductual del organismo y no del funcionamiento y

b) por lo mismo y porque no fue puesta a prueba, la hipótesis dejó sus dos que tres lagunas.

Hasta donde se tiene entendido. No se probó si en realidad existía un cambio periódico en la presión osmótica interna bajo oscilación libre y un gradiente en dicha presión externa que hiciera posible contrarrestar aquél mediante el traslado de un lugar a otro. Aún y cuando, con el afán de puntualizar más el viso de equifinalidad que se puede notar en los cauces del primer estadio de la Circadiología, habrá que racalcar que, de la misma forma que lo hicieron Dutrochet (VI.14) y Bert (VI.18) en el trayecto del sueño en las plantas, Menke (1911) involucra a la 'presión osmótica' en la 'periodicidad específica del metabolismo'. Hecho que reafirma la existencia de una índole epigenética en la constitución del conocimiento interesado en los ritmos circadianos.

Algunos de los resultados más manifiestos que arrojan un par de comparaciones superficiales son los siguientes. De la primera: en la obra de Loeb (VIII.5 y VIII.10) se propone un origen exógeno de la ritmicidad diaria de las migraciones verticales de los organismos acuáticos y funcionó como obstáculo epistemológico, mientras que en la construcción de Menke (1911) se dan razones en pro de un origen endógeno y actuó como factor de crecimiento. Las dos incluyen hipótesis sobre un mecanismo a través del cual se realizarían las migraciones verticales diarias, aun cuando dejan lagunas. Dicha inclusión pone en evidencia la presencia de una conducta cognitiva de tipo β.

VIII.19) E. L. Michael (1911)

E. L. Michael (1911) contribuyó con una gran cantidad de conocimiento acerca de los movimientos verticales de ciertos quetognatos provenientes de colectas hechas a diferentes profundidades en la región de San Diego, Cal. Aunque los métodos de investigación, tal como lo admite el mismo Michael (1911), no se puede decir que hayan sido los ideales porque se emplearon redes con diferentes capacidades de captura y el cómputo de todas las colectas, que abarcaban un periodo largo para los diferentes momentos del día fueron amontonados juntos, como si las condiciones no hubieran sido tomadas en cuenta, parece que los resultados producen indicaciones

muy definitivas. Michael entregó observaciones sobre diversas especies, pero [Russel], únicamente pudo resumir sus resultados para *Sagitta bipunctata*, que era la especie para la que tenía más datos. Rápidamente, sus descubrimientos se pueden tabular de la siguiente forma:

04-06 hrs	son más abundantes	a las	07-12	brazas	(12.8-22.0 m)
08-10 hrs	son más abundantes	a las	15-20	brazas	(27.4-36.5 m)
10-12 hrs	son más abundantes	a las	40-75	brazas	(73.0-137 m)
12-14 hrs	son más abundantes	a las	25-35	brazas	(45.7-64.0 m)
18-20 hrs	son más abundantes	a las	04-06	brazas	(07.3-10.9 m)

Así, nosotros podemos mirar que hay un descenso gradual desde la superficie cercana durante la madrugada, alcanzando un máximo de profundidad el mediodía y entonces se inicia un ascenso también por grados, hasta que arriban a la superficie, cerca de las 20 hs. En esto vemos una ligera indicación de que *Sagitta* abandona la superficie durante la noche y retorna una vez más antes del alba.

Michael también hizo comparaciones cuidadosas de la presencia de *Sagitta* en la superficie con la salinidad y temperatura de ésta. Encontró completamente, una marcada correlación en la frecuencia de la ocurrencia en la superficie y la variación de la temperatura: los animales permanece en aquélla, en grandes cantidades, cuando la temperatura del agua está entre los 15 y 17 °C y están en menor cantidad a altas temperaturas[148].

Al mismo tiempo, Michael encontró una ligera correlación con los cambios de salinidad, *Sagitta* se encuentra en la superficie más marcadamente cuando la salinidad cae a 33.605 o/oo y 33.648 o/oo. [Russel, 1927: 234].

"No obstante que no se emplearon métodos de colecta más exactos, [Michael consideró] que de los datos se podían extraer las siguientes conclusiones [1911: 114]":

1. La región de las 15-20 brazas es el centro desde donde las especies migran, en otras palabras, esta es la profundidad en la que se encuentra un gran número de condiciones favorables y óptimas para estas especies.

---

[148] "P. ej., la frecuencia de ocurrencia en la superficie entre las 10 y 14 hs fue:

15.9° - 17.5° ... 83
17.6° - 19.5° ... 67
19.6° - 21.5° ... 33

[Russel, 1927: 234]".

2. Los organismos migran a la superficie durante la puesta y a la salida del sol, debido a que las condiciones en la intensidad de la luz en esos momentos es similar a la que se encuentra entre las 15-20 brazas durante gran parte de la mañana y al atardecer.

3. Otra cosa parecida. Permanecen en la superficie en gran número cuando la temperatura del agua está entre 15.9 y 17.5 °C, porque es aproximadamente la temperatura que se puede encontrar entre las 15 y 20 brazas.

4. Permanecen en la superficie en gran número cuando la salinidad del agua está entre 33.605 o/oo y 33.648 o/oo, porque es aproximadamente la salinidad normal en las 15 y 20 brazas. Esto, hasta el momento, está meramente sugerido por nuestros datos y todavía tendrá que probarse.

5. Los animales abandonan la superficie durante la noche porque el incentivo luminoso que causa su migración hacia arriba está ausente y presumiblemente, ellos retornan a la región de las 15-20 brazas, en donde ocurren una temperatura y otras condiciones óptimas.

6. Posiblemente, la luz tiene un efecto más fuerte sobre la distribución vertical que la temperatura o la salinidad, debido a que sus variaciones son más regulares y periódicas.

7. No todos los individuos reaccionan hacia la luz, la temperatura o la salinidad de la misma forma. Mientras la mayoría migra hacia la superficie durante las horas del crepúsculo y hacia las aguas profundas durante la luz u oscuridad intensas, unos pocos permanecen en las aguas profundas durante el atardecer y en la superficie durante la luz u oscuridad intensas. Diferencias individuales similares se encuentran con respecto a la temperatura y salinidad. Esto significa que aquellas condiciones favorables y óptimas a las especies como un todo, no lo son a cada individuo; o en otras palabras, la organización característica, constitución o estado fisiológico de cada individuo modifican el efecto de la luz, la temperatura y la salinidad sobre su comportamiento. [Michael, 1911: 144].

Como se podrá traer a la memoria, la salinidad y la temperatura eran algunas de las variables bajo condiciones naturales que estaban implicadas en la inferencia de consecuencias que había deducido Loeb (VIII.10) de la operación de base por él compuesta y que, al no poseer datos de ellas, quedaron como lagunas. Además, se puede percibir que Michael (1911) propone sus hipótesis sobre el valor adaptativo de las migraciones verticales de los organismos acuáticos y sobre la operación de las condiciones óptimas de la iluminación, como señales de "la profundidad en que se encuentra a un gran número

de condiciones favorables y óptimas para estas especies [p. 113]". La primera va de acuerdo con la teoría de las comunidades animales diurnas y nocturnas de Elton (VII.3.7). De la segunda hipótesis es notable cómo su autor le asigna a la iluminación la función de apuntadora: "debido a que sus variaciones son más regulares y periódicas [ib.]". Finalmente, resulta muy llamativo como Michael (1911) se percató de las diferencias individuales en los umbrales. En el VII.10, ya se había indicado que en las operaciones de Loeb faltaba la estimación del nivel de ellos. De otra forma, este investigador bien podía haber obtenido puntos de referencia, favorables o desfavorables, para sus proposiciones en las maniobras de Michael (1911). Aunque como su propio paradigma era demasiado atractivo, le obstaculizó la percepción de otros terrenos.

VIII.20) A. R. Moore (1912)

> A. R. Moore [1912: 574] mostró que el vidrio filtra rayos ultravioleta con longitudes menores de 334 UAI y que los rayos obtenidos de esta manera son específicos para causar fototropismo negativo en *Daphnia pulex*. Este fototropismo negativo provocado experimentalmente, se invirtió cuando se agregaron pequeñas cantidades de CO_2 o de HCl al agua donde estaban los animales. [Russell, 1927: 251].

VIII.21) J. Murray y J. Hjort (1912)

> [J. Murray y J. Hjort -1912] dan mucha información general, así como también produjeron más informes de los grupos especiales colectados por otras expediciones, pero más allá de encontrar que las migraciones verticales ocurren en ciertas especies, no puede decirse que ellos proporcionen pruebas suficientemente detalladas como para arrojar luz sobre las causas de las migraciones. [Russell, 1927: 234].

VIII.22) D. Eyden (1923)

> D. Eyden [1923] experimentando con la entomostraca [Diplostraca] de agua dulce *Daphnia*, encontró una posible importancia de la gravedad específica en su comportamiento diario. Trabajando con animales narcotizados halló que la gravedad específica puede ser interpretada como la tasa de caída a través del agua y

que debido a su alimentación aquéllas pueden presentar un cambio periódico en ésta. [Russell, 1927: 246].

VIII.23) H. M. Fox (1925)

H. M. Fox [1925] descubrió que la "adición de ácido al agua, causa movimientos ascendentes y la de álcali, hacia abajo" en las larvas de equinoideos: el burbujeo continuo de CO_2 causa subsecuentemente una migración ascendente. [Russell, 1927: 251].

VIII.24) C. F. Hickling (1925)

C. F. Hickling [1925] mostró de una manera notable que ciertos eufausiáceos, como por ejemplo *Meganyctiphanes norvegica*, dejan el fondo en la noche y que su desaparición y reaparición a través de las 24 horas concuerda bien con las variaciones en la intensidad luminosa. [Russell, 1927: 236-237].

VIII.25) F. S. Russell (1925 y 1927)

F. S. Russell (1925) llevó a cabo observaciones en aguas someras. La información que obtuvo registra el comportamiento de 50 especies diferentes de animales durante una noche de julio en el canal inglés de Plymouth. Esta indica que en muchas formas hay un movimiento definido hacia la superficie, algunas parece que migran derecho a ella, con una marcada disminución de su múmero en las capas profundas, otras meramente rellenan estratos superficiales, se ve que su distribución es más o menos uniforme desde la superficie hasta el fondo y finalmente, las que normalmente viven sobre o muy cerca del fondo durante el día, se levantan alrededor de 20 m por encima del piso marino.

[Russell] estimó como muy posible, que estos tipos de distribución presentados por las distintas especies se deben a una combinación de la rapidez de los movimientos ascendentes de que son capaces y el momento de su disposición para tal desplazamiento hacia arriba (...). Durante la noche en cuestión hubo luna llena y una observación llevada a cabo en una noche oscura del año siguiente (...) indicó que muchas especies se movieron más en el agua cuando había luna llena: las observaciones, fueron sin embargo, obviamente, muy pocas como para concluir si la luna podía tener alguna influencia. En la noche de luna, [Russell] notó claramente que muchas formas parecían tener poco o ningún movimiento ascendente. [Russell, 1927: 236].

> Sus resultados le ofrecieron a [Russell -1927] fuertes indicios en favor [de la teoría de Michael]. Un examen de muchos de los diagramas de distribución obtenidos, presentó que hay un movimiento hacia la superficie conforme cae la iluminación, pero que en la noche cuando la mínima intensidad decae a lo lejos y se quita el estímulo direccional de la luz, los animales se vuelven libres, se van a donde ellos pueden y se distribuyen uniformemente desde el fondo hasta el tope. Con el incremento de luz al siguiente día, aquellas masas cercanas a la superficie se ponen alrededor de la óptima intensidad tan pronto como está arriba y se van tras ella hacia el fondo, siempre incrementando su número de reclutas procedentes de las capas profundas. Los que gradualmente vienen a la esfera de influencia de la luz o han sido impedidos para alcanzar el óptimo por contar con movimientos lentos. Acá mostraré diagramas de distribución que ilustran este comportamiento [fig. 8]. Es posible que debido a la rápida caída de la luz al anochecer, estas especies nunca tengan tiempo para alcanzar la superficie en masse, porque el estímulo que hace que vayan hacia la superficie es removido cuando se encuentran casi a la mitad del camino y entonces, asumen una distribución uniforme para todas las capas de agua. La combinación de esta rápida caída de la luz durante la puesta del sol y las diferentes velocidades con las cuales las distintas especies pueden nadar hacia arriba, podrían posiblemente dar cuenta del hecho de que algunos animales parecen presentar una acumulación de su población total en la superficie, mientras otros únicamente alcanzan una cierta distancia y entonces, vienen a terminar en una distribución uniforme. Así, [Russell] podía esperar una gran concentración sobre la superficie en un anochecer que sigue de una tarde sombría, debido a la poca intensidad luminosa más animales podrían estar en las aguas altas. [págs. 237-238].

Como se habrá podido fijar el lector, en las indagaciones de Russell (1927), una vez más está presente la falta de la diferenciación de un observable que se puede situar en los confines del los ritmos circadianos. Se explica más la forma de la distribución de las especies en la columna de agua, que su periodicidad.

> Michael, como ya se anotó anteriormente, sugirió que a la media noche los animales (*Sagitta*) retornan a las capas profundas y se congregan alrededor de una salinidad y temperatura óptimas. Basa esta sugerencia en el hecho de que se encontraron menos *Sagitta* en la superficie cuando la temperatura estaba alta, que cuando ésta era baja, por lo tanto, las temperaturas frías son

más favorables y el animal puede encontrar estas condiciones en las capas profundas.

Al escribir, [Russell veía] que esto puede ser explicado más simplemente por el hecho de que debido a que se aceleran las reacciones fotoquímicas, se aumenta la sensibilidad a la luz al incrementarse la temperatura. Michael (1911), en todo caso, también tuvo indicios de que hay pocos animales sobre la superficie en las noches cuando las capas de agua están calientes, la luz estaría entonces ausente. Lo que puede ser explicado con la sugerencia de que debido al incremento de sensibilidad conforme pasan a través de las capas calientes, fueron ligeramente retardados en su migración hacia arriba y pocos pudieron alcanzar la superficie antes de que el estímulo luminoso fuera removido.

De verdad, esta sugerencia podía ser aplicada bajo condiciones ideales, puede haber otros factores tales como la presencia de alimento, que puede acelerar o retardar los movimientos de los individuos. En la naturaleza, además, una comunidad de una especie, generalmente es heterogénea, está compuesta de individuos de diferentes edades, cuyas reacciones no son completamente las mismas. [p. 238].

[Para Russell], el principal factor que controla la distribución tendría que ser la intensidad de la luz, sabía que ésta varía considerablemente de lugar a lugar y estación a estación; al mismo tiempo, la penetración de la luz puede variar en diferentes regiones debido a la mayor o menor turbidez del agua. [Además,] sabía que la fuerza de la luz, tanto como su penetración, varían de un momento a otro y de lugar a lugar, lo que implica la formación de zonas que están fluctuando constantemente en su profundidad. [págs. 221-222 y 227].

[En consecuencia, Russell] miraba que en aguas totalmente homogéneas, la intensidad luminosa puede ser el factor de primera importancia que gobierna la distribución de las diferentes especies, aunque otros agentes, tales como la temperatura y la salinidad, dentro de ciertos límites podían tener también una parte, quizá, alternando la sensibilidad del animal a la luz. La tasa de movimiento podía ser otro elemento importante en los varios cambios rápidos que exhibe la distribución vertical y la disponibilidad del alimento no debería ser ignorada. [p. 242].

Sumando todo esto, los indicios [para Russell] eran de que en el mar, cada animal planctónico puede tener su propia zona vertical en la cual encuentra ciertas condiciones más favorables. Existen distintas regiones, no tan sólo para las diferentes especies, sino para individuos de distintas edades, estados de desarrollo y también para los diferentes sexos de la misma especie. El tipo de distribución para cada una de

> las especies puede variar de lugar a lugar, de estación a estación y de día a día. [p. 241].
>
> Al dilucidar el problema de la distribución vertical como un todo, exactamente como cuando se estudian las causas del comportamiento animal en el laboratorio, [según Russell] era necesario variar los factores causales con el propósito de notar las reacciones resultantes. Los cambios en la distribución vertical que sucedan en la naturaleza están más probable y principalmente conectados con las alteraciones en las condiciones ambientales. [p. 230].

Como se habrá podido enterar el lector, independientemente de que ya se estaba en las postrimerías de la división intra- en la construcción de la Circadiología, en las indagaciones de Russell (1927) permanece la influencia de las teorías de los tropismos y y escasea la claridad en lo concerniente al tópico de la ritmicidad diaria, ya no se diga la circadiana.

Russell (1927) precisa un poco su paradigma epistémico: "como frecuentemente sucede, es posible que las teorías propuestas por cada uno de los trabajadores tengan algo de verdad, cribando los puntos de cada teoría y edificando sobre éstos una nueva, uno puede tener más posibilidades, por el momento, de alcanzar la solución más cercana posible [p. 252]". Es como si hubiera hecho alusión al principio de complementaridad (II.12.2).

Como los logros de Russell (1927) fueron publicados en el **Biological Reviews**, su revisión bibliográfica es muy amplia. Nombra 168 relatos. De acuerdo con el idioma se distribuyen de la siguiente forma: 51 en alemán, 97 en inglés, 14 en francés y 6 en italiano. El predominio de las aportaciones alemanas comenzaba a ceder ante el embate de las generadas en los países de habla inglesa.

Hasta esta parte, se deja el cauce de los ritmos de migración vertical y mareas. En éste, las pugnas paradigmáticas han permanecido hasta la fecha y como recién, muy bien lo ha recalcado, M. Huntley (1985) "las migraciones diarias permanecen en un enigma [p. 71]".

CAPITULO IX

Ritmos de actividad en decápodos

Con todo y que las actividades para la constitución del conocimiento en torno a los ritmos de actividad en decápodos durante el estadio intra- de la Circadiología fueron muy pocas, se ha decidido ampliar las labores hasta este cauce porque se puede uno percatar: de la función que tuvieron los paradigmas neuro-endocrinológicos en él y de la formación de otra operación de base. Esta consistío en la separación de sistemas eferentes a través del corte de las comisuras circumesofágicas e indujo la ubicación de un ritmo autónomo y ultradiano en la actividad de los pleópodos.

IX.1) Newport (1834)

A propuesta de Charles Bell, en el año de 1834, Newport emprendió una investigación anatómica del sistema nervioso central de *Astacus marinus*. Lo disecó para la preparación en una región dorsal y una ventral. Los engrosamientos ganglionares deben pertenecer a la región ventral, la parte dorsal debe estar libre de células ganglionares, debe constar sólo de fibras y sólo se conecta a través de un haz voluminoso de fibras con la masa ventral. En las partes dorsales y ventrales deben presentarse raíces que se unen a los nervios. De esos descubrimientos anatómicos, dedujo que los cordones dorsales son motores y los ventrales, con células ganglionares, son de naturaleza sensorial o sensible. A continuación de la sentencia de Geoffry Saint-Hilaire[149] los artrópodos serían en el lado dorsal, vertebrados

[149] Sus numerosos trabajos se unen todos a una misma idea: la unidad de la composición orgánica.

corrientes ¡La totalidad de las células ganglionares de un ganglio debe equivaler a las células del ganglio espinal! Grant se adhirió a esta sentencia en el año de la aparición del trabajo de Newport (1834). [Bethe, 1897: 452].

IX.2) Gabriel Gustav Valentin (1839)

Gabriel G. Valentin (1839) trabajó con *Astacus fluviatilis* y observó una coincidencia total con la descripción anatómica [de *A. marinus*] hecha por Newport (1834). De los tres nervios que dejan a cada lado del abdomen un ganglio, los dos delanteros o anteriores tienen su origen en los dorsales motores y en el ventral sensible, mientras que el tercero se origina claramente del tracto motor (lo hizo sólo sobre ésos porque consideró imposible operar sobre los ganglios torácicos). Se muestra algo inseguro con relación a los experimentos de estimulación sobre dichos nervios, afirma que los anteriores serían de naturaleza mixta, mientras que el posterior motor. Mucho más seguro manifiesta los resultados acerca de otras líneas de experimentos, que están más de acuerdo con la teoría de Bell-Newport: aisló los tractos motor y sensorial de las comisuras longitudinales y por excitación de los primeros, resultaron movimientos y de los otros no. [Bethe, 1897: 452].

IX.3) Lemoine (1861 y 1868)

Lemoine (1868) siguió más allá el trabajo de A. Vulpian (1866), pero, en algunos puntos, incluso, en contra de él y dando un paso atrás. Mientras que Vulpian expuso que *Astacus* mueve las patas espontáneamente después de quitarle el cerebro. Lemoine sostuvo que dichos animales siempre están inmóviles y sólo realizan movimientos autónomos con los *pedes spurii* [pléopodos] y con los apéndices orales. [Bethe, 1897: 452].

IX.4) A. Vulpian (1866)

En 1866 se dan a conocer más ampliamente las **Leçons sur la Physiologie générale et comparée du système nerveux** de A. Vulpian. Son el producto de la cátedra que hizo en el Museo de Historia Natural parisino. En la lección treinta y tres, después de remarcar que "para el resto de la cadena ganglionar ya había expuesto, en una de sus primeras lecciones, los resultados obtenidos por Newport, Valentin, Longet y Faivre ... recuerda,

solamente, que ha constatado, en el acocil, que los conectivos y los ganglios son sensibles [págs. 140 y 784]".

Prosigue:

> Estos ganglios son, además, la fuente de movimientos espontáneos, por lo menos en apariencia: van a constatarlo examinando este acocil en el cual he practicado una sección transversal de la cadena ganglionar, a nivel de uno de los intervalos que separan los ganglios del abdomen. Ustedes ven que están abolidos los movimientos de conjunto para la natación; el animal no puede flexionar bruscamente su abdomen, como lo hacía antes para lanzarse de adelante hacia atrás. Pero ustedes pueden todavía observar algunos movimientos, de tiempo en tiempo, en las patas abdominales falsas; movimientos espontáneos, al menos en apariencia, simultáneos, regulares, rítmicos, con caracteres normales. [págs. 787-788].

Sobresale la propiedad serendípica de la detección de que pueden existir movimientos espontáneos en los pleópodos del acocil; también es evidente la conducta epistémica del tipo α (II.8.1) generada por este hallazgo. Vulpian (1866) intentó anular la perturbación generada percibiendo los "movimientos espontáneos, al menos en apariencia [ib.]" y mediante la formulación de una hipótesis que daba cuenta de su no existencia, en la que los despreciaba: "estos movimientos no son, sin duda, más que movimientos maquinales, provocados por el contacto con el agua o por irritación de la herida y análogos a esos movimientos de locomoción, espontáneos también en apariencia, que ejecutan a veces los vertebrados superiores a los que se les ha quitado el cerebro propiamente dicho [ib]". Se puede muy bien considerar la ausencia de un marco o de la operación de base para la asimilación. De la misma manera, se da cuenta del obstáculo epistemológico erigido, en la constitución de la Circadiología, por el paradigma espistémico de las causas actuales y el disciplinario de los reflejos. Sus observaciones negaban la sustentación de que "en los cuerpos vivientes, como en los cuerpos brutos, la materia no puede tener ninguna espontaneidad", hecha por Bernard (1865: 104), apenas el año anterior. Cada vez más se hacía necesario iniciar la diferenciación de los movimientos involuntarios entre espontáneos y provocados. Y los primeros entre rítmicos y aperiódicos.

IX.5) James M. Ward (1879)

En su publicación de 1879, **Some Notes on the Physiology of the Nervous System of the Freshwater Crayfish** (*Astacus fluviatilis*), James M. Ward asienta:

> Con la división de una de las comisuras supraesofágicas se destruye de varias maneras la simetría en las poses y en los movimientos de los animales [p. 215].
>
> Con la división de ambas comisuras supraesofágicas, entre otras cosas, aparecen espontáneamente los siguientes movimientos:
>
> Alimentación, en el que los dos pares de patas con quelas tuvieron la parte principal.
>
> Aseo, que fue la función especial del último par de patas.
>
> El completo balanceo rítmico, fue ejecutado por los dos últimos pares de maxilípedos -y posiblemente por otros órganos masticadores pero no por las mandíbulas- por las quelas y por los tres primeros pares de apéndices ambulatorios ... Todos se mueven como una totalidad y en perfecta sincronización, mientras los de un lado se balancean hacia adelante, los del otro lo hacen hacia atrás, las patas tienden gradualmente al reposo y entre los balanceos existe una pausa momentánea. [p. 217].

Estos hechos le permitieron a Ward (1879) proponer que:

> Tal vez, los efectos de la división unilateral de las comisuras mostraron que no existe cruzamiento de las fibras longitudinales en el sistema nervioso de los acociles (a menos que esto ocurra dentro del mismo ganglio supraesofágico) [p. 223].
>
> El poder para mantener el equilibrio e inhibir la exuberante actividad de los centros bajos, se pierde junto con este ganglio [p. 224].
>
> Pero de cualquier forma, el ganglio subesofágico es el centro par excellence para coordinar los movimientos de las patas ... El balanceo rítmico aquí descrito es una indicación de la subordinación de este ganglio al ganglio cefálico ... En la locomoción la iniciativa para cada una de las patas, parece provenir del ganglio [subesofágico] [p. 224 y 225].
>
> En el acocil decapitado, los movimientos de alimentación y limpieza ocurren sin estimulación externa, en intervalos y durante varias semanas [p. 226].

En estos incisos se puede uno enterar de cómo, a pesar de los obstáculos epistemológicos, la fluctuación levantada por 'los

movimientos espontáneos, al menos en apariencia (IX.4)' o por el 'balanceo rítmico (IX.5)', principiaba su amplificación.

IX.6) Thomas H. Huxley (1880)

En 1880, Thomas H. Huxley da al público su libro The Crayfish. Emprende sus aportaciones con su posición acerca de la Ciencia. Esta para él "es simplemente sentido común en su óptima expresión [p. 2]". También considera que "la historia de cada una de las ciencias extiende sus raíces hacia atrás, hasta el primer almacén de información poseído por toda la humanidad [ib.]". Según este investigador "hay principalmente dos clases de cosas vivas, animales y plantas, así por conveniencia, la Biología se ha dividido en dos ramas principales, Zoología y Botánica [op. cit.: 4]". Y cada una de éstas "ha pasado en su desarrollo por tres estados, que son comunes a todas las ciencias [ib.]". En aquel momento, "cada una se encontraba en diferentes estados y con diferentes propósitos [ib.]". Las tres etapas serían, la del sentido común, la de la historia natural y la de la ciencia completa[150].

Después de sus definiciones epistemológicas, Huxley (1880) asegura que su objetivo en aquel trabajo era el de "ejemplificar la realidad general con respecto al desarrollo de la Ciencia zoológica, el cual [estaría] justamente mejor establecido por el estudio de un caso especial; ésta [fue] la meta: [seleccionó] un animal, el acocil común, el cual tomado en su conjunto, [era] el

---

150 "Históricamente, el conocimiento común está representado por la alusión que se hace de las plantas y animales en la literatura de la antigüedad; mientras que la Historia natural, más o menos se clasifica dentro de la Biología, para nosotros se encuentra en los trabajos de Aristóteles, sus contemporáneos, sucesores y continuadores en la Edad media, Rodoletius y Aldrovandus. Pero la atención consciente, dirigida a la construcción de la Biología como una ciencia completa, difícilmente data más allá de Treviranus y Lamarck, en el principio de esta centuria, mientras que en nuestros días, desde Darwin, ha recibido su más fuerte impulso. [Huxley, 1880: 4]".

que, más que cualquier otro, se [ajustaba] a su propósito [p. 5]". Los temas tratados por él para el logro de sus propósitos, a lo largo de los seis capítulos del libro, son muy diversos. Sólo se hará énfasis en algunas de las notas que se consideraron más relevantes.

> El sistema nervioso de los acociles puede ser considerado como un sistema de mecanismos de coordinación, cada uno de los cuales produce una cierta acción o conjunto de acciones como respuesta a un estímulo apropiado.
>
> Cuando los acociles vienen al mundo, poseen en su aparato neuromuscular ciertas potencialidades de acción innatas y conforme a la influencia de los estímulos apropiados pueden exhibir su acto correspondiente. Una gran proporción de estos estímulos resultan de más allá de los órganos sensoriales. La mayor o menor disposición de éstos, les permitirá recibir dichos impulsos, la de los nervios, trasmitir éstos y de los ganglios combinarlos, todo esto dependerá de las condiciones físicas que tengan dichas partes en cada momento; esto, otra vez, está grandemente modificado por la cantidad y condiciones del abastecimiento sanguíneo. Por otro lado, un cierto número de estímulos están sin duda originados por cambios dentro de los varios órganos que componen el cuerpo, incluyendo los mismos centros nerviosos.
>
> Cuando una acción surge de las condiciones desarrolladas en el interior del cuerpo de un animal, como nosotros no podemos percibir el fenómeno previo, le llamamos una acción 'espontánea'; cuando nosotros mismos estamos enterados de que esto está acompañado con la idea de la acción y el deseo de realizarla, denominamos al acto 'voluntario'. Pero, por el uso de este lenguaje, las personas no racionales intentan expresar la creencia de que tales actos son sin causa o causados por ellos mismos. 'Auto-causado' es una contradicción de términos y la noción de que algún fenómeno llegue a existir sin alguna causa, es equivalente a creer en la casualidad, la cual se puede esperar, pero al rato, finalmente refutar.
>
> En los acociles, sea como fuere, no existe la menor razón para dudar de que cada acción tiene que estar definida por una causa física y que esto, en cualquier momento, si nosotros conocemos todas las condiciones internas y externas del caso, puede ser claramente inteligible, como lo conspicuo de un reloj, lo es a quien conoce su mecanismo. [Huxley, 1880: 111-113].

Es tan valioso lo que sostiene Huxley (1880), que resulta muy actual. Es magnífica su definición de 'innato' que, junto con su posición con respecto a la casualidad, permite ubicarlo muy bien

dentro del marco newtoniano (V.8.6). Sus definiciones implícitas de 'reflejo' (V.8.4) y 'umbral' son verdaderamente notables.

Es muy llamativo cómo Huxley (1880) concreta lo anterior al buscar una explicación a las observaciones que habían realizado Lemoine (IX.3), Vulpian (IX.4), Ward (IX.6) y de sus propios experimentos con los acociles que tenían los ganglios circumesofágicos aislados o destruidos. En los cuales, el último investigador de los citados, encontró el 'balanceo rítmico'.

Huxley (1880) sugirió que los acociles *Astacus fluviatilis* (Male), "no toleran las grandes cantidades de calor y la demasiada luz solar, por esto, son más activos hacia el anochecer, mientras que durante el día, se refugian bajo la sombra de las piedras y diques de las riberas [p. 8]". Se puede uno percatar de cómo este autor al formular su hipótesis explicativa recurre al valor adaptativo del comportamiento, en congruencia con la teoría de su amigo Darwin (VI.16). De la misma manera, esta explicación es consistente con la clase de interpretaciones que, durante el siglo XIX, se difundieron desde la Mecánica, gradualmente, por todo el terreno de la Física y llegaron a la Fisiología. A medida que la Física "se comenzó a volver cada vez más matemática, la explicación comenzó a depender crecientemente de la exhibición de formas convenientes y de la derivación de sus consecuencias. En estructura, aunque no en sustancia, la explicación volvió a ser la de la física aristotélica [Kuhn, 1971: 50]". No obstante el observable epistémico está confuso. Huxley (1880) formula otra explicación basada en la teoría de los reflejos, la cual encaja en la más general de las causas experimentales:

> Ya sea que estos movimientos sean propiamente reflejos, esto es, que surjan de incesantes nuevos impulsos aferentes de origen desconocido, que dependan de una acumulación y descarga periódica de energía nerviosa en el mismo ganglio o que se deban al agotamiento y recuperación periódica de la irritabilidad de los músculos, se desconoce. [Huxley 1880: 109].

Las tres posibilidades que él lista son altamente plausibles. Las dos últimas pueden ser complementarias. Es posible que, con un nivel más avanzado en el conocimiento de los ritmos

circadianos, Huxley hubiera formulado una hipótesis más completa. Transcurrió más de un siglo para que, con mucho menos claridad que aquel gran biólogo, se haya afirmado que existe un entrelazamiento "temporal entre un ciclo circádico motor y el grado de sensibilidad de las estructuras motoras del sistema [Viccon Pale, 1978: 17]" eferente de los quelípedos del acocil, *Procambarus bouvieri*, en el que se encontró "una coincidencia entre los máximos de ambos eventos [ib.]".

IX.7) Albrecht Bethe (1897)

Del resumen de los experimentos con *Astacus* hechos por Albrecht Bethe (1897), se ha extraido una definición con la que, implícitamente, este investigador abre la posibilidad de romper uno de los obstáculos epistemológicos generado por el marco bernardiano (VI.14): "luego de eliminar el cerebro, los movimientos espontáneos, esto es, movimientos cuyas causas externas no son demostrables, no sólo no desaparecen, sino que son, incluso, más fuertes que en animales normales [p. 484]". Como también observó que "tampoco mediante el corte de las comisuras longitudinales con posición caudal se suprimieron los movimientos espontáneos [ib.]", aseveró que "a consecuencia de esto hay que buscar en el cerebro [de los acociles] un centro inhibitorio [ib.]". Una propuesta metodológica muy importante para los Circadiólogos.

IX.8) Floyd E. Chidester (1908)

Floyd E. Chidester (1908) encontró que en los acociles "hay periodos de actividad y reposo [y que] durante el periodo de actividad se pueden encontrar interesantes fenómenos, tales como alimentación, cópula y en algunos animales una interesante serie de movimientos asociados con el cuidado de la prole [p. 710]".

De sus observaciones de los acociles en la naturaleza y en el laboratorio, Chidester (1908) concluyó:

Los acociles (*Cambarus bartonius bartoni*).

> Son más activos durante la noche y en especial hacia la caída de la tarde y al alba.

> Se alimentan generalmente en la noche pero pueden hacerlo también en el día.
>
> En la primavera comen mucho más frecuentemente que durante el invierno. Reposan después de haber comido. Periodos prolongados de comida serán seguidos por periodos de reposo equivalentes en extensión. Pueden estar inactivos durante varias horas.
>
> Aparentemente, carecen de juegos espontáneos o ejercicios, sus movimientos serían puramente utilitarios. [p. 716].

IX.9) F. H. Herrick (1909)

"Según F. H. Herrick (1990), *Homarus*, así como muchos crustáceos son nocturnos [Park & Keller, 1932]".

IX.10) A. S. Pearse (1914)

Entre sus logros que dió a la imprenta en 1914, A. S. Pearse avanza que los cangrejos *Uca pugnax* (violinista) y *Uca pugilator* (pugilista) "cavan más activamente cuando la marea está bajando. Entonces, son reparadas las madrigueras que fueron excavadas o están parcialmente rellenas [p. 793]".

> Usualmente, cada uno de los agujeros fue tapado justamente antes de que el ascenso de la marea lo alcanzara y permaneció cerrado mientras estaba cubierto con agua ... Se observó a los violinistas sentir que la necesidad de tener sus madrigueras terminadas cuando llega la marea es muy apremiante. [págs. 793-794].
>
> Al final del descenso de la marea, muchos emergen de sus madrigueras y se mueven hacia abajo, hasta que la playa se seca; en seguida descienden hacia el interior de sus orificios otra vez y esperan hasta que sea el tiempo de taparlos. [p. 795].
>
> Los momentos de las diferentes cópulas fueron como sigue: julio 15, 19:00-19:10; 23, 18:35-19:27; 24, 16:40-16:53; 29, 20:35-21:10 y 30, 20:38-21:10 ... Como se puede observar, las cópulas tuvieron lugar al atardecer o al anochecer pero esto pudo haberse debido, simplemente, a la quietud del edificio del laboratorio en dichos momenteos. [p. 800].

Como se puede uno enterar, Pearse (1914) estuvo ante la posibilidad de considerar dos de sus observables como ritmos de mareas y de investigar si eran generados en forma endógena o exógena. Parece que, desafortunadamente, éste no era un tópico de trascendencia para él. Ni siquiera tuvo la necesidad de probar la

hipótesis correspondiente al momento de las cópulas. Frente a los ritmos de mareas que manifestaron los cangrejos con los que realizó sus operaciones, sólo mostró una conducta cognitiva α.

IX.11) B. Schwartz y S. R. Safir (1915)

B. Schwartz y S. R. Safir (1915) establecieron explícitamente un cierto entrelazamiento entre sus observaciones sobre el comportamiento de los cangrejos y los ritmos de mareas:

> En correspondencia con los cambios regulares y recurrentes de las mareas, *Uca* lleva a cabo sus actividades con una regularidad inalterable; su comportamiento general nunca se desvía del patrón, nunca altera el método establecido, prácticamente está estereotipado ... Tienen varias actividades para llevarlas a cabo y lo hacen así, tanto cuando llega, como al irse el día, siempre de la misma manera. [p. 20].

IX.12) S. Szymanski (1920)

"En su tratado fundamental sobre 'actividad y descanso', I. S. Szymanski trae actogramas de acociles, de los que resulta que esta técnica corresponde a una particular actividad muscular nocturna (o en la oscuridad) distribuida en periodos irrregulares [Kalmus, 1938: 798]".

IX.13) Jan B. Dembowski (1926)

En los logros de Jan B. Dembowski (1926) se puede uno enterar de una valiosa abstracción reflexiva:

> La cuestión de la periodicidad en la vida del cangrejo violinista es algo muy complicado, tanto que hay algunas objeciones teoréticas. En mi opinión, el problema de la periodicidad intrínseca en el fenómeno de la vida recuerda mucho el problema de los caracteres adquiridos. El ascenso, tanto como el descenso de la marea, acarrean con ellos una amplia variedad de factores. La vida de un cangrejo es francamente periódica y esto es debido a una periodicidad aproximada de los factores externos. Ahora, si nosotros observamos al animal en el laboratorio, donde las condiciones son francamente constantes, no existen los factores que en la naturaleza causan la ritmicidad del comportamiento ¿Cómo podemos nosotros esperar tal ritmicidad? Cada clase de actividad es una reacción a ciertos estímulos.

El carácter peculiar de todas estas reacciones es hereditario y totalmente constante para cada especie. Pero, esto, ciertamente, no significa que en la completa ausencia de sus estímulos, la reacción pueda permanecer como la misma. Tal que, una 'memoria' es una imposibilidad obvia. Si la causa está ausente, el efecto tampoco deberá estar presente. Nosotros no pensamos que bajo condiciones naturales la periodicidad del comportamiento de un violinista se deba enteramente a la 'memoria' y no a la periodicidad de las mareas. Pero, en ningún caso nosotros podemos esperar que el animal se comporte rítmicamente bajo las condiciones constantes de laboratorio. Es interesante notar que las mareas, como la causa de toda la ritmicidad, no sean rítmicas del todo.

Como una irregularidad tal armoniza alrededor de todo el año, sería una pura sorpresa si la 'memoria' puede compeler a un animal que está viviendo bajo condiciones constantes a efectuar sus labores en el mismo intervalo. No intento discutir la rica literatura acerca de la periodicidad de las funciones orgánicas pero tengo la fuerte impresión de que la cuestión en su totalidad tiene una porción de metafísica en ella.

En efecto, yo nunca noté alguna periodicidad intrínseca en mis cangrejos. Cuando lo puse dentro de la tina, el cangrejo cavó su madriguera, cerró ésta y permaneció en la cámara de aire durante un tiempo muy variado. Algunas veces, podía cavar hacia afuera en unas pocas horas, otras, permanecía quieto durante tres o cuatro días. Si nosotros poníamos agua dentro de la jarra mientras la cámara estaba estrechamente cerrada, el cangrejo no iba afuera, igualmente, durante una semana. Si extraíamos toda el agua, los *Uca*, usualmente, cavaban hacia afuera en 3 ó 4 horas pero algunas veces no se movían durante muchos días. Este comportamiento puede ser atribuido a factores externos actuales pero no al recuerdo de ellos, aunque nosotros estemos muy lejos de saber cuales factores están actuando. Cuando la arena se empieza a secar, los *Uca* cierran su cueva. Esto es lo mismo cuando nosotros derramamos lentamente agua dentro de la tinaja y la arena se empieza a humedecer. Desde un cierto punto de vista tales reacciones se pueden llamar memoria, ya que el cangrejo hace lo mismo, como si estuviera bajo condiciones naturales. Nosotros imitamos estas condiciones tanto como es posible y algunas veces obtenemos la misma reacción. Esto es, del mismo modo, no es verdadero que el violinista cierre su agujero antes de 'la marea'. Esto es siempre durante la marea, cuando el agua lentamente en ascenso ha mojado su cámara de aire, no sin embargo, cubierto la superficie del terreno. El ligero movimiento de levantamiento de los granos de arena o de las paredes de la cámara de aire que se vuelven blandas, puede ser percibido por el cangrejo como el inicio de la marea. Tanto como yo he

podido observar, los *Uca* nunca permanecen durante un largo tiempo en la superficie del terreno sin visitar de tiempo en tiempo su madriguera.

Y así, exactamente como en la herencia, una reacción dada en sí misma no caracteriza un animal pero siempre está la facultad de producir esta reacción bajo unas condiciones dadas. [p. 195-196].

El desempeño de Dembowski (1926) en este cauce, es equivalente al que tuvieron los Rau en dos de las veredas de los ritmos de actividad en los insectos (VII.1.8 y VII.5.18). Es notorio que el conocimiento de estos haya salido a la calle apenas tres y seis años después del primero. Sus posiciones teóricas que no les permitieron fijarse en los ritmos como fenómenos con "periodicidad intrínseca [p. 195]", tampoco les dieron la posibilidad de percibir a "la periodicidad aproximada de los factores externos [ib.]" los cuales actuarían como encarriladores y no como causa. De la misma manera, es notable que en ambos casos, se reconozca que "la cuestión de la periodicidad en la vida de los cangrejos es algo muy complicado [ib.]" o que "la combinación de percepciones y reacciones al estímulo, en conexión con la ritmicidad periódica de cada especie, guía a uno dentro de un enredo que no es fácil resolver [Rau y Rau, 1929: 148]". Todavía más, con todo y que se anuncia que "en ningún caso nosotros podemos esperar que el animal se comporte rítmicamente bajo las condiciones constantes del laboratorio [Dembowski, 1926: 195]" o que "si la periodicidad rítmica es algo innato y no está influenciada por los alrededores, entonces, encontraremos ... que la actividad regresa cada noche con el retorno de la hora, independientemente de las condicions externas [Rau y Rau, 1929: 177]", llama la atención que no hayan colocado a los ritmos de su interés bajo oscilación libre. Dadas estas semejanzas, parece adecuado aplicar al trabajo de Dembowski (1926) la misma interpretación epistemológica que se le dio al trabajo de los Rau (VII.1.8 y VII.3.18). En los logros de Dembowski (1926) se puede uno enterar que persistía la influencia bernardiana (VI.14).

IX.14) Curt P. Richter (1927)

Con todo y que las aportaciones de Curt P. Richter (1927) no inciden directamente sobre los ritmos de actividad en decápodos, ni hacia los ritmos circadianos, se han sumado en este cauce porque favorecieron las amplificaciones de las fluctuaciones inducidas en él. Ya desde el título se puede uno dar cuenta de la idea de romper con las posiciones que se habían dado desde el marco de los reflejos: Animal behavior and internal drives.

Como una pequeña muestra del contenido, se han seleccionado las siguientes notas:

> Uno de los fenómenos fundamentales que caracterizan a la vida animal y la distinguen de la vegetal es la movilidad espontánea. Claro que algunas plantas, en especial algunas formas de vegetación marina, se mueven pero son excepciones en el reino vegetal.
>
> Conocemos, sin embargo, que todos los animales, desde los organismos inferiores unicelulares hasta el hombre son activos aún cuando todos los estímulos externos han sido eliminados. Entonces, esta movilidad espontánea así como cualquier otro tipo de movilidad, debe tener causas definidas, debe originarse por algún factor natural dentro del organismo.
>
> Creemos, sin embargo, que la actividad espontánea tiene una causa fisiológica subyacente. [p. 307].

IX.15) B. Havinga (1929 y 1930)

"B. Havinga (1929) estableció que durante el día, las especies reposan, quietamente, ocultas en el sustrato y se alimentan en la noche [Al-Adhub, & Naylor, 1975: 801]".

IX.16) John H. Welsh (1930)

En las últimas páginas de sus aportaciones de 1930b, John H. Welsh establece que:

> Así, las influencias nerviosas y metabólicas, ambas, son sugeridas como las causas fisiológicas de la persistencia del ritmo diario bajo condiciones externas constantes. *Macrobrachium* es un animal nocturno, permanece quieto durante el día pero a la puesta del sol se vuelve muy activo y responde con movimientos rápidos a las sombras y perturbaciones en el agua. Este incremento en la actividad aparece alrededor de las 18 y persiste hasta las 5 hs. de la mañana siguiente, bajo

> iluminación constante. Como esto está definitivamente correlacionado con los movimientos de las células pigmentadas distales en el ojo, se puede afirmar que es debido a una condición más 'nerviosa' en el animal que causa un incremento en el metabolismo. [Welsh, 1930b: 393].

Sólo queda recalcar el interés de Welsh (1930b) por la causalidad fisiológica 'de la persistencia del ritmo diario bajo condiciones externas constantes', la negación de un origen exógeno; la cercanía temporal de la construcción de dicha negación con la de los otros cauces y la correlación que propone que existe entre el incremento en la actividad motriz y 'los movimientos de las células distales en el ojo' de *Macrobrachium*. Acontecimiento epistémico que obliga a pasar directamente a otro sendero de la constitución de la Circadiología.

C A P I T U L O X

Ritmos en la migración de los pigmentos de los animales

Este cauce está integrado por dos veredas: a) la de los ritmos de migración de los pigmentos en la epidermis de crustáceos, anfibios y reptiles y b) la del ritmo de migración de los pigmentos en los ojos compuestos de los invertebrados.

X.1.- Ritmos en la migración de los pigmentos de los cromatóforos.

X.1.1) H. Kröyer (1842)

"En 1842, H. Kröyer informó de los cambios de color en el langostino *Hippolyte* [Thurman, 1988: 171]".

X.1.2) A. A. Berthold (1849)

Un singular estudio publicado en 1849 por A. A. Berthold, Profesor de Fisiología en la Universidad de Göttingen, ha sido definido como "la primera prueba de la función endócrina, como nosotros la conocemos (Forbes 1949)". Berthold castró seis gallos y en tres de ellos regresó uno de los testículos cortados a su abdomen donde pudieron establecer un nuevo abastecimiento sanguíneo y sobrevivir. Los tres castrados sin los testículos implantados se volvieron comunes capones pero la descripción de los tres individuos experimentales por Berthold es un mojón en la historia de la endocrinología del comportamiento [Beach, 1981: 328]:

En lo que concierne al canto, excitación sexual, beligerancia y crecimiento de crestas y barbas, tales aves permanecen como verdaderos gallipollos. Después que, no obstante, los testículos transplantados no están bien conectados con su innervación original y puesto que

... no están presentes nervios secretorios específicos, se sigue que los resultados en cuestión están determinados por las funciones productivas de los testículos, i. e., por su acción sobre la corriente sanguínea y entonces, por la correspondiente reacción de la sangre sobre el organismo entero ... del cual ... el sistema nervioso representa una parte considerable [Forbes, 1949. Citado por Beach, 1981: 328-329].

Dos aspectos de estos descubrimientos y su interpretación merecen énfasis. (1) Tres de las cuatro características mencionadas como prueba de la "función productiva de los testículos" son conductuales, i. e., cacareo, apareamiento y riñas; y así, "la primera prueba de una función endócrina, como nosotros la conocemos" sería actualmente un experimento de endocrinología de la conducta. (2) La explicación de Berthold fue que alguna substancia testicular es transportada por la sangre y produce una reacción en el sistema nervioso; y esta interpretación domina hoy las teorías modernas de la acción hormonal sobre el comportamiento. [Beach, 1981: 329]:

Aún y cuando el trabajo de Berthold fue con aves, se incluye en esta vereda de los ritmos de migración de los pigmentos en la epidermis de crustáceos, anfibios y reptiles, por dos grupos de razones. Uno es el de aquellas que están enlazadas con el paradigma organicista y el otro es de las vinculadas con el de la Endocrinología.

Un obstáculo epistemológico en la historia de la Endocrinología fue la posición ferneliana (V.7) la cual había derrocado la visión galénica, según la cual "la fuente de la salud y la enfermedad eran los humores, los cuatro humores cardinales. Como éstos se extendían por todo el cuerpo, su 'localización' quedaba descartada [Sherrington, (1940): 222]". Se irguió entonces un obstáculo epistemológico para el desarrollo del paradigma endocrinológico. Después de ello hubo de pasar mucho tiempo en la historia de la endocrinología para que las relaciones que Hipócrates conocía, que habían sido retomadas por Galeno y que fueron rotas por Fernel, disfrutaran "de una felíz resurrección en la moderna doctrina de las hormonas, de los somatotipos y demás [Bertalanffy, (1955): 249]". Este paradigma de la Endocrinología fue un inductor en el desenvolvimieto de senda de los ritmos en la migración de los pigmentos de los

animales, de ahí que se hayan incluido los valiosos resultados de Berthold (1849).

X.1.3) Ernst von Brücke (1851 y 1852)

> En los cromatóforos de los vertebrados el efecto general del calor es el de dar lugar a una contracción de la masa pigmentaria, mientras que el frío causa una expansión -un efecto, justamente, opuesto al usualmente producido por la luz y la oscuridad, respectivamente. Esto fue presentado en el caso del camaleón por Brücke (1851 y 1852). [Bennitt, 1929: 388-389].

Como se podrá traer a la memoria, von Brück fue uno de los operarios en la trayectoria del sueño en las plantas (VI.13.2). En esta ocasión, con sus experimentos (1851 y 1852), probó ampliamente que en el camaleón "el sistema nervioso es un agente que controla directamente los cambios de color traídos acá y acullá por los cromatóforos [op. cit.: 418]".

X.1.4) Charles Edouard Brown-Séquard (1856 y 1869)

> Muy importante en la línea principal de la historia endocrinológica fue un brillante sucesor de Bernard [VI.18], Charles E. Brown-Séquard cuyas publicaciones científicas exceden las 500. Los estudios de Brown-Séquard de la función adrenal, los cuales inició en 1856, lo llevaron, en 1869, a establecer en la Université de París que "estas glándulas tienen secreción interna y surten a la sangre principios útiles, sino es que esenciales. [Beach, 1981: 330].

Con todo y que sus proposiciones involucran sitios bien delimitados de secreción y recepción de sustancias, como era de esperarse de un pionero de la Endocrinología, Brown-Séquard "se opuso decididamente a la idea de las localizaciones cerebrales [Rothschuh, 1974: 78]" (V.7 y X.1.1). Otro suceso epistémico que plantea la necesidad de percatarse de que la Endocrinología es una verdadera superación dialéctica de los contrarios: humores-organicismo.

X.1.5) G. Sars (1867)

G. Sars (1867) "mostró que los cambios de color en los crustáceos se deben al movimiento de pigmentos dentro de unas células

integumentarias especiales [Thurman, 1988: 171]".

X.1.6) M. S. Jourdain (1878)

En los cromatóforos de los curstáceos, M. S. Jourdain (1878) observó el mismo efecto [Benitt, 1929: 389]" que miró von Brücke en la masa pigmentaria del camaleón (X.1.2).

X.1.7) Ivan Ramas Tarchanoff (1887)

> Durante la primera centuria que siguió a los descubrimientos de Berthold (1849), los fisiólogos en Francia, Italia, Alemania y Rusia, emprendieron la investigación de las relaciones entre el comportamiento del apareamiento de varios animales y la función de las glándulas sexuales. Se conoció ampliamente que la castración elimina el 'instinto sexual'; pero la emergencia del concepto de secreciones internas alzó cuestiones tales como, cómo pueden ellas afectar el comportamiento. Hubo un acuerdo general de que el locus de la acción tenía que ser el sistema nervioso central, pero si la acción era directa o indirecta permaneció como materia de disputa.
>
> Un proponedor muy influyente de la explicación 'periférica' fue el fisiólogo ruso, Iwan R. Tarchanoff, cuyas investigaciones trataron con el inicio estacional del comportamiento copulatorio en ranas macho. Tarchanoff observó que antes de iniciarse el apareamiento las vesículas seminales de las ranas "incrementan su tamaño de una pepita de manzana al de una fresa silvestre". Por esto, él suguirió que los impulsos sensoriales procedentes de las vesículas distendidas son transmitidos a centros especiales en el cerebro del anfibio, donde dan origen a tendencias, a perseguir y a aparearse con hembras grávidas. Tarchanoff (1887) explicó que un macho castrado antes del inicio de la estación de procreación no se aparea porque los accesorios sexuales no están hipertrofiados y el cerebro está de este modo privado de los estímulos periféricos esenciales. [Beach, 1981: 329].

Se está ante la elaboración del paradigma de 'la explicación periférica', uno de los primeros contendientes en la formación de la Endocrinología. Con esta posición, ahora en la historia de la Endocrinología, aún y cuando en forma matizada, se vuelve a caer en la noción más general de que el medio se impone al organismo (II.15.2).

Tarchanoff junto con Pavlov y otros grandes fisiólogos rusos, perteneció a la escuela fundada por Ivan Michaijlowitsch Setschenoff. Este último había trabajado "con Ludwig y Brüke en Viena, con von Helmholtz y du Bois-Reymond en Berlín, así como con Bernard en París [Rothschuh, 1974: 91]". Entonces, se puede considerar a Tarchanoff como un heredero de los Médicos materialistas alemanes.

X.1.8) Eugenio Steinach (1894)

> La teoría de Tarchanoff (1887) fue puesta a prueba experimental por un fisiólogo austriaco, Eugenio Steinach[151], quien removió las vesículas seminales de la rana pero dejó los testículos intactos y presentó que la operación no tuvo efectos deletéreos sobre el funcionamiento sexual (Steinach, 1894).
>
> La teoría de Steinach de la acción hormonal fue estrictamente 'centralista'. Creía que las hormonas sexuales estimulan e inhiben centros especializados en el cerebro y posiblemente, en el cordón espinal. [Beach, 1981: 329 y 330].

Pronto se inició la composición del paradigma de 'la explicación centralista'; otro de los primeros contendientes en la formación de la Endocrinología. Con esta perspectiva, ahora en la historia de la Endocrinología, se encuentra la noción más general de que el organismo se impone al medio (II.15.2). A pesar de que esto es relativo, ya a que no son el medio, ni el organismo en sentido estricto, sino el sistema nervioso central y su entorno dentro del animal.

---

151 "Steinach fue profesor y director del Instituto de investigaciones biológicas de la Academia de Ciencias de Viena. En este empleo dirigió muchos estudios importantes sobre hormonas y comportamiento (Beach, 1948). El fue de los primeros que investigaron los efectos fisiológicos y conductuales de la remoción y reimplantación de las gónadas de varias especies de anfibios, roedores y aves. [Beach, 1981: 329]".

X.1.9) F. W. Gamble y Frederick Keeble (1900 y 1903-1904)

> F. W. Gamble y Frederick Keeble (1900) fueron de entre los primeros en informar de un cambio de color periódico persistente. Un pequeño crustáceo, *Hippolyte varians* fue puesto en oscuridad o en luz durante varios días, sin perturbaciones, excepto por periodos muy cortos, cuando se hacían las observaciones. Los animales tomaban una coloración nocturna al principio del atardecer y la mantenían hasta la madrugada, cuando asumían el color característico para el día. Durante la noche los tejidos estaban más transparentes y la tasa de la frecuencia cardiaca fue casi dos veces más grande que en el día. [Welsh, 1938: 127].

Se deja sentir que, otra vez, en la primera fluctuación, la primera colocación en oscilación libre de un ritmo diario en un trayecto de la Circadiología, estuvo presente la sincronización del ritmo. Está claro que obligada por la técnica de observación. "Las observaciones más recientes sobre *Hippolyte* (Kleinholz & Welsh, 1937) fallaron en el intento de confirmar la independencia de esta respuesta pigmentaria y vieron que posiblemente las condiciones de iluminación no fueron constantes en el primer trabajo [Welsh, 1938: 127]".

> En sus nuevos estudios, Keeble y Gamble (1903-1904) extendieron sus observaciones a algunas especies de *Macromysis* y las pruebas para los cambios periódicos en la tasa del metabolismo general fueron reforzadas por mediciones de la acidez en los tejidos. Estas fueron, más bien, determinaciones crudas hechas con tornasol en pasta pero revelan el hecho interesante de que el hígado y los músculos se vuelven ácidos al finalizar la tarde y retornan a una condición de alcalinidad en la siguiente mañana. La sangre estuvo siempre del lado de la alcalinidad pero sus mediciones fueron como si no revelaran los cambios en el pH que tendrían que haber ocurrido. Estos operarios pensaron que esos cambios fisiológicos, los cuales son paralelos a los cambios en el color, pueden ser los responsables de la actividad de los cromatóforos pero fallaron en el establecimiento de una relación definitiva. [Welsh, 1938: 127].

Welsh (1938) veía difícil que "estuviera garantizada por los datos [p. 127]" la idea de Keeble y Gamble (1903-1904), "de que un ritmo en cambio de color había sido ya establecido para la larva zoea de *Palaemon squilla* recién eclosionada [ib.]".

X.1.10) W. Schleip (1910)

"W. Schleip (1910) observó un cambio de color periódico en un fásmido, *Dixippus morosus*, el cual está correlacionado con el día y la noche y puede persistir durante una semana en oscuridad continua [Welsh, 1938: 127]".

X.1.11) Heinrich Menke (1911)

> Las observaciones de [Schleip -1910] fueron prontamente seguidas por las observaciones similares sobre un isópodo, *Idothea*, hechas por Heinrich Menke (1911) quien encontró que el ritmo persiste tanto como 60 días cuando este animal es mantenido en oscuridad continua. Menke fue también capaz de invertir el ritmo por medio de la iluminación de estos animales en la noche y poniéndolos en la oscuridad durante el día. Después de nueve días de esto, los colocó en oscuridad y encontró que las células pigmentadas estaban contraídas durante el día y expandidas en la noche, al revés de la condición normal. Esta situación invertida se mantuvo alrededor de una semana. Se ha encontrado que *Idothea* tiene una periodicidad en el metabolismo, tal como había sido visto en *Hippolyte* y Menke concluyó que los movimientos persitentes de los pigmentos en los cromatóforos fueron debidos a cambios internos que acompañan una periodicidad en el metabolismo. [Welsh, 1938: 127-128].

De nuevo la inversión del ritmo diario por la inversión de la fotoperiodicidad en otro trayecto del conocimiento referido a la ritmicidad circadiana, esto es, se puede uno volver a percatar de la calidad homeorrésica que poseen las trayectorias de la Circadiología.

X.1.12) Henri Piéron (1914)

> La idea de que los ritmos diurnos persistentes en el cambio del color están asociados de alguna forma con una periodicidad en el metabolismo y que por lo tanto, el control que subyace es esencialmente químico, fue reemplazada por una nueva hipótesis presentadda por H. Piéron (1914). Después de repetir las observaciones de Menke (1911) sobre *Idothea*, Piéron, quien pensó que los cromatóforos están bajo un control nervioso directo, sugirió que descargas periódicas desde algunos centros nerviosos podrían dar cuenta de la persistencia día y noche, de las diferencias en el color del animal. [Welsh, 1938: 128].

X.1.13) A. C. Redfield (1918)

A. C. Redfield en 1918 "demostró que la adrenalina produce contracción en los cromatóforos pigmentados de la horned toad[152] *Phrynosoma* [Bennitt, 1929: 418]".

X.1.14) E. B. Perkins (1928)

Por la sugerencia que el Dr. Parker (X.II.12) le había hecho tres años antes de su narración, Perkins (1928) "tomó la investigación de la fisiología de los cromatóforos en los crustáceos con el propósito especial de determinar la naturaleza de las vías de conducción que llevan los impulsos para el cambio del color. [Perkins, 1928: 74]".

"Debido a la prontitud con la que son observados los cambios de color y por la facilidad con la que son colectados y mantenidos en el laboratorio los *Palaemonetes vulgaris* Stimpson, fueron ellos los que usó [Perkins] como sujetos para [su] investigación [ib.]".

Entre otras muchísimas cosas, Perkins (1928) se quedó con "pruebas que sostenían la declaración de que los ojos son probablemente órganos endócrinos que producen una substancia, la cual es transportada a los cromatóforos por el torrente sanguíneo y que induce por todos lados una contracción de los cromatóforos [op. cit.: 97]".

X.1.15) B. Hanström y discípulos (1931, 1934, 1935)

> B. Hanström (1931, 1934 y 1935) y algunos de sus estudiantes (S. Sjörgren, 1934 y S. P. Carlson, 1935) ... describieron dos glándulas generalmente presentes en los tallos oculares de los crustáceos, las cuales, completamente cierto, son endócrinas en su naturaleza. Una de ellas se denominó la glándula sanguínea y la otra, el órgano-X. Carlson (1935) presentó que la

---

152 Esta es "una iguana insectívora de las regiones áridas del oeste [Steen, 1971]"

glándula sanguínea en *Uca* es la fuente de, por lo menos, una de las substancias concentradoras que afectan los cromatóforos corporales. La función del órgano-X permaneció todavía en duda. Estas glándulas están abastecidas con nervios y su actividad, indudablemente está controlada, en parte, por impulsos que arriban desde los ojos por la vía del cerebro. [Welsh, 1936: 225].

X.2.- Ritmos de migración de los pigmentos en los ojos compuestos de los invertebrados.

X.2.1) J. Müller (1826)

Por la fecha y por la producción, se tiene la impresión de que se trata del mismo J. Müller de los otros cauces (VI.8 y VIII.1). En todo caso, en 1826 (págs. 355-356), un Müller "reconoció colectivamente las **células retinulares distales** en los decápodos ... como una definida franja pigmentada en la porción distal de la retina de los acociles [Parker, 1891: 113]". Ellas no fueron identificadas como células separadas hasta unos sesenta años después. Este Müller "pensaba que las fibras [del nervio óptico] terminan en una región proximal de los conos [op. cit.: 118]".

Müller (1826), F. Will (1840), F. Leydig (1855) y otros de los primeros que trabajaron en los ojos compuestos, intentaron encontrar estructuras comparables con aquellas que ya se sabía que existen en los ojos de los vertebrados; en sus investigaciones vieron a los pigmentos en varias posiciones en el mismo tipo de ojo pero fallaron completamente para reconocer que éstos se movían de conformidad con la luz y la oscuridad. [Welsh, 1930a: 459].

X.2.2) F. Leydig (1855 y 1864)

"La descomposición de la **retínula** en sus constituyentes celulares fue primero intentada en decápodos por F. Leydig (1855: 408). Según él, la retínula de *Herbstia* contiene cuatro cuerpos celulares y el núcleo de ellos puede ser distinguido en la parte distal de la estructura [Parker, 1891: 110]".

Leydig (1855) observó estructuras en las células pigmentadas distales de escarabajos, abejas y avispas, las cuales describe como finas tiras transversales de

fibras musculares. Estas las pinta como entrando en las células retinulares y perdidas entre los pigmentos que rodean a los conos. [En 1864] Leydig puso de manifiesto nuevas observaciones *en Dystiscus marginalis* y en mariposas nocturnas, con ellas sostuvo su primera comunicación.

Leydig estuvo intentando presentar que los pigmentos que rodean los conos en los ojos de los insectos forman un iris contráctil, como en el ojo de los vertebrados y estableció que él había visto esto en diferentes posiciones contraídas en *Acherontia atropos* pero falló en interpretar este cambio como el resultado de los efectos de la luz y la oscuridad sobre los pigmentos. [Welsh, 1930a: 468 y 469]".

Tan tempranamente como en 1855, el fenómeno de la brillantez-fría en el ojo de los artrópodos adaptado a la oscuridad "fue descrito en *Limulus* por Leydig y el término 'pseudopupila' fue aplicado a ello por su aparente analogía con la pupila de los vertebrados [Day, 1911: 321]".

X.2.3) G. Newport (1855)

Según la explicación de G. Newport (1855: 164), los ojos de [la especie de *Cambarus pellucidus*] pueden parecerle a uno que están solamente parcialmente degenerados porque aunque, la región retinal no está pigmentada, la cutícula de la cornea, sin embargo, se manifiesta dividida en facetas irregulares o 'corneales', como son llamadas, y "la estructura [hipodermis], por detrás de éstas en cámaras, a las cuales un pequeño, pero claro, nervio está aplicado. [Parker, 1890b: 153].

X.2.4) E. Claparède (1860)

"E. Claparède (1860) habló de células pigmentadas elongadas y parecidas a una fibra y las comparó con los elementos contráctiles de Leydig pero estableció que no pudo encontrar indicios de las bandas transverssales y dudó de su naturaleza contráctil [Welsh, 1930a: 468]".

X.2.5) E. T. Newton (1873)

Una condición muy parecida a la que caracterizó Leydig (X.2.1) para *Herbstia* "fue descrita por E. T. Newton (1873: 333) para *Homarus*. En este género como en aquél, se mantenía que hay sólo

cuatro células [Parker, 1891: 110-111]" en la retínula. Con posterioridad, hasta 1891, otros investigadores no habían confirmado esta conclusión (op. cit.).

X.2.6) F. Boll (1877)

"Fue en 1877 cuando F. Boll descubrió la migración de los pigmentos en los vertebrados. "Entre este año y 1894, cuando Kiesel trabajó con la polilla *Plusia gamma*, la rana sirvió principalmente para el estudio de la eficiencia de los colores de la luz en la evocación de este fenómeno [Day, 1911: 306]".

A pesar de que la materia de este sendero son los ritmos de migración de los pigmentos en los ojos compuestos de los invertebrados, se ha sumado este logro, los de T. W. Engelmann (X.2.8), y los de E. A. Fick (X.2.15), porque pronto abrieron como paradigmas. Como confirma Parker (1897: 276): "aquellos que, [en los comienzos] trabajaron en dicho tópico, tenían como de mayor importancia seguir en las líneas proyectadas por Boll y Engelmann".

X.2.7) H. Grenacher (1877 y 1879)

> "El término retínula, cuyo uso variaba de acuerdo con los diferentes escritores, fue introducido por H. Grenacher (1877: 17), quien lo empleó para designar el rabdómero y el grupo de células por las que esta estructura está rodeada ... En secciones transversales de la retínula de *Palaemon*, Grenacher (1877: 32) demostró que el rabdómero está rodeado por siete células retinulares. El también observó el mismo número en la retínula de *Astacus* y *Portunus* (1877: 33 y 1879: 125). [Parker, 1891: 46 y 111]".

De la misma manera, el punto de vista de Grenacher sobre la terminación de las fibras del nervio óptico, era el de que "ellas están conectadas con las células retinulares y que el rabdómero es el órgano terminal [op. cit.: 118]".

X.2.8) J Carrière (1885)

J. Carrière (1885: 169) confirmó la observación de Grenacher (X.2.4), de que hay siete células retinulares en las omatidias de

Astacus. Además, Carrière (ib.) "fue el primer investigador [op. cit.: 113]" que miró las células retinulares distales como tales. El las describió en dicho género "como un par de células pigmentadas que flanquean cada cono [ib.]". Abiertamente, ésta es una de las primeras diferenciaciones del observable (II.5), de las que se puede uno enterar, que hubo en este cauce: las células retinulares distales de ser consideradas como una franja (X.2.1) pasan a ser células individuales. Es posible que en esta diferenciación haya tenido que ver la constitución de la teoría celular que fue hecha precisamente durante ese tiempo (VI.10 y VI.12). Lo que permite fijarse en ella, como paradigma en plena operación, orientando las investigaciones biológicas.

X.2.9) T. W. Engelmann (¿1884?)

T. W. Engelmann "presentó que cuando el ojo de una rana está resguardado de la luz ... la iluminación ... de una porción de la superficie del cuerpo, fue suficiente para producir en las células pigmentadas del ojo cubierto una condición característica para la luz [Parker, 1897: 291]".

X.2.10) W. Patten (1886 y 1887)

Después de la publicación de las observaciones de Grenacher [X.2.7], W. Patten (1886) vio en *Penaeus*, *Palaemon*, *Galathea* y *Pagurus* que una retínula contiene siete células. "Según Patten (1886: 634), en *Penaeus* cada cono está rodeado por dos pares de células pigmentadas [Parker, 1891: 111 y 114]".

X.2.11) S. Exner (1889 y 1891)

Hasta donde sabía Parker (1897), "la primera memoria sobre los cambios de los pigmentos en los ojos compuestos fue publicada en 1889 por S. Exner y contiene en forma condensada las peculiaridades esenciales de dichos cambios en los ojos compuestos de los insectos [p. 276]". Dos años después aparece su "brillante e importante ensayo sobre la fisiología de los ojos

compuestos, del cual, la primera publicación tuvo la naturaleza de noticias preliminares y parciales [ib.]".

> Aunque, Exner (1891: 105) primero estaba inclinado a mirar las células accesorias como influenciadas por la luz, finalmente, fue conducido a abandonar esta perspectiva y a explicar sus dos aparentes condiciones por el mayor o menor grado con el cual ellas están cubiertas por los pigmentos migratorios de las células rtinulares proximales. [op. cit.: 282].

Exner (1891: 66) afirmó que existe una "independencia en la acción de las partes de la retina de los ojos compuestos de los insectos [op. cit.: 291]".

Exner (1891: taf IV, figs. 28 y 29) "dibujó a las células retinulares distales de *Lasiocampa*, reducidas cuando están en su posición distal y alargadas cuando están en la proximal [op. cit.: 285]". De la misma forma, estableció que en dicho insecto, la respuesta de las células retinulares a los cambios en la iluminación requiere, aproximadamente, de media a una hora (Exner 1891: 70).

Más adelante Exner (1891: 106) elucidó una explicación para la migración de los pigmentos retinales. Esta posteriormente fue ampliamente aceptada y conocida como la explicación de Exner:

> Cuando el animal está en la luz, la migración de los pigmentos hacia las partes medias de las células retinulares forma una densa y oscura cubierta alrededor del rabdómero. Esta, al absorber los rayos de luz y no dejar que entren a lo largo del eje de los fotorreceptores (el rabdómero), hace una mejor definición de la imagen y protege a este órgano de un exceso de luz. En oscuridad o en luz muy tenue, el retorno de los pigmentos a las partes proximales expone alrededor del rabdómero una capa blanca y brillante de células accesorias pigmentadas (el tapetum), el cual refleja muchos rayos oblicuos hacia el interior del rabdómero, habilitando a éste para recibir una gran proporción de cualquier luz que sea aprovechable. [Bennitt, 1929: 392].
>
> Después de haber descubierto la influencia de la luz sobre el movimiento de los pigmentos en los ojos compuestos, Exner (1891) consideró la posibilidad de la contracción de las 'Fasern'[153] como las responsables de

---

153 Fibras

los movimientos de las células pigmentadas distales en los insectos y mencionó la descripción de Leydig [X.2.2] de las fibrillas musculares en los ojos de las mariposas nocturnas. [Welsh, J. H., 1930a: 469].

Muy pronto estos descubrimientos de Exner, abrieron como paradigmas.

X.2.12) G. H. Parker (1890a, 1890b, 1891, 1895, 1896 y 1897)

A sugerencia de su instructor, el Dr. E. L. Mark, [en 1887, G. H. Parker] inició la investigación de los ojos compuestos en los crustáceos. Con el deseo de familiarizarse por [él] mismo con el objeto, determinó primero estudiar con detalle la estructura de los ojos en una sola especie y para este propósito, dirigió su atención hacia la langosta común, *Homarus americanus*. Sus resultados fueron publicados en una memoria titulada: **The Histology and Development of the eye in the Lobster** (1890a). [Parker, 1891: 45].

En ella, Parker presenta que "la retínula contiene, además de las siete células retinulares funcionales, una octava que es rudimentaria, la cual es un poco más pequeña que un núcleo [1891: 111] y describe las fibras del nervio óptico como terminando en las células retinulares proximales [p. 116]":

> Cerca del ganglio cada fibra consiste de un haz de fibrillas sencillamente encerradas dentro de una cubierta pero conforme se acercan a la retina, se cubren con pigmento. El pigmento se incrementa en cantidad y la fibra correspondientemente se alarga hasta que finalmente se vuelve continua dentro de la profundamente pigmentada célula retinular. Los ejes fibrilares pueden ser distinguidos en la porción pigmentada de la célula como una estructura axial transparente y puede también ser rastreada distalmente por entre el pigmento de cada célula retinular, hasta que se rompe dentro de ella en las ultimas fibritas, las cuales se extienden sobre la mitad distal del rabdómero Este es el método de la terminación nerviosa en la langosta y apunta muy conclusivamente hacia el rabdómero como el órgano terminal. [ib.].

En el mismo año de 1890, en su otra memoria, Parker abordó el tópico del tallo ocular de tres especies de acociles ciegos, *Cambarus pellucidus*, *C. hamulatus* y *C. setosus*. Estas "concuerdan en que tienen una terminación cónica al tallo ocular, una particularidad no observable en ojos funcionales [1890b: 155]". De esto, él pudo "concluir que la forma cónica es característica

de los tallos de los acociles ciegos e incuestionablemente que esta forma está acoplada con la condición degenerada de la retina [ib.]". En dos de las especies de los acociles estudiados (*C. pellucidus* y *C. setosus*), de la misma manera, Parker (1890b) notó que "el ganglio y el nervio óptico están presentes y el último termina en algún camino no manifiesto, en la hipodermis de la región retiniana [p. 161]".

En 1891, aparecieron los logros, todavía en el terreno de la histología, de Parker bajo el nombre de **The compound Eyes in Crustaceans**. En esta memoria, "decidió emplear el término retínula como originalmente había sido definido por Grenacher [X.2.2] y designar a las células individuales de la retínula como **células retinulares** -una traducción del término, ya usada para este propósito en muchas publicaciones alemanas [1891: 46]". En uno de los párrafos que siguen a esta definición, Parker planteó la cuestión principal que generó sus tareas: "¿cuáles fueron los medios por los que los diferentes tipos de omatidias se han modificado y cuál es el significado de los cambios a través de los que estos tipos han pasado? [1891: 47]". Después formuló parte de la respuesta:

> Existen razones para confiar en que aquellas **omatidias** que están compuestas de un pequeño número de células más fuertemente hacen recordar el tipo ancestral que aquellas que tienen muchas células. Dada esta declaración, uno puede naturalmente esperar que las **omatidias** más complejas se hayan derivado de unas más sencillas por incremento en el número de sus elementos. Quizá el método más natural por el cual este incremento pudo ser efectuado pueda ser el del fomento de la división de las células que ya formaban las **omatidias**. Consecuentemente, la división celular, en este sentido, me parece que produjo un medio suficiente para la modificación de los tipos de las **omatidias**. En la presente memoria, tengo, en parte, el propósito de presentar, precisamente, qué tanto puede ser dicho de que la división celular ha modificado las **omatidias** y determinar si éste u otros factores han estado involucrados en dicho proceso. [ib.].

Para lograr estos deseos, Parker escribió unas ochenta páginas más. Desafortunadamente, sólamente se pueden traer a este lugar unos cuantos incisos, los que se tiene la impresión que son más relevantes para el logro de los propósitos de esta tesis:

El mayor número de clases de células que se sabe que una omatidia puede tener, es de cinco. Ellas son las células de la hipodermis corneal, las células cónicas, las células retinulares proximales y distales y las células accesorias. [op. cit.: 66].

Las células retinulares proximales, usualmente, están limitadas a la porción proximal de la **omatidia**. Se hallan determinadamente arregladas alrededor de la estructura axial de esta región, el rabdómero y junto con éste forman un solo cuerpo, la retínula. Las fibras del nervio óptico terminan en estas células. [p. 67].

Las células retinulares distales únicamente se localizan en las **omatidias** más diferenciadas. Están en un número de dos y cubren los lados del cono en el plano distal en el cual esta estructura emerge de la retínula. Cuando estas células estén presentes, el resto de las células de la retínula será distinguido como células proximales. Cuando falten, las otras células serán llamadas, simplemente, células retinulares. [ib.].

En esta memoria de 1891, Parker da razón de la estructura de los ojos compuestos de los anfípodos, branquíopodos, Apusidae (género: *Apus*), Estheridae (especies: *Limnadia agassizii*, *Estheria californica* y *E. tetracera*), cladóceros, copépodos, isópodos, nebaliáceos, Schizopoda (actualmente: son los misidáceos), estomatópodos y decápodos. Con los resultados que obtuvo sobre las células retinulares de este último grupo se ejemplificará el resto de su trabajo.

En *Palaemonetes* cada rabdómo está rodeado por, al menos, siete células retinulares (...). Los núcleos de estas células, usualmente yacen ligeramente distales al **rabdoma** (...) ... En la porción distal de la retínula de *Cambarus* hay ocho núcleos ... En *Palinurus* (...), los ocho núcleos regularmente están y son fácilmente vistos ... Por esto, es probable que en todos los decápodos cada retínula, realmente, contenga ocho células, una de las cuales es rudimentaria. [op. cit.: 111-113].

En *Cambarus*, *Crangon* y *Homarus* [las células retinulares distales] cubren los lados del cono y en el último género nombrado, ellas son producidas, aproximadamente, dentro de largas fibras, las cuales, quizá, pasan a través de la membrana basal. En *Palaemonetes* (...) y en *Cancer* (...) están reducidas a fibras pigmentadas, las cuales empiezan desde, comparativamente, largas bases, enroscadas alrededor de las superficies laterales de los conos. [págs.: 113-114].

En *Cancer* (...) las células están arregladas en círculos de seis alrededor de cada grupo de células cónicas; sin embargo, cada célula participa en tres círculos y consecuentemente, en realidad, hay solamente

el doble de células que de omatidias. Este arreglo de células también ocurre en *Cardisoma*, *Hippa* y *Pagurus*. En *Crangon* ... los núcleos de las células retinulares distales están arreglados en hileras que se alternan con las de los conos; hay dos veces más núcleos que conos, de aquí, concluyo que hay, asimismo, dos células distales por cada omatidia. En *Homarus*, *Palinurus*, *Cambarus* y *Palaemonetes* (...) los núcleos están arreglados distintivamente en pares, un par para cada omatidia. [p. 114].

Es evidente que la omatidia en los decápodos contiene los siguientes elementos: dos células de la hipodermis corneal; cuatro células cónicas; ocho células retinulares proximales, una de las cuales es rudimentaria; dos células retinulares distales; células accesorias, de origen mesodérmico (¿?), frecuentemente presentes. [págs.: 114-115].

Unos párrafos adelante Parker (1891) "concluye sus cuentas de la estructura de las omatidias en crustáceos y con el propósito de presentar en una forma condensada los rasgos más importantes [p. 115]" de ella, diseña y ofrece una tabla bastante interesante y pasa a dar cuenta de sus logros iniciales con respecto al funcionamiento de dicha estructura. Existe un hecho epistémico que vale la pena recalcar: en la misma memoria se pasa de la anatomía a la fisiología de un órgano. De tal manera que se lleva a cabo una segunda diferenciación del observable en la constitución de esta vereda: de ser el objeto de conocimiento la estructura de las omatidias se transforma en el funcionamiento de las mismas. Como se podrá recordar, un hecho parecido ocurrió con los procedimientos de Dutrochet (VI.10) en el trayecto del sueño en las plantas; por tal motivo, se puede uno volver a percatar del viso homeorrésico en las rutas de la Circadiología.

El segundo periodo de sus estudios Parker (1891) lo abre con las siguientes frases:

La innervación de la retina en el ojo compuesto de los crustáceos es principalmente interesante por su importancia en relación con las cuestiones fisiológicas. Como este documento trata de un tópico morfológico, obviamente, puede ser irrelevante entrar en alguna extensa discusión de dicha materia. Sin embargo, la inervación de la retina se asienta sobre la cuestión general que he tenido que poner por mi mismo y por esto, no la puedo pasar como un asunto secundario pero expondré en una forma breve, tanto como me sea posible, mis observaciones concernientes a ella. [p. 116].

Enseguida, comenta los resultados de sus labores con la terminación del nervio óptico que había dado a conocer previamente (1890a):

> Lo que yo he visto de la terminación de las fibras en otros crustáceos confirma las cuentas que ya he entregado para la langosta. En algunas de las especies que he tenido que estudiar, debido al pequeño tamaño de los elementos retinianos, fui incapaz de determinar las células a las cuales están conectadas las fibras del nervio. Sin embargo, la terminación de las fibras en las células de la retínula fue observada en los siguientes géneros: *Branchiupus*, *Limnadia*, *Pontella*, *Gammarus*, *Talorchestia*, *Idotea*, *Porcellio*, *Sphaeroma*, *Serolis*, *Gonodactylus*, *Mysis*, *Palaemonetes*, *Crangon*, *Cambarus*, *Palinurus*, *Pagurus*, *Cancer* y *Cardisoma*. En la mayoría de éstos se puede distinguir un eje fibrilar. En *Cambarus* como en *Homarus*, las fibrillas nerviosas se expanden sobre la porción distal del rabdoma.

De la misma manera, hace una discusión con otras opiniones concernientes a la citada terminación. Dentro de las conclusiones teóricas de estos resultados, se puede uno percatar que él pensaba que:

> Las células retinulares se han diferenciado con el propósito especial de cubrir los conos. [Que] en la diferenciación de un grupo de simples células retinulares en células proximales y distales, las últimas, necesariamente, cambiaron su función: desde aquella de órganos nerviosos terminales a la de tapojos con la ocupación principal de excluir la luz del lado de los conos. [págs. 118 y 120].

De la misma manera que en los otros cauces después de la construcción del paradigma darwiniano y antes del crecimiento de la operación de base para la definición de los ritmos circadianos se formulan hipótesis en cuanto al valor adaptativo de la función en sí misma pero no en torno a su periodicidad (VI.22 y VII.3.4). De nuevo el rasgo de equifinalidad en los trayectos de la Circadiología.

"Al siguiente año de que salió de la imprenta la memoria de Kiesel (1894), Parker (1895), en conexión con otras materias, dió cuenta de los cambios en los pigmentos retinales en *Astacus* [Parker 1897: 276]". Estos estudios sobre la retina de *Astacus* condujeron a Parker (1895: 25) "a concordar con Exner (X.2.8) en

que los pigmentos accesorios presentan únicamente un cambio aparente [p. 282]".

En 1896, Parker "publicó una exposición preliminar de los resultados dados en forma completa [Parker 1897: 276]" en su memoria del año siguiente.

En este documento de 1897, **Photomecanical changes in the retinal pigment cells of *Palaemonetes*, and their relation to the central nervous system**, Parker muestra "un registro de una serie de experimentos sobre los cambios fotomecánicos en las células de la retina en *Palaemonetes vulgaris* Stimp. [p. 275]". Abre con sus consideraciones sobre la selección de la especie y las tendencias seguidas en los trabajos anteriores sobre el objeto de estudio. Dentro de las que sobresalen "las líneas echadas a lo largo por Boll [X.2.5], Engelman [1885] y otros en sus estudios sobre los ojos de vertebrados [p. 275]". Luego, describe la estructura del ojo en *Palaemonetes* y "el método general por el cual fue determinada la acción fotomecánica normal de las células retinulares pigmentadas en *Palaemonetes*, que consiste en el examen de los ojos que fueron puestos en la luz o en la oscuridad por periodos conocidos de tiempo [p. 278]". Son notables el cuidado que tuvo el investigador para asegurarse de que, en la cámara oscura de sus experimentos, hubiera una "ausencia completa de luz" y para describir con detalle sus maniobras, otra vez está presente la adquisición de la conciencia del oficio que tiene la operación de base, por lo cual se reafirma el aspecto homeorrésico de los trayectos de la Circadiología (VI.4 y VII.5.17).

"Los periodos de exposición a la oscuridad en el primer grupo de experimentos fueron como sigue: 1, 5, 10, 15, 30, 45 y 60 min; diez en el intervalo de 1 a 8 horas [p. 279]". Subsecuentemente Parker (1897) encontró "que los experimentos no debieron haberse extendido más allá de un periodo máximo de dos horas y que los intervalos de alrededor de quince minutos fueron todo lo que era necesario para observar los pasos del cambio [ib.]". Se puede uno percatar que el paradigma que promovía sus operaciones lo inducía

a realizar experimentos a corto plazo. No estaba interesado en los fenómenos con una periodicidad cercana a las 24 horas. A pesar de ello, los resultados que obtuvo originaron el arribo a la ritmicidad circadiana en los cambios de los pigmentos de los ojos compuestos.

De cada lote de animales que había estado bajo las condiciones experimentales "los tallos oculares fueron cortados en secciones para ser examinados bajo el microscopio [ib.]".

Parker (1897) abre la sección de resultados dando razón de que "los únicos cambios generales, presentados por las retinas sujetas a luz u oscuridad, fueron cambios en el arreglo de los pigmentos [ib.]". "No hay razones para pensar que los cambios son el resultado de un proceso de producción de pigmentos en una parte de la célula y su destrucción en otra. Por el contrario, los hechos observados sugieren que los gránulos de pigmentos de una región de la célula son movidos a otra [p. 281]".

> [En las células retinulares proximales, dicho] movimiento, en todo caso, no es acompañado por un cambio notorio en la posición o la forma de la célula que los contiene ... Considerando los cambios fotomecánicos de las células retinulares distales dos factores deben ser observados como distintos: primero, el alargamiento y el acortamiento del cuerpo celular y segundo, la migración distal y proximal de la célula como un todo .... Cada célula distal puede ser comparada con una amiba, la cual en su migración externa e interna usa sus procesos para guiar su movimiento general. [op. cit.: 281, 284-285 y 287].

Aquí se puede considerar una tercera definición del observable: "los cambios fotomecánicos en las células de la retina" se convierten en que, en las células proximales, "los gránulos de pigmentos de una región de la célula son movidos a otra" o que cambia la forma y hay migración de las células retinulares distales ante los cambios en la iluminación: "los cambios de la condición de oscuridad a la de luz ... son producidos en parte por un movimiento ameboideo de la célula y probablemente, en parte, por una contracción de la porción axial semejante a la muscular [op. cit.: 296]".

Entre las mediciones que hizo Parker (1897: 285), están la de la duración del fenómeno: "en la oscuridad, en su migración,

desde el extremo proximal al distal, la célula [distal] atraviesa esta distancia en alrededor de dos horas; en la luz, la migración en la dirección contraria se completa en cerca de una hora y tres cuartos".

> Para averiguar si las retinas en los dos ojos de *Palaemonetes* son simpáticas cada una con respecto a la otra, en el mismo sentido que Engelman [1885] pensaba que son las retinas de los ojos de los vertebrados, [Parker] condujo dos grupos de experimentos. En ambos, los animales estaban colocados de suerte que, mientras un ojo estaba a oscuras, el otro estaba expuesto a la luz. Después de un periodo suficiente, ambos ojos fueron preparados y examinados ... Los dos grupos de experimentos dieron, esencialmente los mismos resultados, a saber, los ojos expuestos a la luz siempre presentaron la condición normal para la luz y aquellos puestos en la oscuridad, siempre presentaron un acercamiento más o menos incompleto a la condición característica para la luz. [1897: 289 y 290].
>
> Otra cuestión que, [a decir del mismo Parker -1897: 290], naturalmente se le presentó por sí misma, fue la de si diferentes partes de la misma retina eran simpáticas una con respecto a la otra o si ellas son enteramente independientes, p. ej. si o no una retina responde localmente a los estímulos ... Los experimentos presentaron más allá de una duda que los elementos de la retina actúan localmente y responden a diferencias en la luz y la oscuridad, independientemente uno de otro.

Hasta aquí la influencia de los paradigmas exnerianos en las tareas de Parker. Este "pensaba que la magnitud de la influencia de los órganos nerviosos centrales sobre los cambios fotomecánicos en la retina, nunca había sido determinada para algún artrópodo [1897: 291]". Parker abrió el desarrollo de los paradigmas que servirían como factores de crecimiento en el desenvolvimiento de la Circadiología de la siguiente forma:

> Antes de dirigirse a las pruebas experimentales obtenidas de los *Palaemonetes* [Parker] consideró que podría ser bueno tomar en cuenta algunas consecuencias de dicha cuestión: en orden a que los órganos nerviosos centrales pudieran tener alguna influencia sobre las células retinulares pigmentadas, los dos grupos de estructuras deberían estar con conexiones nerviosas. Tan lejos como se sabía, las únicas estructuras en la retina de los *Palaemonetes* que poseen conexiones nerviosas son las células retinulares proximales, las células accesorias y las células distales no están abastecidas con nervios. Puesto que los cambios fotomecánicos ocurren en estos dos grupos de células, la inferencia

que debería ser trazada es que, en ellos, dichos cambios son necesariamente independientes de los órganos nerviosos centrales. Pero, también podía ser argumentado que estos mismos cambios indican conexiones nerviosas que se les han escapado a los ojos de los anatomistas. A esto podía replicarse que, como las conexiones nerviosas de las células proximales son muy obvias, es altamente improbable que las células distales y accesórias tuvieran hasta ahora un suministro nervioso sin describir. Hasta aquí, entonces, conforme a las relaciones púramente anatómicas, ellas le indicaban que, al menos, los cambios fotomecánicos, en las células accesorias y distales, eran independientes de las influencias nerviosas centrales. [págs. 291-292].

Es ésta una muestra de abstracción empírica y de la función que tiene este mecanismo formador en el plano cognoscitivo (II.11). Por otra parte, el método que empleó Parker para poner a prueba sus predicciones en *Palaemonetes*, "consistió en examinar los cambios que prosiguen en los ojos después de que sus conexiones con los órganos nerviosos centrales han sido seccionadas [p. 292]":

> Estas conexiones fueron convenientemente cortadas en uno de estos dos lugares: ya sea que el tallo ocular fuera extirpado, en cuyo caso el nervio óptico fue cortado entre el cerebro y el ganglio óptico, separando el último de su conexión normal con la retina; o bien que el final retiniano del tallo fuera amputado de éste, así se separó la retina, en la región de la fibra nerviosa retiniana, del ganglio óptico como del cerebro. [p. 292].
>
> Cuatro langostinos vivos, cuyos ojos estaban en la condición característica para la oscuridad, fueron decapitados: sus tallos ópticos derechos fueron amputados y colocados en la cámara húmeda para luz; igualmente, para confrontar los resultados de los experimentos, sus tallos izquierdos fueron sacados y puestos en una cámara húmeda oscura. Después de un intervalo de dos horas ambos grupos de tallos fueron curtidos y posteriormente, partidos y examinados. En una vía similar, los tallos ópticos en las condiciones características para la luz fueron separados y sujetos a la oscuridad. [págs. 292-293].

Indudablemente, en los protocolos de Parker (1897) estaba presente el paradigma ferneliano de la localización[154] (V.7).

---

[154] Como se recordará "uno de los méritos de Fernel, nuestro médico

Parker (1897) repitió el procedimiento con las retinas aisladas. Resume los resultados de sus experimentos en tablas. Su "conclusión general de que en *Palaemonetes* el cerebro no es esencial para los cambios fotomecánicos en la retina permeneció inafectada ... no tuvo duda en establecer que, en su opinión, los cambios fotomecánicos en la retina están muy poco influidos por el ganglio óptico y por el cerebro [págs. 294 y 295]". LLegó así a una cuarta diferenciación del observable: "los cambios fotomecánicos en las células pigmentadas retinulares, en su opinión, serían inducidos por la influencia directa de la presencia o la ausencia de la luz sobre estas células [ib.]". En esta opinión, de nuevo, se puede ver el efecto de dos de las nociones más generales: la concepción atomística que explica el todo en función de las partes y la de que el medio se impone al organismo.

Las propuestas de Parker acerca de la función de los órganos nerviosos centrales, pronto, empezaron a establecerse como un paradigma, aun cuando en su formulación quedaron dos lagunas: no señala algún mecanismo mediante el cual se daría "la influencia directa de la ausencia o presencia de la luz" sobre las células pigmentadas retinulares y no cubre la posibilidad de que, al casi no existir influencia neural sobre dichas células, éstas recibieran una humoral. Esto es previsible si se toma en cuenta por una parte, la incidencia del plano epistémico ferneliano (V.7) sobre los experimentos de Parker y por otra que se iniciaban apenas los primeros paradigmas de la Endocrinología (X.1). Las dos lagunas pronto se transformaron en fuentes de desequilibrios (II.6).

---

del siglo XVI, es haber subrayado la importancia del 'sitio' de la enfermedad. Su vanguardismo en el terreno de la localización se basa en su convicción de que los propios órganos, los órganos 'sólidos', como él decía, para diferenciarlos de los humores, eran el centro de la función y de la disfunción. [Sherrington, 1940: 222]".

X.2.13) M. Stefanowzka (1890)

"En 1890, M. Stefanowzka publicó una relación en la cual [los cambios de los pigmentos en los ojos compuestos] fueron otra vez considerados pero con una amplia gama de material [Parker, 1891: 276]".

X.2.14) S. Watase (1890)

S. Watase (1890: 299) se enteró que en la omatidia de *Cambarus* se presentan siete células retinulares y estableció que en este género "la parte dióptrica de la omatidia está enfundada por cuatro células pigmentadas [Parker, 1891: 114]".

X.2.15) E. A. Fick (1891 y 1895)

A pesar de que Rothschuh (1974) cuando revisa la información biográfica y la de las contribuciones del Dr. Fick, lo nombra como Adolf Fick, Parker (1897) cita un E. A. Fick y Welsh (1930a) a un A. E. Fick, por la coincidencia del asunto abordado, la ciudad y el periodo en que salen de la imprenta los resultados de sus maniobras, parece que se trata del mismo Médico materialista alemán (VI.13):

> Adolf Fick perteneció a la escuela de Ludwig y, como éste, fue un cultivador de la orientación física. Su primer trabajo científico, a los 19 años, se ocupaba del momento de torsión de los músculos (1849). En 1852 siguió a Ludwig a Zurich. A partir de 1868 fue fisiólogo en Wurzburgo, donde en 1883 se construyó para él un nuevo instituto. En 1899 se retiró y en 1901 murió de un ataque de apoplejía. [Rothschuh, 1974: 71].
>
> Fick (1891), trabajando con la rana, encontró que los animales expuestos de dos a cuatro minutos a la luz y muertos inmediatamente después, no presentaban migración de los pigmentos retinianos, mientras otros, expuestos por la misma longitud de tiempo y luego, colocados a la oscuridad por veinte minutos, exhibían alguna migración. [Welsh, 1930a: 483-484].

Fick (1895: 77 y 81) demostró que se podían obtener resultados similares a los presentados por Engelmann (X.2.8), "igualmente, después de que el nervio óptico y los nervios simpáticos han sido cortados y que por lo tanto, los órganos

nerviosos centrales no tienen parte en los cambios [Parker 1897: 291]" ocurridos en el ojo de la rana.

De la misma manera que en otros caso, con todo y que Fick hizo sus operaciones en los ojos de ranas se han articulado en esta vereda por sus servicios paradigmáticos en ella.

X.2.16) F. H. Herrick (1891)

"F. H. Herrick (1891) da cuenta de los "cambios en los ojos de *Palaemonetes*. Esta se halla contenida en su monografía sobre el desarrollo de *Alpheus* [Parker, 1897: 276]".

Herrick (1891) encontró que en los ojos de los camarones que han sido conservados en la oscuridad por treinta y ocho días, antes de ser expuestos a la luz, las células pigmentadas distales en la posición a la luz están mucho muy plegadas y arrugadas (Welsh, 1930a).

X.2.17) W. Szczawinska (1891)

Al siguiente año de la publicación de Stefanowska (1890), apareció "un artículo de W. Szczawinska (1891) sobre los cambios de los pigmentos en los ojos de los crustáceos y los arácnidos [Parker, 1897: 276]". Szczawinska (1891: 552) "propone que en *Astacus*, bajo la influencia de la luz, las células [accesorias pigmentadas] contienen una ligera dilatación [y que] la condición característica para la oscuridad es alcanzada en seis horas y para la luz en dos horas [págs.: 282 y 286]".

X.2.18) A. Kiesel (1894)

A. Kiesel (1894) "describe algunas observaciones muy notables sobre los cambios de los pigmentos en los ojos de los insectos [Parker, 1897: 276]". "Hizo mediciones microscópicas directas sobre el cambio del diámetro de la pseudopupila en los ojos de una polilla, *Plusia gamma* [Welsh, 1930a: 476]". En ellos menciona que la respuesta de las células retinulares a los cambios en la iluminación requiere de 30 a 60 minutos.

La literatura sobre el fenómeno fotocinético bajo luz de color en el ojo de los invertebrados se inicia "con las contribuciones que hizo Kiesel (1894) con *Plusia gamma*. Este investigador fue el primero en estudiar la influencia de la luz de color sobre los cambios fotoquímicos en el órgano visual con el bien conocido fenómeno de la brillantez fría en el ojo de los artrópodos adaptado a la oscuridad [Day, 1911: 308]".

> Kiesel (1894) observó que cuando la polilla *PLusia gamma* fue puesta en la oscuridad durante unos días, hubo una serie de migraciones de los pigmentos del iris, los cuales el correlacionó con periodos de sueño y vigilia. Su teoría fue que mientras el animal está despierto los pigmentos están puestos en su posición para la oscuridad pero que cuando el animal está durmiendo la influencia del sistema nervioso los remueve de las células retinulares, las cuales, por lo tanto, asumen la condición característica para la luz [Bennitt, 1929: 419].

Así entonces, la operación de base para el conocimiento de los ritmos circadianos, hecha por Kiesel (1894) en este cauce de los ritmos de la migración en los pigmentos de los animales puede ser considerada como una perturbación cognoscitiva que se realizó al azar, un poco más de siglo y medio después que ya se había llevado a cabo esta misma operación en la ruta del sueño en las plantas. Igual que sucedió en esta creoda, la operación de base no movió a los esquemas de asimilación de esa época; tuvieron que transcurrir casi cuatro décadas para que esto sucediera.

X.2.19) J. C. Bell (1906)

Hasta 1906, "el único trabajo ejecutado alguna vez en los acociles [Day, 1911: 307]" hacia la eficiencia de los colores para producir la migración de los pigmentos "fue el diseñado por J. C. Bell para averiguar cómo estos animales reaccionan a los colores de la luz y cómo los cambios en los pigmentos retinales afectan sus respuestas la luz blanca [ib.]".

X.2.20) E. D. Congdon (1907)

> El único escritor que hasta [1929] había estudiado el efecto estático de la temperatura [X.2.26] en los pigmentos retinales de los crustáceos fue E. D. Congdon

(1907). Encontró que el efecto producido por el calor es opuesto al producido por la luz, mientras que, el producido por el frío es opuesto al causado por la oscuridad. [Bennitt, 1929: 389].

X.2.21) Karl von Frisch (1908)

"Karl von Frisch (1908) no pudo obtener migración de los pigmentos al aplicar electrodos en el ojo de un camarón [Day, 1911: 337]".

En los ojos de las mariposas nocturnas *Deilephila y Chaerocampa*, von Frisch (1908) encontró que la actividad del sistema nervioso fue esencial para la migración de los pigmentos en la oscuridad puesto que, cuando el ojo estaba separado de aquél, de tal modo que sólamente el ganglio óptico estaba adherido a un lado de éste, los pigmentos migraron en la luz pero no en la oscuridad. También encontró que cuando diferentes partes del mismo ojo (de *Sphinx convolvuli*) fueron simultáneamente estimulados en diferentes direccciones desde el exterior, la respuesta fue local ... Cuando, sin embargo, probó la acción de los ojos individuales, exponiéndolos a diferentes estímulos al mismo tiempo, encontró que éstos eran afectados por el sistema nervioso. No estaba seguro de que muchos de estos resultados pudieron haber sido debidos a la difusión, en un momento dado, de la luz a través del cuerpo del animal, pero se inclinó por el punto de vista de que influencias definitivas fueron ejercidas por el sistema nervioso. [Bennitt, 1929: 420].

X 2.22) R. Demoll (1909, 1910, 1911 y 1917)

A R. Demoll le pertenece el crédito de haber sido el primero, por decirlo así, en atacar el problema [de los efectos del sistema nervioso sobre los pigmentos retinales] desde adentro y en intentar una explicación de los mecanismos involucrados existentes. En una serie de artículos que se inician en 1909 y que culminan con su libro: **Die Sinnesorgane der Arthropoden** (1917), dió una fundamentación excelente para el trabajo fisiológico ulterior sobre este objeto. [Bennitt, 1929: 382].

Demoll (1911) fue el primero en presentar que la remoción de la influencia nerviosa por anestesia o muerte, invariablemente, causa que los pigmentos (los pigmentos del iris) asuman la posición característica para la luz ... Demoll pensaba que un estado constante de tono era mantenido por el sistema nervioso central sobre las células retinulares y que era removido por la anestesia, la muerte o por cualquier otro factor que pudiera causar la migración de los pigmentos a su

posición de iluminación. Además corroboró las 'migraciones periódicas' de Kiesel para el caso de la mariposa búho, *Agrotis pronuba*. [op. cit.: 420].

Es esta la forma que empleó Bennitt en 1929 para predecir (se tiene la impresión que sin querer), que la fluctuación atisbada en las contribuciones de Kiesel (X.2.16) empezaba a amplificarse.

X.2.23) Edward C. Day (1911)

Hasta unos cuantos años antes de 1911, investigaciones no muy críticas habían sido hechas sobre los efectos del color de la luz sobre la migración de los pigmentos en los ojos. A través de los trabajos que antes habían sido hechos sobre este problema corría un error, el cual, aunque reconocido por unos pocos, había sido, ya sea despreciado o bien, infructuosamente, contendido con él. Este error consistía en atribuir el efecto del color de la luz, solamente a su longitud de onda e ignorar el factor de la intensidad. [Day, 1911: 305-306].

A Edward C. Day (1911) le pareció que "cuando el obstáculo físico de la intensidad fuera vencido, la atención sería vuelta hacia las consideraciones biológicas [p. 306]". Con estas palabras, da cuenta de la existencia de una perturbación cognoscitiva. Esta clase de perturbación epistémica todavía no había sido puesta en evidencia. Ya no se trata de las perturbaciones que tienen su origen en lagunas, es de las que se oponen a las acomodaciones (II.6).

En efecto,el problema fue formulado como sigue: determinar si las diferentes regiones del espectro, cuando son sujetas a una intensidad igual, son equipotentes para producir la migración de los pigmentos; y si no es así, como un corolario del problema, buscar alguna expresión cuantitativa para la diferencia de la eficiencia entre los finales del espectro, el rojo y el azul.

La investigación fue llevada a cabo en el **Zoological Laboratory** de la Universidad de Harvard bajo la supervisión del Prof. Parker. A quien el autor le estaba en deuda por las invaluables sugerencias, críticas amables y aliento a través del trabajo. [op. cit.: 306].

Tres de los descubrimientos de Day, con mayor auge en esta ocasión son:

1: Diferentes regiones del espectro, a igual intensidad, sacan diferentes cantidades de migración de pigmentos.

2: El azul-violeta fue más potente que el rojo. Esto fue evidente tanto en las secciones como en las observaciones directas de los ojos de los acociles.

6: La tasa de migración de los pigmentos varía con las condiciones fisiológicas. Es lenta en un animal débil o perezoso y más rápida en uno vigoroso. [op. cit.: 333]

En aquel momento, ya "la teoría más generalmente aceptada (...) era que los pigmentos son un mecanismo de protección para regular la cantidad de luz que entra en el órgano receptor y por prevención de la irradación, para una mejor definición de la imagen [op. cit.: 336]".

De cualquier modo, todavía permanecía abierta la cuestión de cómo migran los pigmentos ¿Cuáles son los mecanismos del fenómeno? Este problema podría ser reducido a dos cuestiones: primera, si o no la migración está bajo el control del sistema nervioso central; segunda, si la migración es debida a una fuerza intra- o extracelular. [ib.].

Resultan muy interesantes las definiciones en el planteamiento de los problemas que hizo Day (1911).

En cuanto a la primera cuestión, Engelman (1885), Fick (1890), Kiesel (1894) Herzog (1905), junto con Nahmacher, Lodato y Pirrone (citados por Herzog) obtuvieron pruebas afirmativas. Mientras que las investigaciones de D. J. Hamburger (1888), Fick (1991), Parker (1897) y von Frisch (1908), por el contrario, indicaron que la migración es independiente del sistema nervioso central. Puesto que algunas de las pruebas, de ambos puntos de vista [eran] convincentes, es posible que los dos se [pudieran] reconciliar asumiendo que la migración de los pigmentos es inducida primeramente por la estimulación directa de la luz, mientras que el sistema nervioso central ejerce una influencia secundaria sobre ella, quizás, una ligera inhibición o estimulaciones ocasionales. [ib.].

Aún no aparecía la posibilidad de que la migración tuviera una ritmicidad autosostenida. También resulta evidente el oficio que en esta senda tuvo la corriente de los reflejos como obstáculo epistemológico: "las pruebas, tanto para una causa intra-, como para una extra-celular, de la migración, [Day] las consideró con respecto, primero, a la respuesta directa de los pigmentos y secundariamente a la respuesta indirecta a través de un reflejo [ib.]".

X.2.24) E. Trojan (1913)

"E. Trojan (1913) tuvo la creencia de que la migración de los aussere Pigment en *Palaemon* se debe a la corriente de pigmentos en una envoltura de plasma que rodea los conos [Welsh, 1930a: 469]".

X.2.25) M. A. Mossler (1915)

> Las únicas otras mediciones para determinar la tasa del pigmento distal en el ojo de un crustáceo, que había encontrado [Welsh -1930a: 474], eran aquellas de M. A. Mossler (1915) sobre *Palaemon squilla*. El mismo procedimiento empleado por Parker [X.2.12] fue usado por Mossler excepto que fueron muertos más animales en cada intervalo de tiempo y se tomó un promedio de varios ojos para determinar la posición después de un periodo determinado de tiempo en la oscuridad o en la luz. Mossler concluyó que en la oscuridad la mayor porción de la distancia es cubierta en la primera media hora y la migración se completa a los sesenta o setenta minutos. En luz difusa natural la migración proximal tiene lugar en cuarenta y cinco o cincuenta minutos, sin embargo, en la luz solar directa puede haber una leve migración adicional que no es completada sino hasta dos o tres horas después.
>
> Mossler (1915) admitió que debido a las condiciones estivales o invernales, las condiciones fisiológicas de los animales y también, la variación en el tamaño de los ojos, se puede encontrar una considerable variación en la tasa de migración de los ojos de *Palaemon*. Mossler probó a reducir este error al mínimo haciendo mediciones durante los procesos de adaptación a la luz o a la oscuridad para cada periodo en varios ojos y entonces, promedió los resultados. Que esto no fue enteramente satisfactorio puede ser visto al graficar algunos de sus resultados para la migración proximal en la luz, de las células pigmentadas distales. Sus medidas las hizo desde la capa de los núcleos retinulares a los límites externos e internos de las células pigmentadas distales. Tal gráfica, cuarenta y cinco minutos después de la exposición de los animales a la luz, presenta el límite externo de la célula retinular más pegado a los núcleos retinulares que el límite interno -un error de más de 100μm, el cual es mayor, si se considera la distancia recorrida. [Welsh, 1930a: 474-475].

Estas frases de Welsh (X.2.27) acerca del empleo de los promedios hecho por Mossler (1915), reafirman las sentencias de Bernard (VI.14). Este autor (1865: 179) ofreció pruebas de que

muchos de los "caracteres biológicos del fenómeno, desaparecen en el promedio". En esta ocasión se descubre una más. Muchos años después, Bachelard (1981: 251) confirma que "pretender agotar de golpe la determinación cuantitativa, es dejar escapar las relaciones del objeto". Es lo que le pasó a Mossler.

Mossler (1915) asignó los movimientos de las células pigmentadas distales a "una corriente protoplasmática y comparó la tasa de este movimiento con la de la corriente protoplasmática en ciertas plantas [Welsh, 1930a: 469-470]".

X.2.26) Rudolf Bennitt (1929)

> Entonces, el propósito de la investigación [de Rudolf Bennitt -1929] está claro: contribuir a un mejor conocimiento de los mecanismos comprometidos con la migración de los pigmentos retinales en los ojos compuestos de los crustáceos. [El] expresa su reconocidísimo agradecimiento al Prof. Parker, bajo cuya dirección se inició y llevó a cabo el trabajo. [Bennitt, 1929: 382]. Dos de los tres animales usados en ella fueron anfípodos, *Gamarus locusta* (L) y *Talorchestia longicornis* (Say) y el tercero un decápodo, *Cambarus limosus* (Rafinesque).
>
> El estudio del efecto de la temperatura sobre la migración de los pigmentos retinales servía para varios propósitos: 1) para ilustrar la eficiencia del mecanismo regulador de la luz que provee la migración de los pigmentos; 2) para indicar si esta operación es de naturaleza física o química y 3) si era química, para proveer alguna evidencia de sus relaciones con los procesos químicos ordinarios. [op. cit.: 387].

En lo que atañe a la respuesta inmediata de los pigmentos retinales al estímulo luminoso, que Bennitt (1929) caracteriza como el "efecto estático de la luz", él estaba "seguro en concluir que la posición de los pigmentos en las células retinulares de los anfípodos, de manera distinta a la de los cromatóforos o a la de las células retinales pigmentadas de otros muchos animales, está ajustada sin relación a la temperatura del medio [p. 391]".

Mientras que en lo concerniente a la relación entre el efecto de la temperatura y la tasa de un proceso intracelular, que Bennitt (1929) reconoce como el "efecto dinámico de la temperatura", él resume que: "la relación de la temperatura con

las reacciones químicas está expresada por la ley de van't Hoff [VI.20], la cual establece que la velocidad de una reacción química se duplica o triplica al incrementar la temperatura en 10 °C [p. 393]".

> [Para Bennitt -1929], esto podía ser de valor para el propósito de conocer si la migración de los pigmentos retinales en el ojo de los crustáceos es de naturaleza física o química y si está activado por fuerzas físicas o químicas. Por esto, como un primer paso para responder a estas cuestiones, diseñó unos experimentos para determinar el coeficiente de la temperatura de estos procesos. [op. cit.: 394].
>
> [En una tabla que trae las aportaciones de Bennitt -1929], aparece que tanto en la migración distal como en la proximal de los pigmentos retinales, la tasa (la recíproca del tiempo de reacción) es casi exactamente el doble cuando la temperatura se eleva 10 °C, es decir, que el coeficiente de temperatura de ambas reacciones es de dos [p. 396].
>
> Por lo tanto, estaba obligado a considerar que la migración de los pigmentos en la retina de los ojos compuestos es acarreada por corrientes protoplasmáticas, pero, por un tipo de corrientes que, más que físicas, siguen leyes químicas y que son independientes de la absorción del agua [p. 401].

Tal y como se había prometido en el VI.20, se regresa al tema del Q_{10}. En los experimentos de Bennitt (1929) apareció por primera ocasión la ecuación de van't Hoff a propósito de los asuntos circadianos; esto se hace luego de unos nueve lustros de historia de dicho paradigma y un par de años, antes de los estudios de Bünning (VI.29), correspondientes a "la autonomía de la ritmicidad diaria en las primeras hojas de *Phaseolus multiflorus*". Cabe muy bien recalcar que Bennitt no empleó la ecuación de van't Hoff y de cajón, todavía no podía hacerlo, con el deseo de medir el cambio en el periodo del ritmo de la migración de los pigmentos retinales por efecto del trastocamiento en la temperatura.

Se continuará con las dudas planteadas por Bennitt (1929):

> Si entonces, nosotros estamos tratando con un cambio químico ¿es éste de naturaleza fotoquímica? Las primeras pruebas a la mano, indican que no. Es muy bien conocido el hecho de que el coeficiente de la temperatura para, prácticamente, todos las reacciones fotoquímicas, está en la vecindad de uno (Sheppard, 1914). Cuando nosotros comparamos esto con el alto coeficiente de la temperatura para la tasa de la

migración de los pigmentos en la retina de los crustáceos, resulta llano que ello constituye un argumento en contra de la naturaleza fotoquímica de este proceso. [p. 401].

El segundo criterio que utilizó Bennitt (1929) "para determinar si la migración de los pigmentos retinales en los ojos compuestos es o no esencialmente de naturaleza fotoquímica, [fue otro paradigma], la ley recíproca de Bunsen y Roscoe, la cual establece que el tiempo de reacción varía inversamente con la intensidad de la iluminación (I*T=k) [p. 402]". Localizó una "falta de adhesión [p. 406]" con dicha ley. De acá que publicara que esto, "junto con el alto coeficiente de temperatura para la reacción, evidentemente, coloca a la migración de los pigmentos retinales fuera de la clase de las reacciones fotoquímicas [ib.]". Todavía más, reconoció que "la migración de los pigmentos retinales se parece mucho a una reacción 'todo o nada' [p. 407] ... la cual es característica de la respuesta todo o nada de los nervios o músculos [p. 408]".

En seguida de un sector dedicado a los cambios en la forma de las células durante la migración de los pigmentos, Bennitt (1929) pasa a su conocimiento en cuanto al efecto directo de la luz y la oscuridad sobre la migración de los pigmentos. Da razón de sus hipótesis:

> Se puede concebir que la corriente protoplásmica comprometida con la migración de los pigmentos retinales, puede ser excitada en uno o más, caminos: 1) por el efecto directo de la luz o la oscuridad sobre las mismas células; 2) por la actividad de las hormonas transportadas a los ojos por la corriente sanguínea o 3) por medio de los mecanismos nerviosos de la retina. [p. 414].

Se atisba como: a) Bennitt (1929) se involucra en el cauce hendido por su tutor: Parker (X.2.10), no obstante que no lo hace explícitamente y b) en este cauce se inicia la desarticulación del obstáculo epistemológico instalado por el plano epistémico ferneliano (X.2.12 y V.7). Se amplían las preguntas hacia la actividad hormonal.

> Para probar el efecto directo de la luz sobre cualquier parte del cuerpo, primero es necesario obtener el aislamiento fisiológico de ella. Esto fue hecho en el ojo compuesto de *Talorchestia*. [ib.].

Después de un buen número de experimentos preliminares, cuatro experimentos finales fueron llevados a cabo, en los cuales, doce animales fueron tratados ... en cada uno de éstos, la migración distal fue completa en el ojo aislado. [p. 415].

Aunque, bajo la temperatura ordinaria la duración de la migración proximal normal en la retina de *Talorchestia* es solamente de alrededor de la mitad de una hora, en ningún caso hubo observaciones de una migración proximal en los ojos aislados. [ib.].

[Estas operaciones le hicieron] ver claro [a Bennitt -1929: 416] que mientras la migración distal en respuesta a la luz puede proceder normalmente en el ojo aislado, la migración proximal en respuesta a la luz no es posible bajo las mismas condiciones. En otras palabras, la luz puede actuar directamente sobre las células retinulares y producir la migración distal pero la ausencia de ella no tiene un efecto perceptible sobre éstas, a menos que, estén conectadas con otras partes del cuerpo, presumiblemente, pueden ser el sistema nervioso o el de la sangre.

De otros experimentos, los hechos que estableció [Bennitt -1929: 418], son que la migración distal ocurre en la ausencia total del suministro sanguíneo, mientras que la migración proximal ocurre cuando éste y las conexiones nerviosas son normales pero no ocurre cuando solamente se elimina la acción del sistema nervioso. Además, mientras que se mantienen las conexiones nerviosas ambas migraciones pueden ir con normalidad, invariablemente, cuando el abastecimiento sanguíneo de la cabeza ha sido enteramente parado. [Bennitt] vió que éstas eran razones suficientes para pensar que cualquier papel jugado por la sangre o por sus hormonas ya sea en la migración distal o proximal de los pigmentos retinales es de pequeña importancia y es ordinariamente eclipsada por otros factores.

Es contundente que para una mejor asimilación de sus contribuciones a Bennit le faltó un esquema que incluyera la existencia de glándulas en los tallos oculares. Paradigma que todavía tardaría en progresar.

En lo que se refiere a las conexiones entre el sistema nervioso y las migraciones de los pigmentos retinulares, Bennitt (1929: 424-425) arribó a las siguientes contribuciones:

La migración distal puede marchar con entera independencia de su conexión con el sistema nervioso central; no es afectada por la exposición del otro ojo a la oscuridad cuando el estímulo luminoso está presente, aunque, puede ser parcialmente, poco más o menos, llevada, en un ojo adaptado a la oscuridad y cubierto, exponiendo el otro a la luz. Por lo tanto, el principal

mecanismo para la migración distal no reside en el sistema nervioso, sino en las mismas células retinulares. La migración proximal es en todo momento dependiente de la presencia de las conexiones entre los ojos y el cerebro; esta migración no puede ser, poco más o menos, llevada en el ojo expuesto a la luz, incluso, exponiendo todo el resto del cuerpo a la oscuridad; además, se puede impedir que siga el proceso hasta su terminación en un ojo que esté en la oscuridad por estimulación del otro ojo con luz; la migración proximal completa no puede ocurrir, a menos que, ambos ojos estén en la oscuridad.

Ciertamente, con las contribuciones de Bennitt (1929), los esquemas de asimilación se ponen a punto para orientar las investigaciones de Welsh (X.2.24) las cuales tienen como efecto la amplificación de la fluctuación kieseliana.

X.2.27) John Henry Welsh (1930a, 1930b, 1936, 1937, 1938)

La primera memoria que John H. Welsh publicó en 1930 "es el resultado de un intento para determinar la naturaleza exacta del movimiento de las células pigmentadas distales [1930a: 460]" en los ojos de *Palaemonetes vulgaris* (Stimpson). El trabajo "fue efectuado bajo la dirección del Prof. Parker [ib.]" a quien, Welsh le estaba "profundamente agradecido por sus muchas sugerencias [ib.]".

Las tres primeras secciones Welsh (1930a) las dedica a los materiales y método; a la estructura del ojo de *Palaemonetes* y a los cambios fotoquímicos en las células pigmentadas distales. En ellas están innegablemente algunas de las sugerencias de Parker (X.2.11) y reconocimientos al papel que le asignó Exner (X.2.10) a dichos cambios. Welsh (1930a) continúa:

> El encontrar que el plegamiento debido al acortamiento de las células pigmentadas distales en los ojos de *Palaemonetes* ocurre normal y regularmente, sugiere la presencia de elementos contráctiles. La falla en los procesos para cambiar el diámetro durante su contracción y alargamiento los excluye como contráctiles por sí mismos. Como quiera que sea, existía la posibilidad de elementos contráctiles corriendo de los procesos. Estos podrían estar cubiertos con los pigmentos cuando las células estuvieran en la posición característica para la luz pero podrían ser vistos en los procesos cuando las células estuvieran en la posición para la oscuridad. [p. 470].

> En su intento por aprender, tanto como fuera posible, de la estructura de las células pigmentadas distales, [Welsh] se encontró con la dificultad que presentaba la acción destructiva de los reactivos usados para la despigmentación. Por algún tiempo le fue imposible conservar cualquier cosa por la aspereza de los contornos celulares pero finalmente, usando celoidina para cubrir las secciones durante la despigmentación, los detalles fueron preservados y se encontraron estructuras, las cuales, son incuestionablemente de una naturaleza contráctil. [págs. 470-471].

En estos renglones se puede uno enterar nítidamente de la existencia de las perturbaciones cognoscitivas que comprenden la resistencia del objeto (II.6) en esta senda. Una vez que Welsh da cuenta de la retroalimentación negativa, pronto responde por los resultados:

> Las estructuras que [Welsh] llamó fibrillas contráctiles (...) se ve que se originan cerca de los núcleos de las células retinulares; de hecho, parece que sus terminaciones se desparraman alrededor de los núcleos de dichas células. Estas fibrillas pasan a través de las células pigmentadas distales y aparentemente finalizan sin pasar a través de los procesos distales. [p. 471].
>
> Estas fibillas son mucho más difíciles de localizar en los ojos de los animales adaptados a la oscuridad, porque en esta condición están relajadas y son cuatro o cinco veces más largas que en la de contracción. [op. cit.: 472].
>
> [Welsh] nunca fue capaz de encontrar fibrillas en los procesos distales, por esto fue un problema si existían aquí o si los procesos distales son por sí mismos contráctiles. [ib.].
>
> [Welsh] creía estar en lo cierto de que estas [fibrillas] en las células pigmentadas distales son de una naturaleza muscular y puedan ser llamadas 'fibrillas musculares' o fibrillas contráctiles. Ellas toman la pigmentación de la eosina tanto como los músculos lisos e incrementan su diámetro en la posición contraída ... Estas fibrillas son sin duda las responsables para la migración proximal de las células en la luz y son responsables de la condición plegada de las células en su posición extrema a la luz. [ib.] ... [Welsh] veía que ésta era la primera observación de tales estructuras en los ojos de los crustáceos y que daba cuenta, al menos en parte, de los interesantes movimientos de las células pigmentadas distales en los *Palaemonetes*. [Para él], la manera por la cual se provoca que estas fibrillas se contraigan en la luz y se relajen en la oscuridad no era conocida pero la contracción es probablemente producida, poco más o menos, por una descomposición fotoquímica de

alguna sustancia, en la luz, mientras una recombinación bajo la oscuridad efectuaría una liberación del tono y una consecuente relajación. Las pruebas para un control nervioso de las células pigmentadas distales estaba en conflicto y hasta que se diera un trabajo fuerte, una discusión en dicha fase del problema era infructuosa.

Así, otro de los discípulos de Parker (X.2.12) trató de llenar otra de las lagunas dejadas por su maestro, aquélla a propósito del mecanismo por medio del cual se daría "la influencia directa de la ausencia o presencia de la luz [Parker, 1897: 295]" sobre uno de los dos conjuntos de células pigmentadas retinulares.

Welsh (1930a) en aquel momento revisa los estudios de Mosler, hechos tres lustros antes y emite la crítica que se ha resumido en el X.2.25. Pero, a pesar de y por las dificultades con ella atisbadas, "consideró de mérito, mientras, usar el método de Mossler sobre los *Palaemonetes* [p. 475]" para evaluar la tasa de migración:

> En esta serie fue notado que la tasa de migración variaba en los ojos de diferentes animales ... [que] el tamaño de los ojos también variaba mucho y esto introducía una considerable fuente de error en la mediciones. Finalmente [Welsh] concluyó que no se podían obtener mediciones realmente exactas hasta que fuera encontrada la posibildad de hacer estas sobre un solo individuo. [págs. 475-476].

Da la impresión que Welsh (1930a) siguió los consejos de Bernard (VI.14) de que "es preciso ante todo, determinar exactamente las condiciones de cada fenómeno [y que] la primera condición para emplear la estadística, es que los hechos a que se aplica sean exactamente observados, a fin de poderlos reducir a unidades comparables entre sí [Bernard, 1865: 181]". Con ello dejó de lado el obstáculo espistemológico de los promedios al que se había enfrentado Mossler (1915) y cae con las contribuciones de Kiesel (X.2.18).

> Kiesel (1894) había hecho mediciones microscópicas directas del cambio en el diámetro de la pseudopupila en los ojos de una polilla, *Plusia gamma*. Aunque no obstante, que este hecho y el método no fueron conocidos en su tiempo, [Welsh sintió] que la experimentación con dicho procedimiento en *Palaemonetes*, podría ser posible.
>
> La transparencia de los ojos y los claramente bien cortados límites de las células pigmentadas distales le

sugirieron la posibilidad de medir el ancho del área transparente entre las células pigmentadas y la cornea, así, sería posible obtener mediciones directas del movimiento de la célula distal durante su adaptación a la luz o la oscuridad. [1930a: 476].

Con este instrumento en la mano Welsh (1930a) hizo sus experimentos para determinar la tasa de la migración con mediciones en un solo individuo bajo luz u oscuridad. Los resultados los presenta en forma de gráficas. Estas son las primeras curvas individuales de adaptación a la luz y a la oscuridad de los ojos compuestos que han sido dibujadas. En ellas es evidente una típica curva logística.

Tiempo después, Welsh (1930a) modificó un poco su protocolo e investigó el efecto de los periodos alternados de luz y oscuridad sobre los movimientos de las células pigmentadas distales. En este sitio, no hace más que responder a la perturbación que resultó en los trabajos de Fick (X.2.15) en 1890, quién se había fijado en que los ojos de las ranas, cuando eran expuestos por dos a cuatro minutos a la luz "y luego, colocados a la oscuridad durante veinte minutos, exhibían alguna migración [Welsh, 1930a: 483-484]".

Welsh dejó ver sus resultados en una tabla y los presentó gráficamente en una figura.

> Durante el primer periodo en la luz los pigmentos migraron aproximadamente en una tasa normal, cubriendo la distancia de aproximadamente 100μm. Durante el siguiente periodo en la oscuridad, las células pigmentadas en lugar de pararse o moverse distalmente, continuaron por una distancia de 30μm. En otros experimentos esta distancia fue igualmente grande. Ninguna medición fue hecha mientras el animal estaba en la oscuridad, así, el cambio en la tasa del movimiento de las células durante el periodo de oscuridad no es presentado. Durante el segundo periodo en la luz las células pigmentadas continuaron migrando proximalmente pero con un incremento en la velocidad en comparación con el periodo previo. Al final de este periodo las células pigmentadas habían alcanzado el límite de su intervalo de migración y durante el siguiente periodo en la oscuridad, los pigmentos regresaron durante el primer tiempo, recobraron la distancia en el siguiente periodo y no presentaron otro regreso durante el periodo final. [1930a: 484-485].
>
> De estos experimentos [a Welsh le pareció] que era cierto que, al menos en el caso de las células

pigmentadas distales de *Palaemonetes*, un movimiento iniciado por la luz puede continuar en la oscuridad durante un apreciable largo tiempo, a menos que, el cambio de la luz a la oscuridad sea hecho cerca del término de la migración, entonces las células pigmentadas no pueden continuar la migración pero pueden permanecer moviéndose o presentar una dirección en reversa. [1930a: 485].

Welsh (1930a) sentenció que era "posible que Bennitt (X.2.26) no hubiera detectado esta continuación en la oscuridad porque el periodo en la luz no fue lo suficientemente grande para sacar una respuesta medible [ib.]". Se puede uno percatar de cómo la orientacion de un paradigma, el endocrinológico (X.1), le permitió a Welsh (1930a) hacer las siguientes formulaciones:

> [Lo anterior], ciertamente ocurre normalmente en *Palaemonetes* y es posible que sea debido a una acumulación de alguna sustancia o sustancias producidas por la acción de la luz sobre el ojo, la cual, en su turno, induce por todos lados el acortamiento de las fibrillas contráctiles de los procesos proximales y desparece lentamente cuando el animal es puesto a la oscuridad. [ib.].

Así, Welsh (1930a) da razón de la hipótesis que le hizo pasar a la construcción de la operación de base en esta senda. Los resultados de esta acción los documentó en el mismo año de 1930. Parte, tratando algunos de los resultados de su estudio previo con *Palaemonetes*. Menciona cómo llevó a cabo sus experimentos que, en esencia, son técnicamente equivalentes a los anteriores. Las modificaciones más grandes consisten en que hace sus mediciones durante un tiempo mayor y bajo condiciones de iluminación constante. Establece que "es incuestionable que el comportamiento registrado de las células pigmentadas distales del *Macrobrachium* se debe a un ritmo diurno y tal caso, hasta donde [el conocía], no había sido informado para los pigmentos en los ojos compuestos de los crustáceos [Welsh, 1930b: 388]". Esto lo compara:

> con el ritmo diurno observado por Gamble y Keeble (1900) en los cromatóforos de *Hyppolyte varians* [X.1.7], por D. Slome y L. T. Hogben (1929) en los melanóforos de *Xenopus laevis* [X.1.], con el ritmo diurno en la migración de los copépodos (Esterly, 1917b -VIII.14) y con la luminiscencia periódica, tanto en copépodos (Moore, 1909), como en balanoglossidos (Crozier, W. J.,

1920), porque en todos estos casos un ritmo natural fue mantenido cuando las condiciones externas recurrentes usuales estaban ausentes.

Con estas citas, Welsh (1930b) abre otro de sus quehaceres, el de síntesis. En el resto de esta contribución instala más interacciones con otras sendas: con las aportaciones de Menke (VIII.18) y su condiscípulo Perkins (X.1.12). Se inicia apenas la consolidación de la operación de base en esta vereda y ya se puede uno percatar, de una primera confluencia con otra, la de los ritmos de migración vertical y de mareas. Los siete puntos de su resumen:

> 1 Bajo iluminación constante, las células pigmentadas distales en los tallos oculares de ciertos langostinos cubanos (*Macrobrachium olfersii*, Wiegmann y *M. acanthurus* Wiegmann) continúan presentando un movimiento diario, cerca de las 18:00 hrs migran a la posición distal y permanecen en ésta, hasta alrededor de las 5:00 de la mañana siguiente.
>
> 2 Los pigmentos proximales no presentan el mismo movimiento periódico.
>
> 3 Las células pigmentadas distales en los tallos oculares asumen la posición característica para la luz, ya sea que se coloquen en la luz o en la oscuridad y por esto no pueden ser denominados como efectores independientes.
>
> 4 **Chloretone** no afecta la adaptación a la luz, disminuye la velocidad de adaptación a la oscuridad e impide la migración diaria de las células pigmentadas distales.
>
> 5 La ligadura del tallo ocular evita ambas: la migración distal en la oscuridad y la migración diurna de las células pigmentadas distales.
>
> 6 Los movimientos diarios de las células pigmentadas distales son paralelos a los cambios de actividad en los animales [IX.16].
>
> 7 Los movimientos normales de las célulsa pigmentadas distales tanto como los movimientos periódicos bajo condiciones externas constantes parece que son controlados directamente por la hemolinfa e indirectamente por la vía del sistema nervioso.

El hecho epistémico, de que fue, precisamente, en el año de 1930 cuando Welsh, al poner en oscilación libre por primera vez el ritmo en la migración de los ojos compuestos de los langostinos, consolida la operación de base de la Circadiología en esta senda, sustenta la idea de una cierta índole homeorrésica (II.10) en el crecimiento de esta disciplina.

En 1936, Welsh inicia su relación con las asociaciones entre los ritmos fisiológicos y los cambios del ambiente que lo guían a estimar la existencia de un mecanismo interno que controla aquéllos y se regula por éstos:

> Los ritmos fisiológicos que han sido establecidos en los organismos por cambios ambientales recurrentes, tales como el cambio en la intensidad luminosa entre el día y la noche, ocasionalmente persisten cuando los estímulos externos recurrentes han sido removidos y el organismo está colocado bajo condiciones constantes ...
>
> Cuando son impedidas las variaciones en las condiciones externas que se repiten con regularidad, como puede hacerse fácilmente en el caso de los organismos acuáticos y el organismo todavía responde como en su medio normal, únicamente, es posible dar cuenta de esta respuesta sobre la base de un mecanismo controlador interno. En el caso de los ritmos diarios la respuesta, normalmente se debe a los cambios en la intensidad luminosa, temperatura, humedad o algún otro factor, el cual varía con el día y la noche. La respuesta puede ser debida enteramente al efecto directo de uno más de estos factores, pero si ésta persiste bajo condiciones constantes, es evidente que es más compleja que esto y es posiblemente, realizada por la vía del sistema nervioso o una combinación de nervios y sistemas endocrinos. [Welsh, 1936: 217].

Resulta trascendente la introducción de los "sistemas endocrinos" en una formulación tocante a los ritmos circadianos. Por una parte, se detecta el vencimiento del obstáculo epistemológico que representaba el paradigma organicista (V.7) en la consolidación del conocimiento sobre dichos ritmos; se inicia la superación dialéctica del paradigma ferneliano en la historia de la Circadiología. Por otra, se atisba el pasaje sintético de las sendas de los ritmos de actividad en insectos (VII), los ritmos de actividad en decápodos (IX) y los ritmos en la migración de los pigmentos animales, hacia un canal que bien se puede denominar "tras el reloj central", cuyo progreso se dió dentro de la era inter- (II.16 y II.17) del conocimiento sobre los ritmos circadianos.

Con todo y este salto teórico, la búsqueda del análisis de las propiedades y las consecuencias de la operación de base apenas descubierta, permaneció orientada hacia los rasgos internos y las hilaciones inmediatas (II.16.1). "Un hecho que debería ser

conocido en el caso de los cambios en los ojos de crustáceos es qué tanto persistía el ritmo [ib.]". El artículo de Welsh que apareció en 1936, "principalmente, fue tocante a este problema [ib.]".

> En las Bermudas, en 1933, mientras [Welsh] colectaba durante la noche, atrapó dos especímenes de un raro camarón. En 1934 el Dr. F. A. Brown obtuvo muchos más de ellos, los cuales, eventualmente, resultaron ser *Anchistioides antiguensis* Schmidt, una forma raramente capturada en el océano Atlántico. Brown y Wheeler habían sido capaces de presentar (resultados todavía no publicados) que estos organismos están activos solamente durante la noche y pueden ser colectados en grandes cantidades, únicamente a la luz de la luna; así, manifiestan una periodicidad lunar. Por su transparencia, excepto en los ojos, ningún pigmento está presente, [Welsh] los seleccionó para su trabajo. [op. cit.: 218].
>
> Observaciones similares fueron hechas en *Anchistoides* puestos en la luz y la oscuridad ... Eran usualmente examinados una vez cerca del medio día y otra, alrededor de las 23:00 horas. La distancia de la córnea a la periferia de la masa central de pigmentos fue entonces medida por medio de un ocular micrométrico. En el caso de los animales puestos en la oscuridad, esto significó un periodo de iluminación de unos pocos minutos dos veces en 24 horas. [op. cit.: 22].

En la fig. 2A de su narración, Welsh (1936) consignó "los registros de los movimientos de las células pigmentadas distales de cuatro animales colocados en luz constante (...), excepto durante los dos últimos días [en que se dió un cambio a la oscuridad] y de cuatro animales puestos en oscuridad constante [p. 220]".

> Fue evidente que los cambios más fuertes en los ojos, los cuales son independientes de cambios en el medio, son vistos cuando los animales están puestos en oscuridad constante. Durante el día, las células pigmentadas distales estaban en la posición interna extrema y durante la noche se movían a la suma posición externa [op. cit.: 221]. Aunque hubo variaciones individuales, nunca fueron grandes y cada animal respondió esencialmente como el grupo, como un todo. En la oscuridad, el movimiento de los pigmentos fue tan extenso al final como al principio ... Si todas las mediciones hechas en los ojos de los animales puestos en oscuridad constante son graficadas en un periodo de 24 horas, ... es posible dibujar una curva que representa con completa exactitud los movimientos de las células pigmentadas distales. El movimiento hacia afuera de los

pigmentos, el cual se inicia hacia la puesta del sol, es más lento que el movimiento hacia el interior que ocurre en la mañana [op. cit.: 224].

Se puede considerar que Welsh (1936) cayó frente a la sincronización de los ritmos circadianos y no se fijó en ella (fig. 9). Como ya se reconoció en su momento: desde los principios del siglo pasado, de Candolle (VI.11), se había percatado de la existencia de este aspecto de la ritmicidad circadiana; al abrir el presente siglo Pfeffer (VI.24) hizo algunas investigaciones tocantes a este punto y en 1930, Bünning y Stern (VI.29) postularon su significado dentro de "la aceptación de que los movimientos de sueño investigados [por ellos] son autónomos [1930: 252]". ¿Cómo fue entonces que, en 1936, Welsh se va con la finta de la completa exactitud con la que su curva representaba la reunión de un periodo de 24 horas en el ritmo de 4 animales que habían estado en registro durante quince días, en lugar de percibir que, posiblemente, sus pruebas estuvieran siendo afectadas por sus propias actividades? No se estaba contradiciendo ni cayó en el error que le había criticado a Mosler (X.2.25) seis años antes. Está claro que no fue por pocas aptitudes personales, sino porque en esta senda todavía no se daban las condiciones para ello. Como se podrá traer a la memoria, muy frecuentemente los constructores del conocimiento que implica a los ritmos circadianos no se enteraron que habían sincronizado los ritmos de sus interés.

> En la luz constante, bajo la intensidad usada, como no ocurrieron cambios en la posición, sino solamente una modificación en el largo de la células pigmentadas distales, los movimientos diurnos no fueron fuertes [op. cit.: 221]. No obstante, [a Welsh le] fue posible seguir su migración rítmica que, al menos por unos pocos días, mantuvo su fase con el día y la noche. Entre el 17 y el 18 de junio un aparente alargamiento se hizo notable y entre el 20, 21 y 22 del mismo, se vio que las células pigmentadas estaban fuera de fase con el día y la noche. Durante este periodo los cambios en la posición de las células pigmentadas fueron muy ligeros y [para él] era completamente posible que esto fuera una interpretación incorrecta, cuando en el momento que, más tarde, entre el 25, 26 y 27 ellas estaban otra vez en fase. Como quiera que sea, estuvo presente un ritmo de aproximadamente 24 horas que continuó a través del experimento [op. cit.: 224].

Welsh (1936) se situó frente a la influencia de la intensidad luminosa sobre el amortiguamiento y el periodo de los ritmos circadianos, pero de nuevo, las condiciones epistémicas dentro de las que quedaron sus contribuciones, no permitieron que vislumbrara estas características de ellos; más equivocaciones aparentes. Las pocas interrelaciones entre la creoda del sueño en las plantas y la de la migración de los pigmentos en los animales fueron causa de la falta de la consolidación de un marco teórico que de haberse dado, habría significado una asimilación más efectiva. Esta puede ser una de las razones por las que Welsh en 1936 no cayó en cuenta de los nexos entre la intensidad luminosa y el periodo de los ritmos circadianos, nexos que, en nuestro tiempo, son conocidos como las reglas de Aschoff (Aschoff, 1960). En lugar de ello, le achacó los cambios de fase obligados por el cambio del periodo a una posible interpretación incorrecta debida a que los "cambios en la posición de las células pigmentadas fueron muy ligeros [ib.]".

Más todavía, Welsh (1936) escribe: "como quiera que sea, estuvo presente un ritmo de aproximadamente 24 horas que continuó a través del experimento [ib.]" en luz constante. Es precisamente la duración aproximada a 24 horas la característica esencial de los ritmos en oscilación libre, lo que, en nuestro tiempo, les confiere la calidad de ritmos circadianos.

Así pues, se puede ver que fueron tres las fluctuaciones al azar que se dieron en las labores que Welsh hizo en 1936. A ellas, respondió con una conducta epistémica del grupo α (II.8.1), las despreció y sin más, las eliminó. Por el contrario, hubo otras fluctuaciones que lo guiaron hacia una conducta epistémica de la variedad β (II.8.2). En pleno tránsito hacia la senda de los que fueron 'tras el reloj central', dentro de la era intra- de la circadiología, formuló las siguientes hipótesis:

> La persistencia de un ritmo en los movimientos de los pigmentos en los ojos de *Anchistioides*, para un periodo de más de dos semanas, indica que éste, no es un fenómeno transitorio con el cual estamos tratando. Después de que todos los estímulos externos recurrentes han sido removidos, el mecanismo que es responsable de los cambios en los ojos continuó, largamente, su actividad cíclica. Es altamente improbable que el ritmo

sea una propiedad de las células pigmentadas. Es decir, es más cercanamente posible que sea una propiedad de uno de los principales sistemas coordinadores, ya sea el nervioso o el endócrino .... El control inmediato aparenta ser el hormonal, con todo, en algún sitio de la cadena del sistema nervioso, del todo evidente, se representa un papel. [op. cit.: 224-225].

En relación con las células pigmentadas distales, Parker (X.2.12) había sentenciado que sus "experimentos presentaron que, más allá de cualquier duda, los elementos de la retina actúan localmente y responden a diferencias en la luz y la oscuridad, independientemente uno del otro [1897: 290]". A pesar de ello, Welsh en 1936 anula la posibilidad de que fueran ellas mismas responsables de su ritmo diario de migración. Con ello, erige un paradigma, que por una parte, obligaría a labrar la noción de un reloj central y por otra, en completa congruencia, obstacularizaría la formulación de la 'hipótesis de los osciladores múltiples' que no se emprendería sino hasta 1954 con el documento de Pittendrigh "sobre la independencia de la temperatura en el sistema de relojería que controla el tiempo de emergencia en *Drosophila*".

De la misma forma. Se puede uno dar cuenta de la presencia en esta hipótesis de dos nociones generales: la que se puede denominar 'centralista' (X.1.6) y aquella otra de que el organismo impone al medio estructuras independientes de él (II.15.2). Welsh (1936) avanza más en la diferenciación de la materia de estudio. Con base en "los trabajos de Hanström (1931, 1934 y 1935) y algunos de sus estudiantes (Sjögren, 1934 y Carlson, 1935) que [habían] hecho más amplio el conocimiento de las fuentes de la hormona u hormonas de los tallos oculares [p. 225]", formuló una hipótesis que toca una coordinación de objetos.

Afortunadamente le fue posible [a Welsh] que el Dr. Hanström examinara los tallos oculares de *Anchistioides* e informó de la presencia de ambas, la glándula sanguínea y el órgano-X. En cuanto a su forma, la glándula sanguínea está normalmente desarrollada y yace entre el segundo y tercer ganglio óptico sobre el lado dorsal de la masa nerviosa. El órgano-X está muy desarrollado y muy raramente, lejanamente distal, casi tocando la membrana basal del ojo. Como en los otros

decápodos, su posición es en la parte ventral del tallo ocular. [Welsh, 1936: 225]".

[Para Welsh] la hormona que produce el movimiento característico a la luz, de los pigmentos distales y reflejantes, sin duda viene de una de estas glándulas del tallo. Normalmente, se podría asumir que ésta es liberada dentro de la corriente sanguínea bajo los estímulos de la iluminación, entonces sería transportada a los ojos y produciría la denominada adaptación a la luz de los ojos. En *Anchistoides*, bajo luz constante la producción y secreción de la hormona continúa y el pigmento permanece en una casi constante posición a la luz, dependiendo de la intensidad de la iluminación. Sin embargo, en constante oscuridad, la situación no es tan obvia. ¿Cómo es posible que la hormona sea liberada durante las horas de la luz y no durante las horas de la oscuridad? y ¿Cómo es posible que este proceso continúe durante dos semanas sin volverse irregular o presentar signos de desaparecer? En ese momento sólo le era posible especular. Este podía ser un ciclo de secreciones rítmicas en la glándula que continúa bajo condiciones constantes o la situación podría ser mucho más compleja y el ritmo en el ojo podría, solamente acompañar un ritmo general de actividad el cual resultaría de una serie de cambios que involucrarían los sistemas nervioso-endócrino. [págs. 225- 226].

La formulación de la hipótesis de Welsh (1936) es ejemplar; hay atrás de ella un muy valioso proceso de abstracción reflexiva montado en un proceso de abstracción empírica que portaba una laguna obligada por la todavía escasa diferenciación del observable (II.11 y II.6).

Los cuatro puntos del resumen que hace Welsh (1936), ejemplifican completamente la evolución de su trabajo:

1. Las células pigmentads distales y los pigmentos reflejantes en los ojos de *Anchistoides*, un crustáceo, continúan su movimiento característico bajo condiciones externas constantes.
2. Los movimientos de las células pigmentadas distales continúan por 15 días en los animales puestos en oscuridad o luz constante. Los movimientos, con su normal extensión, ocurren en constante oscuridad, mientras que, en luz constante, fueron bastante suprimidos.
3. La persistencia de este ritmo diurno indica que un mecanismo cíclico interno, en parte, es responsable, de los movimientos de los pigmentos en los ojos de los crustáceos.
4. Se considera la posibilidad de que el órgano-X esté involucrado en el ritmo diurno en el movimiento de los pigmentos retinales.

Aún y cuando en 1936, Welsh había dado un gran paso hacia la era inter- de la evolución de la Circadiología, en 1937, junto con Fenner A. Chace Jr. permaneció en la búsqueda del análisis de las diversas propiedades internas de la operación de base, de la puesta en oscilación libre del ritmo en la migración de las células pigmentadas distales de los ojos de los crustáceos. Aunque no lo hace explícito, se abocó a determinar la gama de aplicabilidad de esta herramienta:

> Las operaciones regulares del buque oceanográfico 'Atlantis' de la Woods Hole Oceanographic Institution les hicieron posible un estudio más amplio de los animales del mar profundo y esto los llevó a planear un programa en el cual el primer paso fue investigar más completamente las modificaciones por la profundidad, en los ojos de algunos crustáceos. [Welsh & Chace, 1937: 58].
>
> Al asumir que las migraciones verticales diurnas de *Acanthephyra purpurea* y *Systellaspis debilis* mantienen a estas formas en una región de muy baja, pero constante iluminación, se les hizo interesante saber si los pigmentos proximales, todavía, retienen la habilidad para migrar de un lado para otro del rabdoma cuando están sujetos a iluminaciones de alta intensidad. [Situaron] indicios de que la habilidad de los pigmentos proximales aún persiste aunque ésta nunca fue tan normal como en la vida cotidiana de los organismos. [op. cit.: 70].

En su revisión de 1938, en la que articuló 88 relaciones que tocan los asuntos de los ritmos diurnos, Welsh hizo una síntesis en la que runió los resultados alcanzados en las distintas sendas que formaron la era intra- en la evolución del conocimiento concerniente con la ritmicidad circadiana.

Se puede uno percatar de que, dentro de las categorías que Welsh (1936) emplea, se desarrollaban operaciones con 5 tipos de ritmos diarios de actividad: a) actividad volátil de los insectos; b) migración vertical de organismos planctónicos; c) número de ondas locomotoras en el pepino de mar; d) actividad motriz de los decápodos y e) actividad motriz de los vertebrados. En convergencia con los criterios que se han utilizado se identifican de la siguiente forma: el a con los ritmos de actividad en insectos; el b con los ritmos de migración vertical

y mareas; el c como una fluctuación en plena transición de la era intra- a la inter- de la Circadiología; el d con los ritmos de actividad en decápodos y el e, como un ritmo con el que se empieza a labrar la senda de los ritmos de actividad en los vertebrados.

De los 88 títulos que Welsh (1936) consignó en la literatura que revisó, fácilmente se pueden clasificar 47: 17 corresponden a los ritmos de migración en los pigmentos de los animales; 10 a los ritmos de actividad en insectos; 9 a tras el reloj central, ya se estaban emprendiendo tareas de la era inter-; 7 a los ritmos de migración vertical y mareas; 2 a los ritmos de actividad en los vertebrados y 2 al sueño en las plantas. A pesar del bajo número de estos últimos, su presencia es muy valiosa porque sientan las bases del acercamiento de distintas sendas, a pesar de la distancia filogenética de los organismos que ostentan los ritmos.

Se transcriben a continuación algunos párrafos de los que Welsh nos legó en el año de 1938, en ellos se puede apreciar el pasaje de la era intra- a la inter- en esta creoda de la Circadiología y los productos de la abstracción reflexiva que llevaron a él.

> Generalmente, los cambios recurrentes en el medio físico, tales como, los debidos a las estaciones, meses lunares, mareas y la noche y el día, resultan ser los responsables de los ciclos biológicos. Estos son evidentes en la tendencia de los animales a emigrar, invernar, los ciclos reproductores y los ritmos de mareas o diarios de varios tipos. En el ambiente normal estos ciclos fisiológicos se mantienen en operación por la presencia de sucesos externos pero en ciertas circunstancias es manifiesto que están tan bien establecidos dentro del organismo que persisten aún en ausencia del estímulo externo normal. Muchos ritmos diurnos normalmente conservados en acción durante el día y en la noche, se mantienen bajo condiciones externas constantes. Es con varios de estos tipos de ritmos diarios persistentes en animales que nosotros hemos planteado esta revisión.
>
> El término 'ritmo diurno' es algo engañoso, aunque es normalmente usado para designar un ciclo de 24 horas o algo que ocurre cada día; ocasionalmente se usa para distinguir un fenómeno que es evidente durante el día, en oposición a lo que es ostensible durante la noche 'ritmo nocturno'. Si persistimos en hablar de ritmos

diurnos, tendremos que ser prudentes al usar la palabra 'diurno' para designar la fase del ritmo o del ciclo que ocurre durante el día, por ejemplo, si uno discute el comportamiento de un animal que normalmente está activo durante el día y quieto en la noche, será menos confuso el hablar del periodo de actividad como la 'fase de día', que decir, que el animal tiene un 'ritmo diurno de actividad'. Términos tales como nocturno, matutino, diurno y vespertino han sido sugeridos por J. R. Carpenter (1932) y otros para describir periodos de actividad de diferentes animales. Por el momento estos términos son convenientes, pero el otro sentido común de la palabra diurno, 'que ocurre cada día' debe permanecer en la mente. Sería dudoso salvar confusiones posteriores si aplicamos el término 'ciclos de 24 horas' para fenómenos diversos en plantas y animales que tienen un periodo de 24 horas pero, en virtud de que el término 'ritmo diurno' es de uso común, será empleado de esta manera en esta revisión y considerado como que tiene el mismo significado que 'ciclo de 24 horas'.

La luz del día y la oscuridad tienen efectos distintos y diferenciables en muchos procesos biológicos como por ejemplo, la tasa fotosintética en las plantas. El proceso de la fotosíntesis obviamente no puede continuarse en la oscuridad constante. Hay dudas de que muchos fenómenos asociados con el día y la noche, los cuales son rítmicos bajo condicions naturales y operan en ciclos de 24 horas, sean completamente dependientes de los cambios del medio externo. Por otro lado, como ejemplo del reino vegetal, el pliegue nocturno de las hojas de la *Mimosa* o 'planta sensitiva' persiste durante días cuando la planta es colocada en un ambiente constante. Entre los animales, la producción de luz, los cambios de color, los cambios retinianos, los ritmos de actividad metabólica y general, se mantienen durante periodos largos, en ausencia de cambios del medio externo, de los cuales son normalmente dependientes. Numerosos estudios sobre los ritmos diarios perdurables en los animales han sido hechos y varias sugerencias han sido ofrecidas para explicar su permanencia, pero de ninguna manera se han logrado demostraciones experimentales de la cadena completa de sucesos que conservan en operación el ritmo interno y que estas demostraciones sean satisfactorias ...

Dentro de los estudios sobre ritmos diarios hay algunos puntos importantes que ameritan un énfasis especial. Es evidente que su ocurrencia es relativamente común y que se manifiestan de diversas maneras. Es también indudable que persisten durante periodos de tiempo largos en la ausencia de los cambios del medio externo que son responsables de su origen, siendo los de la luz los más importantes. Los periodos del ritmo o mejor dicho, las fases del ciclo, pueden invertirse experimentalmente, invirtiendo la iluminación; la longitud de los periodos

puede alterarse temporalmente por medio de días artificiales más largos o más cortos que las 24 horas; la regularidad del ritmo puede perturbarse por medio de una iluminación constante; tanto como el animal permanezca intacto, hay una tendencia a regresar al ciclo de 24 horas cuando se coloca subsecuentemente en oscuridad constante. Puede admitirse la presencia de algunos procesos fisiológicos internos que operan en periodos de 24 horas de duración. Es factible, actualmente, una comprensión total de todas las fases de un ciclo en cualquier organismo. El mecanismo que al atardecer provoca el cambio de color en un animal puede ser totalmente diferente del despertar de un animal nocturno, como el murciélago. El problema es determinar si para un animal dado, hay el mecanismo de tiempo que opera independientemente o si hay una serie de sucesos que operan en una secuencia definida y cada uno de los cuales es dependiente del paso anterior.

Las glándulas endócrinas y sus hormonas juegan un papel importante en el cambio de color y de los pigmentos oculares. La actividad de estas glándulas está influenciada por la presencia o la ausencia de la luz pero no hay pruebas convincentes de que haya un ciclo persistente de su actividad secretora bajo condiciones externas constantes.

El efecto de la anestesia y otras pruebas indirectas, tales como la facilidad con la cual los periodos de actividad pueden ser cambiados, sugieren que el sistema nervioso juega un papel importante en la periodicidad diurna. Esto es más de lo que parece en los cambios pigmentarios donde la glándula sanguínea y la parte de la pituitaria que secretan la hormona de activación del cromatóforo están bajo control nervioso.

Las fluctuaciones diarias regulares en la tasa metabólica de los animales rápidos, mantenidos bajo condiciones externas constantes, pueden ser determinadas parcialmente por cambios regulares en los sistemas nervioso y endocrino; es posible que estas variaciones en el metabolismo, a su vez, afecten sistemas de coordinación. En vez de que algún proceso fisiológico se vuelva el responsable de la persistencia de los ritmos diurnos, puede haber una serie de procesos que operen un ciclo. Las pruebas que se tienen a la mano en este momento, sugieren que puede ser cierta, aunque aún no se haya demostrado en ningún organismo, la presencia de una secuencia metabolismo-nervios-hormonas con una duración de 24 horas. Hay datos experimentales más completos sobre ritmos diurnos o ciclos de 24 horas que pueden seguir siendo explicados en los mismos términos indefinidos como los que eran aplicados al ciclo sexual, no hace mucho tiempo atrás.

En realidad, ni la conciencia es exclusivamente réplica de la realidad ni ésta es la construcción caprichosa de la conciencia. Solamente por la comprensión de la unidad dialéctica en que se encuentran solidarias subjetividad y objetividad podemos escapar tanto al error subjetivista como al error mecanicista, y entonces percibir el papel de la conciencia o del 'cuerpo consciente' en la transformación de la realidad.

Paulo Freire (1984)

C A P I T U L O X I

Discusión y conclusiones

Como el título de la tesis es el de 'La etapa intra- de la Circadiología', una primera cuestión que debe ser retomada es la posible validez de haber caracterizado solamente la etapa intra- de la configuración de la Circadiología sin incluir los niveles inter- y trans-. Los argumentos que se exponen en pro, son de tres clases: los enfocados a la forma en que se llevan a cabo el trabajo científico, los que tienen que ver con la naturaleza de la sociogénesis del conocimiento científico y los que se relacionan con el método aplicado.

En concordancia con el marco teórico, se partió de que el conocimiento es un producto de la práctica humana. Desde esta perspectiva se puede ver, por ejemplo, a comunidades de biólogos que pretenden reconstruir los patrones de ancestría común que existen entre un grupo de especies o taxones, que están dedicadas a estudiar un patrón estructural cambiente que da lugar a un órgano, que indagan como se realiza una función o que observan, identifican y experimentan en células aisladas. Todo esto, sin que una comunidad de cladistas tenga que construir las relaciones genealógicas con base en el reconocimiento de grupos hermanos y todos los demás grupos externos, sin que un conjunto de embriólogos esté dedicado a estudiar todos los patrones estructurales cambientes que dan lugar a todos los órganos, sin que un equipo de fisiólogos se tenga que interesar por todas las manifestaciones del funcionamiento orgánico y sin que un grupo de académicos involucrados con algún rubro de la citología tenga que aislar, observar, identificar y experimentar en todas las formas

que hay de células. Las síntesis cognitivas son el producto de la reunión de los múltiples esfuerzos que a veces se perciben como aislados. En este caso, existe una situación idéntica. Por el momento, todavía no se ha tropezado con una razón que tenga el peso lógico suficiente para obligar la demostración de que la Circadiología está en una época trans- y que atravesó por un estadio inter-, para poder sustentar la tesis de que el conocimiento respecto a los ritmos diarios se debió haber originado desde el paleolítico, que su historia hasta la década de 1929-1938 tiene los rasgos de una etapa intra- y que además, ésta se puede subdividir en dos épocas. Se deja para otro momento, otra persona u otro grupo, abordar las otras posibles etapas del crecimiento del conocimiento que atañe a la ritmicidad circadiana.

Todavía más. La sociogénesis de un conocimiento científico es una organización en desenvolvimiento que implica la necesidad de una construcción de estructuras totales y de un parentesco entre ellas. Esto significa que en su evolución las estructuras de un estadio n se debieron haber derivado de las del estadio n-1. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en la historia ontogenética, las estructuras totales continúan en estructuración; más que ser estructuras acabadas, se caracterizan por llegar a ciertos estados equifinales. Como se ha demostrado en las primeras notas de los capítulos que van del V al X, el conocimiento que versa sobre la ritmicidad circadiana se gestó a partir de fluctuaciones cognoscitivas que se dieron en un estado de conocimiento bastante homogéneo, poco diferenciado y que por tal motivo, no se puede asegurar si era biológico, fisiológico, cronobiológico y mucho menos, circadiológico. Conforme se amplificaron esas fluctuaciones, se formaron por separado los canales que se reunieron en la síntesis elaborada durante la década 1929-1938, tiempo en el que se produce la transición a una etapa en la que se vislumbran los rasgos de un nivel inter-. En otros términos, a pesar de que el proceso de la sociogénesis de un conocimiento y el de la filogénesis son secuenciales como los de la ontogenia, por lo que alude al contenido, no son repetibles

como los de ésta; se han dado una sola vez en la historia. Esto significa que, aun y cuando se poseen indicios que sugieren la presencia en la Circadiología de la secuencia intra- inter- y trans-, es perfectamente válida la posibilidad de caracterizar sólo el primer eslabón. Sólo si la decisión hubiera sido la de otorgarle una calidad inter- al segundo periodo del progreso del conocimiento sobre los ritmos circadianos, habría sido indispensable caracterizar previamente a la primera era, como una época intra-. Sólo si se quisiera ver en todas las construcciones científicas la presencia de los tres estadios de Piaget y García (1982), se habría tenido que demostrar que el desenvolvimiento del conocimiento acerca de la ritmicidad circadiana ha pasado por todos ellos para, de esta forma, demostrar su presencia en una construcción más.

Las condiciones que Piaget (1969) considera necesarias para poder hablar de estadios en el campo de la inteligencia también se satisfacen. En la diferenciación de las cinco creodas observadas durante la era intra- del conocimiento de los ritmos circadianos la sucesión de las conductas α, β y γ, fue constante. Las conductas α tienen su auge en el origen de estas canalizaciones, las β surgen cuando comienza su síntesis, en la que comienzan a aparecer algunas γ, en el tránsito a la siguiente época, a la inter-. Todavía más, a pesar de que las creodas empiezan en tiempos muy distintos, su convergencia se da en un lapso pequeño, lo que evidencia el hecho de que fueron construidas a velocidades diferentes. Esto implica que hubo desequilibrios y por lo mismo, necesidad de una equilibración, de una regulación homeorrésica. El estadio intra- de la Circadiología quedó entonces, de acuerdo con Piaget (1969), definido por una estructura de conjunto que quedó formada por las relaciones intraoperatorias que hacen referencia únicamente a las articulaciones internas de las propiedades de la operación de base (la puesta en oscilación libre de los ritmos diarios) y por ende, de las características mismas de los ritmos circadianos. Aspectos que al parecer de Piaget y García (1982), forman la calidad fundamental de los niveles intra-. Cabe subrayar que

dicha estructura mostró un proceso de integración tal, que quedó insertada en el pasaje a la siguiente etapa.

Estos antecedentes sugieren que la obligación de tener que demostrar la existencia y caracterización de un periodo n de un proceso de la sociogénesis del conocimiento científico, para poder fundamentar la validez de la demostración de la existencia y caracterización de un nivel n-1, hubiera entrado en contradicción flagrante con el esquema conceptual que dirigió las tareas realizadas (II). En otras palabras, ello implicaría la aceptación de que: a) la historia de la ciencia sigue un desarrollo lineal mediante una serie de aproximaciones sucesivas siempre hacia una verdad última, que en dicha historia no hay contradicciones, ni cambios de orientación inesperados; b) el azar y la necesidad no desempeñan un papel esencial en los procesos de autoorganización; c) cerca de las bifurcaciones las fluctuaciones no pueden ser mayores de lo que son usualmente; d) el sistema no puede 'escoger' entre varias posibilidades; e) la presencia de fluctuaciones 'anormalmente grandes' no caracteriza los puntos de cambio, incluso en la tecnología o en la historia de la humanidad; f) ni la estabilidad, ni las fluctuaciones, se relacionan con la aparición de novedades, de innovaciones; g) la estabilidad de un sistema no es puesta a prueba por fluctuaciones de magnitudes ya presentes y de magnitudes que no habían existido antes; h) los sistemas cognoscitivos se mantienen siempre estables ante posibles perturbaciones; e i) hay un final para la historia.

Se escogió sólo el primer periodo en la constitución de la Circadiología porque se quería que el grano con el que se aplicarían los métodos de enfoque fuera más o menos fino. En forma muy somera se mencionarán, algunos de los detalles implicados en los problemas planteados a los que esto permitió arribar:

De acuerdo con el marco epistémico, al inicio del trabajo se presentó la disyuntiva de someter a prueba con un método sincrónico de grano grueso la hipótesis inicial de que la Circadiología ya se puede ubicar en un periodo trans-, lo que

obigaba a suponer que ya pasó por el intra- y el inter-, o de someter a prueba con un método diacrónico de grano fino la proposición de que durante la formulación del conocimiento que trata con los ritmos circadianos se pasó por una primera era que se puede caracterizar como un nivel intra-.

Como ya se tenían bastantes elementos que hacen muy posible que la primera hipótesis sea acertada, se hizo más interesante adquirir información detallada a propósito de la primera época del crecimiento del conocimiento enfocado a la ritmicidad circadiana y además, en la medida de lo posible, evitar con ello la introducción de elementos subjetivos en las descripciones.

Por otra parte, la lectura del libro de Piaget y García (1982) sembró algunas inquietudes:

1) Cuando estos autores dicen que uno de sus objetivos es "mostrar que los mecanismos de pasaje de un período histórico al siguiente son análogos a los del pasaje de un estadio psicogenético al estadio siguiente [p. 33]", no describen, al menos en forma explícita, cómo son estos mecanismos. Lo mismo sucede cuando anticipan que éstos presentan dos caracteres comunes a la sociogénesis y a la psicogénesis del conocimiento (ib). No concretan cuáles son esos caracteres a los que aluden como 'mecanismo de pasaje' y pasan directamente a dar razón, según ellos, de en qué consiste el primero de tales mecanismos. En realidad, lo que hacen es describir algunas propiedades de los resultados de esos mecanismos sin describir en forma explícita cómo acaecen los procesos que desembocan en un rebasamiento intra-objetal, inter-objetal o trans-objetal y que entonces, visto de esta manera, el rebasante contiene, en efecto, lo rebasado. Con un método sincrónico de grano grueso que los llevó a fijarse en que en el primer estadio se elabora un análisis de los objetos, en el segundo se estudian sus relaciones y transformaciones y en el tercero se construyen las estructuras con las que son asimilados, no sorprende que no hayan establecido con detalle, cómo se llevaron a cabo los cambios de las configuraciones cognoscitivas entre un tránsito y otro. Esto originó la idea de que con un método diacrónico de grano fino se podría responder a las preguntas: ¿cuáles fueron los observables

del objeto y del sujeto rebasados y rebasantes más importantes durante la evolución de la Circadiología en su primera etapa? ¿cuáles fueron las principales coordinaciones del sujeto y del objeto superadas y superadoras que se podían hallar durante dicho estadio? ¿cómo se constituyó esta etapa? y ¿en que consistió el pasaje de ésta al siguiente nivel que, en todo caso, correspondería al inter-?

El lector se puede enterar de las respuestas a lo largo de los seis capítulos previos. Sin embargo con todo y que se corre el riesgo de parecer esquemático, se elabora a continuación un resumen de ellas. Como la definición de los ritmos circadianos está directamente en correspondencia con la operación de base que fue descubierta para su observación durante este nivel, fue muy difícil separar los observables de las coordinaciones, tanto del objeto como del sujeto. No obstante, se pudo captar que de la atención prestada a que en el sueño en las plantas, la actividad de los insectos, la migración vertical y de mareas, la actividad de los decápodos y la migración de los pigmentos en los animales, aparecía un ritmo diario asociado a los cambios en la iluminación y la temperatura, del ciclo diario, se pasó al descubrimiento de que dichos ritmos podían ser mantenidos aun y cuando fueran colocados bajo intensidades constantes de estos dos factores. Por ende, a éstos se les comenzó a mirar más como sincronizadores que como causas inmediatas. De aquí que, este periodo se constituyó con el análisis de esta operación y de los ritmos en cuestión. Durante un primer lapso, dicho análisis se realizó de manera independiente en cada uno de los cauces cognoscitivos que se fueron diferenciando con los protocolos de los estudios de cada uno de los ritmos correspondientes. Posteriormente, el pasaje a la siguiente era consistió en la reunión en una síntesis de las propiedades de la operación de base y de los distintos ritmos diarios observados con ella. Estas propiedades habían sido acopiadas mediante el análisis que se efectuó de este experimento y de los ritmos diarios con los que éste se llevó a cabo. Tal análisis se elaboró a través de procesos de abstracción empírica y reflexiva. La sítesis que resultó en la hipótesis que sitúa al origen de la ritmicidad circadiana en un sistema endógeno cuyo

funcionamiento se regula por factores externos, pronto se volvió el segundo paradigma en orden cronológico de la Circadiología; efectivamente, el primero fue la operación de poner a los ritmos diarios en oscilación libre.

2) La alusión a las creodas en la primera época de la elaboración de la Circadiología, al mismo tiempo sirve para gestar el relato que tiene incumbencia con otra de las dudas que se pueden plantear con la lectura de la publicación de Piaget y García (1982): ¿otras categorías de análisis empleadas con antelación por Piaget y que no son utilizadas en esta obra, podrían ser aplicadas en una indagación que versara sobre el estadio intra- del labrado del conocimiento concerniente a la ritmicidad circadiana? En estas fechas puede ser vertido que el uso de herramientas tales como 'diferenciación e integración', 'perturbación cognoscitiva', 'conductas α, β y γ', 'epigénesis', 'creoda', 'homeorresis', 'las triadas de la totalidad, componentes y sus relaciones y la de las relaciones organismo-medio', no solo fue posible, sino que resultó muy enriquecedor. En realidad, lo que posibilitó la inclusión de estos instrumentos en el protocolo, fue que este consistió en un método diacrónico de grano fino.

3) La cita a los paradigmas de la primera etapa de la formulación del conocimiento que trata con los ritmos circadianos, también hace surgir otro relato que está enfocado hacia otras de las interrogantes que se pueden plantear con la lectura de la comunicación de Piaget y García (1982). En ella, ellos establecen algunas correspondencias con algunas categorías de análisis provenientes de otros encuadres teóricos. Por ejemplo, la 'asimilación y los instrumentos' de Marx (1867), en este caso no explícitamente, las 'estructuras disipativas' de Prigogine (1983), el 'obstáculo epistemológico' de Bachelard (1948) y los 'paradigmas' de Kuhn (1962). De esto se plantearon las preguntas alrededor de la posibilidad de aplicar estas herramientas con un método diacrónico de grano fino y del resultado que se podría alcanzar con ello. Entre otras consecuencias, se llegó a captar en detalle: cómo se fueron asimilando los instrumentos intelectuales en los productos con

ellos elaborados; cómo la perturbación cognoscitiva dada por la percepción de que los ritmos diarios se mantenían bajo condiciones de oscilación libre, se fue amplificando hasta constituirse en los dos paradigmas que han sido aludidos y cómo éstos pueden ser tomados en cuenta como estructuras disipativas y cómo ciertos paradigmas de otros campos del saber científico tuvieron la ocupación de obstáculos epistemológicos en la historia de la Circadiología.

Otro problema ligado al título de la tesis que se está exponiendo y que asimismo ya fue tratado anteriormente, en la introducción, es el del acuñamiento del término Circadiología. Primero hay que remarcar que esta acción no fue efectuada por el puro afán de inventar palabras, ello obedece a la necesidad que se tuvo de poder expresar con pocos vocablos que en congruencia con los marcos epistémico y teórico que encuadraron las operaciones realizadas y dentro de la escala seleccionada, al desarrollo del conocimiento que trata de la ritmicidad circadiana se le puede percibir como el desenvolvimiento de una de las creodas de la Cronobiología. Los otros senderos de esta disciplina, bien pueden ser los que se han encaminado al conocimiento que atañe a los ritmos infradianos o ultradianos y el abordamiento de ellos se volvería otra indagación que, otra vez, según los recursos con los que se cuenta, está fuera de alcance.

Como se podrá recordar, una de las tareas iniciales al hacer esta tesis fue la de obtener algunas correspondencias entre las propuestas de Bachelard, von Bertalanffy, Kuhn, Marx, Piaget, Prigogine y Waddington. Por el momento, se puede concluir que las categorías del análisis epistemológico derivadas de esta labor permitieron asimilar la historia del conocimiento a propósito de la ritmicidad circadiana, desde el periodo paleolítico hasta los primeros años de la década de 1930. Es por ello que la discusión del significado de las herramientas empleadas, las maniobras

realizadas y los resultados, primero tendrá que incidir en los instrumentos usados.

En primer lugar, otra vez, se muestra que dicho significado es una atribución del dominio conceptual que funge como esquema de asimilación.

Tal como se ha podido percibir, tanto el azar como la necesidad tuvieron un papel esencial la primera etapa del conocimiento de los ritmos circadianos, la del paleolítico a la década 1929-1939.

Las estructuras cognoscitivas que se consolidaron durante este lapso se pueden apreciar como disipativas, como fluctuaciones gigantes amplificadas mediante la abstracción empírica y reflexiva y mantenidas a través de flujos de información. Ejemplos de estas estructuras son las descripciones de los ritmos diarios en condiciones naturales, la colocación en oscilación libre de los ritmos circadianos; el incipiente sistema constituido por las propiedades particulares que se descubrieron de esta operación de base y por lo mismo, de los ritmos circadianos, así como, la formulación de la hipótesis de que éstos poseen un origen endógeno. Conforme se formaban estas fluctuaciones, se hacían estables frente a las pruebas experimentales y a la crítica teórica.

Así, por medio de las herramientas usadas, fue posible encontrar un cierto paralelismo entre los problemas funcionales que plantea el estudio de la embriogénesis orgánica, el estudio del desarrollo individual de la inteligencia y la sociogénesis del conocimiento. Esto, por más que la investigación se centró hacia el periodo intra- de la composición de la Circadiología. Lo que limita la discusión y las conclusiones. Así, aunque se pueden precisar algunos rubros del mecanismo de la transición al inter- y se atisban algunas condiciones para el tránsito al trans-, todavía no es posible anunciar que los mecanismos de pasaje de este desarrollo social del conocimiento sean análogos a los del pasaje de un estadio psicogenético al otro.

El primer eslabón que se localizó en cada uno de los cauces del conocimiento referido a los ritmos circadianos durante su época intra- fue el registro de una conducta diaria de los animales o de los movimientos diarios de las plantas, o bien, la colocación por primera vez bajo condiciones de iluminación constante y temperatura casi-constante de alguno de estos ritmos. Para los experimentos iniciales no se obtuvieron indicios de que existieran antecedentes y mucho menos de que se hayan hecho a partir de una deducción y con la meta de definir a estos ritmos como circadianos. Por tanto, se puede situar al azar en el principio de cada una de las rutas de la Circadiología y en el resto de la historia al determinismo. Por ejemplo, los casos en los cuales la puesta en oscilación libre ya estuvo mediada por una abstracción empírica o reflexiva.

Como ya se anticipó, las estructuras cognoscitivas citadas, estaban en estado de no equilibrio. En este régimen cada uno de estos sistemas formaba una totalidad en la que cada uno de sus constituyentes era sensible a todos las demás y aun cuando estaban conectados con otras estructuras, mantuvieron una cierta autonomía con respecto a sus condiciones de contorno lo que permite considerarlas como fenómenos de autoorganización y por lo mismo, de asimilación. Su propia actividad dirigió las transformaciones de su definición.

Ninguna de estas estructuras cognoscitivas fue una copia de lo real, siempre estuvieron presentes un proceso de asimilación o de acomodación a estructuras anteriores y la exigencia de un ajuste más que aditivo de los esquemas de acción. Las primeras respuestas que proporcionaron los ritmos circadianos al ser colocados en oscilación libre fueron rechazadas por no existir un lenguaje teórico adecuado para su comprensión. A pesar de ello, su persistencia dirigió la construcción de instrumentos nuevos y apropiados para conferirles un significado acertado. Dicho de otra manera, su asimilación se logró dialécticamente con la elaboración empírica y teórica que se dio a lo largo del estadio intra-.

La puesta en oscilación libre de los ritmos circadianos fue el medio de trabajo primordial que, durante la época intra-, interpusieron los pioneros de la Circadiología entre ellos y la naturaleza para saber respecto de la ritmicidad circadiana. Esto les sirvió para encauzar su actividad sobre los ritmos circadianos y producir un incipiente sistema constituido por las propiedades particulares que se descubrieron de la operación de base y por lo mismo, de los ritmos circadianos, así como la formulación de la hipótesis de que éstos son endógenos. En el pasaje a la etapa inter-, estos productos surgieron como paradigmas, empezaron a ser usados como herramientas y junto con el experimento de colocar a los ritmos circadianos en oscilación libre, han formado parte del arsenal de la Circadiología hasta la fecha.

Otros paradigmas que tuvieron una actuación preponderante en la consolidación del estadio intra- de la Circadiología fueron las comunidades de los médicos materialistas alemanes, de Bernard, de los tropistas, de Elton y de Parker.

Por más que se han podido destacar algunos contactos entre la construcción de las sendas del sueño en las plantas y los ritmos de actividad en insectos, con las embajadas colonizadoras, las dos guerras mundiales y la Entomología médica, aún, queda el reto de entrelazar la práctica científica, en este rubro particular, de dichas comunidades con su práctica económica, política e ideológica.

El desarrollo, la formación, la producción de los instrumentos o productos intelectuales citados, se puede explicar con base en un proceso central de equilibración. La estabilidad de estas estructuras en equilibrio dinámico fue con intercambios capaces de configurar y preservar un orden estructural y funcional en interacción con su entorno, con otros dominios de la Biología, de la Ciencia o del conocimiento en general.

Estos estados estables se basaron, entre otras cosas, en los nexos solidarios que se dieron entre la diferenciación y la

integración. La diferenciación de los observables y las acciones de los ritmos circadianos y de los sujetos de su conocimiento, desembocó en la formación de los senderos de el sueño en las plantas, los ritmos de actividad en los insectos, los ritmos de migración vertical y de mareas, los ritmos de actividad en los decápodos y los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales. Entre 1929 y 1939, estas trayectorias se integraron en un sistema con un estado equifinal caracterizado por la operación de base; las propiedades locales de ésta y de los ritmos circadianos, que habían sido acopiadas hasta aquel momento, la hipótesis de que éstos tiene un origen endógeno y por las consecuencias inmediatas que pudieron ser deducidas de las interrelaciones de estos tres componentes.

Con base en la interacción entre los académicos que participaron y los ritmos circadianos, hubo una equilibración entre la asimilación de éstos a los esquemas de acción de aquéllos y una acomodación de estos últimos a dichos objetos.

De la misma manera, existió una equilibración entre las vías mencionadas. Aun y cuando estas rutas se originaron en momentos distintos, en algunos casos con la diferencia de casi dos siglos, corrieron a velocidades tan dispares que se alcanzaron en el lapso de aproximadamente una década.

Por otra parte, no se pudo confirmar la existencia de un equilibrio progresivo entre la diferenciación y la integración y los subsistemas con una totalidad englobante, debido a que el nivel intra- es un periodo formativo.

El descubrimiento de la ritmicidad circadiana comenzó con la anomalía de que los ritmos diarios se mantenían, por más que los organismos no podían percatarse de los cambios diarios en la iluminación y la temperatura del medio natural. Las primeras veces fue suprimida esta innovación fundamental, resultaba necesariamente subversiva para los compromisos básicos de la Fisiología de su tiempo. Tuvo que pasar un cierto tiempo para que se percibiera esta anomalía como tal y se reconociera que en cierta forma la naturaleza no había hecho válidas las

expectativas inducidas por el paradigma de que el medio se impone al organismo. Con todo, esta fluctuación cognoscitiva no se pudo expandir a toda la Fisiología, por no mencionar a la Biología o la Ciencia de aquellas fechas y sólo se estableció en una región limitada de ella, región en donde se produjeron las perturbaciones que al estimular la producción intelectual, dieron origen a la Circadiología.

Es evidente que en la era inicial de la Circadiología los conflictos cognosctivos fueron muy frecuentes y superados con gran dificultad. Una de las razones, es que como la actuación espontánea de un observador se centra en las afirmaciones y en los visos positivos de un acontecimiento. Debió haber resultado muy difícil acomodar, por no decir asimilar, el hecho de que se mantuviera un ritmo biológico diario, por más que ya no estuvieran presentes las condiciones diariamente recurrentes de iluminación y temperatura que tendrían que ser, obviamente, los factores que deberían determinar dicha ritmicidad; la observación positiva esperada era que al desaparecer la causa, el efecto también lo hiciera. La 'respuesta' autosustentada que era la negación (antítesis) de las respuestas conocidas hasta aquellos días, derivó en un hecho de muy difícil asimilación. Otra perturbación presente fue la síntesis (la negación de la negación), la ausencia de la manifestación del ritmo del oscilador endógeno, por efecto de la sincronización, en particular por la inversión de la fotoperiodicidad.

La época intra- de la configuración de la Circadiología partió con el paradigma que consiste en un observable. Este se manifiesta en la atribución que se le da a los cambios diarios de las condiciones ambientales para inducir transformaciones que se repiten al mismo tiempo que ellas en ciertos movimientos de las plantas y algunas conductas de los animales.

Entre el descubrimiento de la operación básica de la Circadiología y su establecimiento como paradigma en acción, se revisaron casos particulares que no estaban entrelazados o lo estaban pero con limitaciones y se suscitaron conflictos de este

naciente paradigma particular con otros ya establecidos y de mayor alcance, como el de las causas actuales, la noción general de que el medio se impone al organismo, el de los tropismos, por citar los casos más ejemplares. A esta situación de un fuerte desequilibrio cognoscitivo inicial, se pueden añadir otros desequilibrios. Uno de ellos es que todos los hechos que podían ser pertinentes para el desarrollo del conocimiento de los ritmos circadianos hayan tenido las mismas posibilidades de parecer igualmente importantes o de que en un punto de bifurcación su significado se haya buscado en la rama que era asistida por otro paradigma, como p. ej. el de la endósmosis, las respuestas násticas, el valor adaptativo de la función orgánica que manifestaba el ritmo (p. ej. el plegamiento de las hojas) o la fotosíntesis.

Cuando surgió el hecho de que un ritmo biológico diario podía persistir, aún y cuando estuvieran ausentes las condiciones de iluminación y temperatura que se alternaban diariamente y que deberían ser, como era de esperar, las causas que lo gestaban, se constituyó una perturbación cognoscitiva. El 'restablecimiento' de la estabilidad que se produjo después de la inestabilidad así provocada, fue a través de una conducta α. La perturbación fue considerada implícitamente como tal y se pretendió anularla con pretextos por la vía del desprecio o con la detección de fallas en el mantenimiento de las condiciones constantes de iluminación y temperatura. Estas respuestas α fueron sólo parcialmente compensadoras, la estabilidad que resultó de ellas fue muy precaria. La anomalía retornó a otros laboratorios, en el inicio no se dio con defectos en los experimentos; más tarde sí, pero estos se tornaron en bases para la formulación de la hipótesis de la endogénesis y sincronización de los ritmos circadianos. Entonces, la compensación se logró mediante una conducta β con la que se emprendió la composición de los esquemas que permitieran la asimilación de la perturbación: las clasificaciones de los movimientos, los enlaces locales de la operación de base y de los ritmos circadianos y la formulación de la hipótesis de su origen

endógeno con regulación por agentes externos, son ejemplos de ello. La constitución de estos esquemas desembocó en las primeras conductas de tipo γ. Estas consistieron en anticipar las posibles variaciones del experimento de la oscilación libre, las cuales, en tanto que se previeron y dedujeron, perdieron su calidad anómala y se incorporaron en las transformaciones virtuales de la estructura disipativa, de la operación de base. Algunas de estas transformaciones fueron: el registro automatizado del ritmo; su realización con organismos inmaduros; la iluminación constante con distintos colores y las variaciones de los grados de la temperatura constante.

Las cinco creodas del crecimiento de la Circadiología durante su etapa intra- (el sueño en las plantas, los ritmos de actividad en los insectos, los ritmos de migración vertical y de mareas, los ritmos de actividad en los decápodos y los ritmos en la migración de los pigmentos de los animales) pueden ser vistas como una de las formas de las regulaciones que participan en el desenvolvimiento hacia un estado que todavía no se alcanza. Forma que corresponde en vocablos biológicos a la homeorresis. Estos sistemas abiertos alcanzaron un estado uniforme en la medida que, partieron de diferentes condiciones iniciales, pasaron por distintos terrenos y llegaron al mismo estado final de integración.

Estos distintos ámbitos son la evolución de las diferenciaciones de los observables de donde partieron las cinco sendas de la circadiología. En estas composiciones hay hechos que se repitieron dentro del mismo sendero o en otro distante: la inversión del ritmo fotoperiódico, la colocación del ritmo bajo diferentes temperaturas constantes y bajo iluminación con colores distintos, la puesta de organismos inmaduros en oscilación libre, las interpretaciones contrarias de resultados experimentales equivalentes, el tránsito de las averiguaciones estructurales a las funcionales, la falta de atención a la sincronización, las clasificaciones de los movimientos, la adquisición de la conciencia de que el experimento de la oscilación libre era una

operación de base. Estos hechos que se han denominado epistémicos, por más que no hayan sido secuenciales, pueden verse como estados funcionales de las estructuras en tránsito que reaccionaron en forma específica a las condiciones de contorno producidas por los paradigmas externos que en algunos casos se encargaron de inducir el crecimiento y en otros, el de obstaculizarlo.

Entre los primeros se incluyen: la invención del cronómetro, la Teoría celular, algunas realizaciones de los médicos materialistas alemanes (p. ej. el quimógrafo), la Teoría de la evolución, las leyes de la herencia, las primeras aportaciones de la Endocrinología, la Teoría de las comunidades diurnas y nocturnas. Entre los segundos: los fenómenos de la ósmosis y la fotosíntesis, la Teoría de la ionización atmosférica, la noción general de que el medio se impone al organismo (nastias, tropismos, factor x), las 'causas determinantes'. Lo central de la existencia de estas influencias exteriores es que pone en evidencia la presencia de procesos formadores con una dirección regulada homeorrésicamente.

Se puede percibir que la diferenciación en los trayectos de la Circadiología y su homeorresis estuvo regulada espacial y temporalmente. Estos canales y las autocorrecciones que aseguraron su cambio estabilizado estuvieron sometidos a un control homeorrésico que también fue una regulación de sus velocidades de asimilación y de organización con tanta exactitud que, a pesar de inductores y obstáculos, después de dos siglos o treinta años, las cinco arribaron a su estado equifinal en más o menos la misma década. Toda una hazaña si se toma en cuenta que se trata de una práctica social.

Un hecho curioso en este periodo de la Circadiología, es que ningún cauce tuvo el cargo de dirigir a los otros. Las cinco rutas se construyeron más o menos con cierta autonomía hasta que constituyeron el sistema transitorio de la década 1929-1938.

La formación de estas nuevas estructuras disipativas implicó necesariamente la presencia de abstracciones. Como se partió del

descubrimiento de una operación de base para la que no había esquemas de asimilación adecuados, fue necesario extraer instrumentos de realidades anteriores. Después existieron las dos clases de abstracciones clasificadas de acuerdo con sus fuentes exógenas o endógenas, la abstracción denominada empírica, extrajo su información de los ritmos diarios colocados en oscilación libre y de esta operación y la llamada abstracción reflexiva, la extrajo de las acciones de los investigadores.

La colocación de los ritmos diarios en oscilación libre, en tanto que durante la época intra- de la Circadiología proporcionó problemas y acarreó los primeros descubrimientos de sus propiedades internas y por lo tanto de los ritmos circadianos, se puede percibir como una realización científica de dicho estadio. Este paradigma, por medio de las abstracciones que se realizaron, derivó en otro. Uno que enmarca el paso hacia el estadio inter-: la formulación, todavía hipotética, de que los ritmos diarios que se mantienen con periodicidad casi diaria en oscilación libre son endógenos y pueden ser regulados por señales externas. Como se pudo uno percatar, en lo que versa sobre el origen, hay continuidad entre estos paradigmas. Aún y cuando, existen discontinuidades cualitativas entre ellos: el primero, es una operación descubierta al azar que se aplica al observable y de ella se desprenden por los descubrimientos de sus propias características y de suyo, algunas de los ritmos circadianos; el segundo, es una hipótesis construida intra-objetalmente a partir de la operación de base y en ella se formula un origen endógeno para los ritmos diarios. Así, un conocimiento que implica la periodicidad diaria es reemplazado por el de una operación hecha con él y éste lo es por uno que le incumbe a la periodicidad circadiana. Los tres son distintos, aunque no, precisamente, incompatibles.

El pasaje de la etapa intra- a la inter- de la Circadiología resultó en un paradigma elaborado con base en los productos de la primera. Esta aportación contiene las contribuciones de las primeras eras pero es diferente a ellas. Es evidente que dicho

paradigma era impredecible pero dotado de propiedades estructurales definidas. A pesar de que su cerramiento garantizaba la estabilidad local, esta realización generó nuevos problemas que debido a las operaciones virtuales continuó siendo posible plantear sobre las anteriores. De ahí que aunque se haya originado durante la era intra- del conocimiento sobre los ritmos circadianos, se le puede vislumbrar como una fluctuación en proceso de amplificación, sin importar que inicialmente sólo haya sido un conjunto de propiedades de la operación de base y del fenómeno, con un enunciado hipotético que versa sobre su origen endógeno.

En efecto, esta hipótesis que tiene tras de sí la noción de que el organismo impone al medio sus estructuras, es la antítesis de la concepción de que el medio se impone al organismo, misma que, durante el nivel intra- de la Circadiología, proporcionó los modelos de soluciones a los problemas planteados por la operación de base. Sin embargo, ambas no son paradigmas disciplinarios propios de esta disciplina, son nociones generales que, junto con el otro ingrediente de la trisección, el de las interacciones, se hallan en el planteamiento de los problemas biológicos de las interacciones entre el organismo y el medio. Y ya que se cita esta tríada, hay que mencionar que, como las averiguaciones hechas versan únicamente sobre el primer periodo del crecimiento de los dominios de los ritmos circadianos, no fue posible revisar si estos sistemas han sido apreciados con concepciones holísticas, atomísticas o relacionales.

La lista de las categorías de análisis que inicialmente se supuso que serían las herramientas principales en el estudio de la etapa intra- de la Circadiología no estuvo completa. Durante el trayecto se vio la necesidad de usar algunos instrumentos que, no obstante que ya aparecen en el marco configurado, no estaban suficientemente indicados.

El 'hecho' es uno de ellos. La noción de un hecho es la de un observable interpretado y revestido de una significación que se halla dentro de un contorno más amplio que expresa propiedades o

acciones del objeto. Esta definición llevó a la configuración de otra herramienta: el 'hecho epistémico'. A este concepto se le dio como connotación la de un observable que concierne con las relaciones entre el sujeto y el objeto de conocimiento, las que son interpretadas y revestidas de significación desde un dominio epistemológico derivado. Con esta categoría de análisis, entre otras, se tuvo la posibilidad de interpretar el hecho epistémico de la aparición de hechos dispares que son generados a partir de resultados experimentales semejantes. Son ejemplos de éste: a) las oscilaciones ultradianas, propuestas como autónomas y distintas de un ritmo circadiano o como partes de éste y b) la relativa termoindependencia, apreciada como un hecho para formular la hipótesis del origen endógeno o la del origen exógeno de los ritmos circadianos.

La 'diferenciación del observable' fue otro instrumento de uso necesario. En este caso, fue la sucesión de definiciones que se le dieron a los movimientos diarios de los vegetales o a las conductas diarias de los animales, desde que fueron registrados por primera vez hasta que llegaron a constituirse en hechos de la formulación todavía hipotética de que se efectuan en forma endógena.

Como ya ha sido reiterado, durante la época del conocimiento sobre los ritmos circadianos, que se ha postulado que se gesta en el paleolítico y que se ha encontrado que finaliza entre 1929 y 1938, se descubrió el procedimiento experimental que consiste en colocar bajo condiciones constantes de iluminación y temperatura un ritmo diario. El análisis al interior de esta operación de base estuvo acompañado de errores debidos a la carencia de esquemas de asimilación adecuados y a la presencia de obstáculos epistemológicos. Con todo, la enmienda progresiva de los errores condujo al hallazgo de las siguientes propiedades de los ritmos que, en el presente, con base en dicha operación, son definidos como circadianos: 1) su presencia tanto en plantas y animales; 2) su periodo en oscilación libre cercano a las 24 horas; 3) su

capacidad para presentar en oscilación libre, efectos provocados por el régimen previo; 4) su origen innato y endógeno; 5) su capacidad de ser sincronizados; 6) su casi-termoindependencia y 7) su heredabilidad. Como era de esperar, la comprensión de estas propiedades se centró sobre su naturaleza y los visos de cada una de ellas, de manera aislada. De la misma forma, su ubicación no fue contundente, la mayoría apenas si fueron atisbadas. Por lo que, este estadio puede ser caracterizado como **la etapa intra- de la Circadiología.**

Otros de los rasgos centrales de este nivel son: a) el predominio de las conductas α; b) la presencia de los paradigmas externos que fungieron como inductores y como obstáculos epistemológicos y c) el desarrollo de un paradigma que denota el tránsito al periodo inter-.

La asimilación de la materia prima con el auxilio de los instrumentos intelectuales utilizados, acarreó los siguientes productos, todos ellos referidos solamente al periodo intra- de la evolución del conocimiento en torno a los ritmos circadianos:

Es de esperar que al principio de los tiempos humanos, se haya podido apreciar el escaso conocimiento tocante a los ritmos circadianos como un sistema con constituyentes muy poco diferenciados y con relaciones bastante homogéneas. Una situación con predominio de simetría.

Tiempo después, en algunas regiones de dicho sistema se dieron algunas fluctuaciones que guiaron estas parcelas hacia una mayor diferenciación. Desde las categorías de la causalidad, dichas fluctuaciones cognitivas fueron al azar.

De acuerdo con el objeto que tocaron. Las primeras fluctaciones cognitivas fueron a propósito de cinco de las funciones con ritmicidad más ostensible en ciertos organismos: los movimientos de sueño en las plantas, la actividad de los insectos, los movimientos de la migración vertical y asociados

con las mareas en los cuerpos de agua, la actividad de los decápodos y la migración de los pigmentos en los animales. Las segundas fluctuaciones fueron las primeras veces que se colocó en oscilación libre la ritmicidad que se había atisbado en las precedentes; ellas son con las que se partió hacia la construcción de ésta que es la operación de base de la Circadiología.

Según sus efectos: algunas operaciones fueron subumbrales, es decir, no prosperaron y rápidamente remitieron; otras, fuera inmediatamente después de que surgieron o un poco más tarde, se amplificaron y se tornaron en verdaderas perturbaciones cognoscitivas para su época.

Si bien, la génesis de esas fluctuaciones puede ser atribuída al azar, no sucede lo mismo con su historia; en ésta se sitúan determinantes. Con frecuencia, las anomalías ni siquiera fueron consideradas; no se andaba tras ellas. En ciertos casos, todavía no se tenía un esquema adecuado para su asimilación o todavía no tenían la fuerza suficiente como para provocar la necesidad de acomodar o modificar los aparatos cognitivos existentes. En otros, como estructuras disipativas en constitución y por ende con intercambios, fueron rechazadas o favorecidas por paradigmas, nociones más generales, ideologías o sucesos socio-económicos provenientes de otros terrenos.

Es posible detectar los procesos de amplificación de estas estructuras disipativas, como si hubieran sido creodas en formación. Dicho de otro modo, puede uno mirar las sendas del conocimiento tocante al sueño en las plantas, los ritmos de actividad en insectos, los ritmos de migración vertical y mareas, los ritmos de actividad en decápodos y los ritmos en la migración de los pigmentos en los animales, como trayectorias con leyes internas de organización, entradas y salidas de información entre ellas o con otros sistemas cognitivos; como canalizaciones de los hechos cercanos hacia un estado uniforme y estable del sistema.

Está claro que dicho sistema cognoscitivo estaba formado por las cinco sendas aludidas, cada una con su respectivo objeto de estudio en diferenciación y puesto en oscilación libre. Al decir que este sistema tendía a un estado uniforme y estable, se quiere dar a entender que estaba incrementando su complejidad, esto es, que se estaba alejando del equilibrio termodinámico. Esta estructura aparece como una configuración que se mantenía hacia un estado uniforme por medio de un intercambio cada vez mayor de sus componentes. Este estado uniforme previsible era diferente del estado original con predominio de simetrías.

Los cinco caminos de la era intra- del conocimiento de los ritmos circadianos, con todo y que, partieron de diferentes condiciones iniciales, se iniciaron en distintos momentos y siguieron distintos intinerarios, alcanzaron relativamente al mismo tiempo el mismo estado final, la misma meta. Dicho de otro modo, llegaron a un estado con valor equifinal o independiente de las condiciones iniciales.

El final de la era intra- de la Circadiología se puede situar dentro de una década, la comprendida entre 1929 y 1938.

La meta fue por un lado, el descubrimiento y la consolidación de la operación de base de la Circadiología, la puesta en oscilación libre de los ritmos circadianos. Por otro, el análisis de ella y la búsqueda de sus propiedades.

Igual que sucede en cualquier proceso de producción: la materia prima y la herramienta se asimilaron en un producto que pronto se trastocó en un instrumento que, una vez más, se asimiló en otro producto. Este producto, que ciertamente es un sistema, estuvo formado por los dos conjuntos clásicos con los que se comienza a labrar toda disciplina: el dominio material y el dominio conceptual.

Durante los años en que se desarrolló la etapa intra- de la Circadiología, el dominio material tuvo como constituyentes la operación de base para el conocimiento de los ritmos circadianos, así como, las primeras características que salieron a la luz, de

ésta y de los propios ritmos circadianos: su periodicidad casi diaria, su mantenimiento bajo condiciones constantes, su capacidad de sincronización, su heredabilidad y las distintas funciones en las que pueden ser observados.

El dominio conceptual de la Circadiología tuvo dos clases de miembros. Por una parte estaban los conceptos traídos de otros campos o construidos recientemente, para la asimilación de los objetos de transformación que se acababan de destacar. Los conceptos de ritmo, periodo, condiciones externas constantes, condiciones de iluminación, temperatura, oscuridad o luz constante, fase, ritmo de sueño, ritmo de actividad, ritmo metabólico, ritmo fisiológico, ritmo diurno, ritmo diario, persistencia, etc., son ejemplos de ello. Por otra parte se encontraban las hipótesis formuladas. De las que tuvieron más auge, unas tocaban la función adaptativa de las distintas fases de los ritmos y otras fueron las concernientes a su orígen endógeno.

Recién se había arribado al estado uniforme, empezó la aparición de más fluctuaciones, unas debidas al azar, otras a causas determinadas. Unas de origen interno y otras provenientes de cambios en las condiciones de contorno, que a su vez, modificaron los flujos. Las perturbaciones que emprendieron su amplificación, iniciaron el pasaje de la Circadiología hacia la siguiente era de su evolución, el estadio inter-. Entre ellas destacan: la que dio lugar a la ruta de las investigaciones correspondientes a la casi-termo-independencia de la ritmicidad circadiana; la que derivó en la trayectoria hacia la búsqueda del sitio anatómico en el que se ubican las causas inmediatas de su origen, mantenimiento y sincronización; y la que condujo a la senda que desembocó en la composición de las curvas de respuesta de fase.

Entre otros muchos pendientes, quedan: a) la caracterización detallada de las eras restantes de la Circadiología; b) el establecimiento de entrelazamientos de las conductas α β y γ con

ellas; c) localizar ligas entre las indagaciones ejecutadas durante estas épocas y otros paradigmas externos y d) resolver las siguientes interrogantes: en el estadio que continúa, ¿se dedujeron de la operación inicial más operaciones implicadas en ella? ¿qué caminos se gestaron a partir de éstas? ¿se coordinó ésta con otras más o menos similares? ¿se constituyeron sistemas que ya involucran ciertas transformaciones? y ¿cuál fue la función que tuvo la hipótesis del origen endógeno de los ritmos circadianos, en todo esto?

Algunas de las respuestas aun hipotéticas para estos problemas, pero sustentadas por las observaciones previas de las que se da un avance en la introducción, son que:

La Circadiología ya ha realizado su tránsito por un periodo que se puede caracterizar como inter- y que ha arribado a una etapa en la que se manifiestan los caracteres de un estadio trans-

Las vías por las que se formó el conocimiento en torno a los ritmos circadianos durante la división inter- son: las que condujeron a la formulación de la 'regla de Aschoff' y la 'curva de respuesta de fase'; a la detección de la 'termo-independencia'; a la segregación del carácter hereditario de la duración del periodo; a la búsqueda del lugar donde se genera la capacidad de oscilación de los organismos y a la ubicación de la propiedad de su insensibilidad a una amplia variedad de sustancias.

Los trayectos por los que está discurriendo el conocimiento que concierne con la ritmicidad circadiana son los de la elaboración de modelos matemáticos y físicos; la aplicación de las técnicas avanzadas de la Genética; la formulación de las explicaciones con base en sistemas multioscilatorios; la búsqueda de las relaciones entre la ontogenia y la ritmicidad circadiana; la de los 'ritmos circadianos, enfermedad y salud'.

Fig. 1.8 A representation of the flower clock proposed by Linnaeus in 1751, showing the characteristic times of petal opening and closing for various species of flowers. The 12 hours of the clock run from 6 A.M. to 6 P.M. Drawing by Ursula Schleicher-Benz. (From *Lindauer Bilderbogen* no. 8, edited by Friedrich Boer, Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen, West Germany.)

Fig. 1.- "Representación del reloj floral propuesto por Linnaeus en 1751 [Moore-Ede, M. C. et al., 1982: 12]".

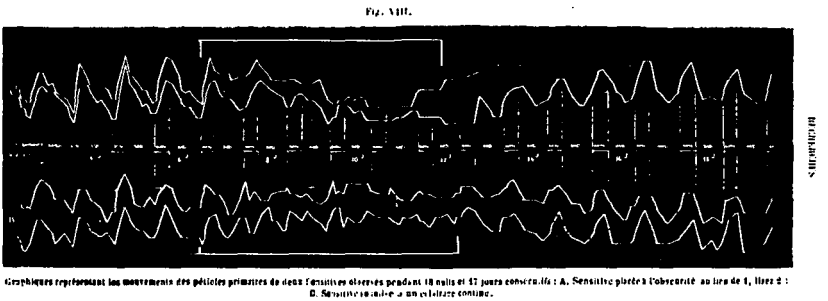

Fig. 2.- Gráfica con la que Paul Bert representó los movimientos de los pecíolos primarios de la sensitiva que observó en 1870.

macht es nichts aus, wenn eine Glaskapillare sich allmählich verjüngt. Der Durchmesser der von mir benutzten Kapillaren betrug in den meisten Fällen an dem zum Schreiben bestimmten Ende 0,4—0,6 mm, an dem anderen Ende 1—1,2 mm.

An dem dickeren Ende wird der Faden *f* (Fig. 1) befestigt (und mit etwas Lack fixiert), welcher die Verbindung mit dem

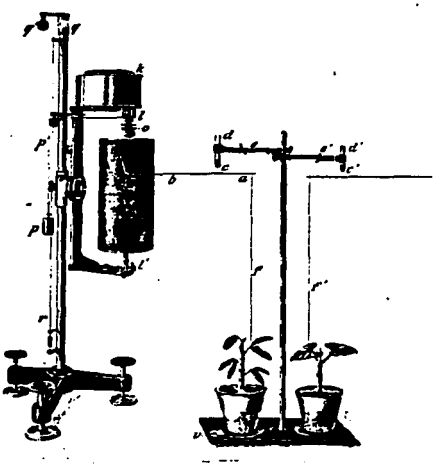

Fig. 1.

Versuchsobjekt herstellt. Bevor dieses geschieht, wird an die fragliche Stelle des Schreibhebels ein mit *f* (Fig. 1) übereinstimmender Faden lose angehängt und darauf die Äquilibrierung der beiden Arme des Schreibhebels durch Klebwachs hergestellt, das man um den Arm *b* oder auch um den Arm *a* befestigt. Durch entsprechendes Anbringen von Klebwachs an die Arme *a* und *b* wird nötigenfalls das Gewicht des Schreibhebels in gewünschter Weise erhöht. Das gewünschte Übergewicht, und damit die Spannung

Fig. 3.- Aparatos utilizados por Wilhelm F. P. Pfeffer (1909) para registrar el movimiento de las hojas.

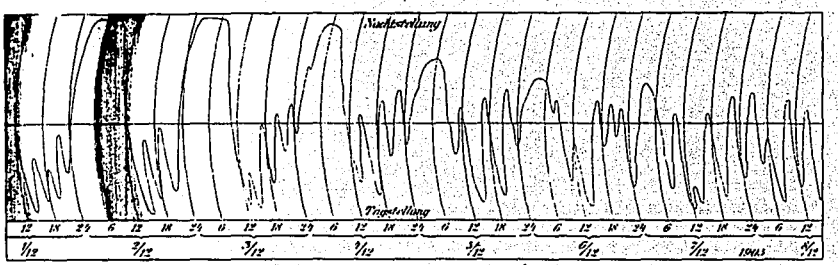

Fig. 22 b.

Phaseolus vitellinus. Nachdem die gequollenen Samen am 3. 11. 1905 ausgesäet worden waren, wurde am 20. 11., noch vor dem Hervorbrechen des Keimlings aus dem Boden, mit der kontinuierlichen Beleuchtung durch zusammen 4 Tantallampen begonnen. Am 20. 11. Morgens wurde bei zwei Pflanzen je ein Primärblatt bandagiert und mit der Registrierung begonnen. Vom 20. 11. ab wurde ein tagesrhythmischer Beleuchtungswechsel und zwar in der Art eingeführt, daß sich die Pflanze jedesmal von 4½ Morgens bis 1 Mittags also 8½ Stunden in voller Dunkelheit befand, daß aber die Beleuchtung schon von 3 Morgens ab allmählich abnahm und von 1 bis 2½ Mittags allmählich zunahm (vgl. S. 296). Nachdem dieser Beleuchtungsrhythmus bis zum 2. 12. 1905 fortgesetzt worden war, verblieb nunmehr die Pflanze in kontinuierlicher Beleuchtung (4 Tantallampen). Der zwischen dem 29. 11 und 1. 12 geschriebene Kurventeil, der ebenfalls die tagesrhythmische Bewegung zeigt, ist in diesen Figuren weggelassen. Entfernung zwischen Gelenkbasis und Fadenanheftung = 26 mm. Abstand zwischen Gelenk und Glaskapillare 13 mm. Schreibhebel 50 : 100 mm. Zimmertemperatur während der Registrierzeit 18,4—19,1° C. ½ der natürl. Größe.

Fig. 4.- Registro de los movimientos del sueño de *Phaseolus vitellinus*, hecho por Wilhelm F. P. Pfeffer en 1909.

Man erkennt aus der Größe der mittleren Fehler der Mittelwerte, daß die Schwankungsbreite der Schwingungsdauer auch bei

Fig. 2. Schlafbewegungen eines Blattes bei 15° C.

Fig. 3. Schlafbewegungen eines Blattes bei 20° C.

Fig. 4. Schlafbewegungen eines Blattes bei 25° C.

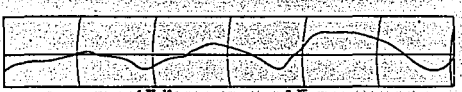

Fig. 5. Schlafbewegungen eines Blattes bei 30° C.

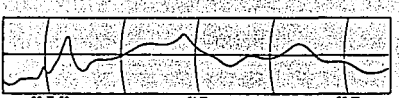

Fig. 6. Schlafbewegungen eines Blattes bei 35° C.

gleichen Bedingungen ziemlich groß ist. Es darf also keineswegs schon nach einer Kurve die durchschnittliche Schwingungsdauer

Fig. 5.- Registros de los movimientos del sueño de las hojas primarias de *Phaseolus multiflorus*, llevados a cabo por Erwin Bünning (1931).

representing the average of all readings for a given three-minute interval. The curve was drawn by inspection to fit these averages. The times of the first morning song are represented by small S's. Although varying cloudiness noticeably affected the light, weather conditions were rather constant and between 5:45 and 6:05 light was fairly definitely correlated with time, making it difficult to determine whether the starting of song is a function of time or of light.

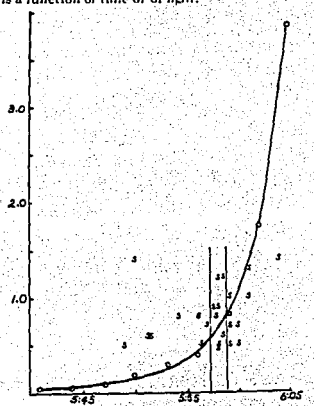

FIG. 1.—See text.

On eight of the twenty-four mornings for which observations were made the first song came between 5:57½ and 5:58½. The light at the times of these songs varied from 0.5 to 1.2 foot-candles, the average being 0.86.

On the eight mornings when the wren sang earlier than 5:57½ the light at the time of its first song varied from 0.5 to 1.4 foot-candles, the average being 0.74.

Fig. 6. Curva formulada por Frank E. Lutz. Con ella presenta las correspondencias entre la intensidad luminosa, la hora del día y el primer canto matutino del abadejo, que detectó en 1931.

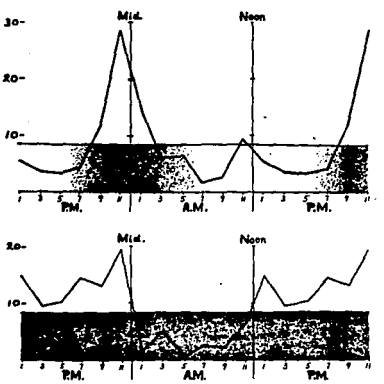

Fig. 4.—Activity Curves of an immature *Gryllus domesticus* in Normal Day-Night Conditions and in subsequent Constant Darkness. See Table 1, 723 G.

Fig. 7.- Curva con la que Frank E. Lutz (1932) representó la actividad de un *Gryllus domesticus*.

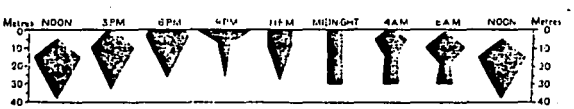

Fig. 4. Hypothetical vertical distributions at different times in the twenty-four hours to illustrate the suggested behaviour of a population of a species such as *Calanus hemarcticus*, in its diurnal movements when sunset occurs at about 8 p.m. based on actual observations (Russell, 1925, p. 791).

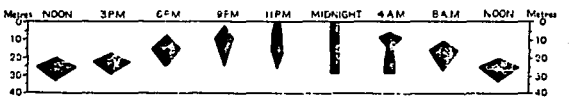

Fig. 5. Hypothetical vertical distributions at different times in the twenty-four hours to illustrate the suggested behaviour of a population of a species such as *Calanus pilosella*, in its diurnal movements when sunset occurs at about 8 p.m. based on actual observations (Russell, 1926, *c*, p. 432).

Fig. 8.- Diagramas con los que F. S. Russel (1927) representó la distribución vertical hipotética de dos especies de organismos marinos durante el día.

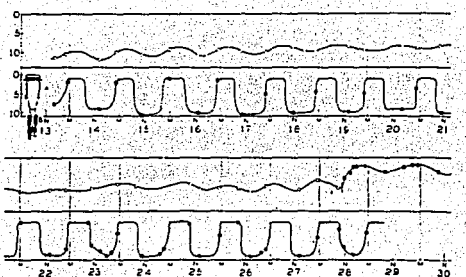

FIG. 2A. Records of the movements of the distal pigment cells of four animals kept in constant illumination (open circles), except for last two days, and of four animals kept in constant darkness (solid circles). Experiment started June 13 and ended on June 30. Noon and midnight are indicated by the letters *N* and *M*.

In the sketch of an ommatidium *A* is the extreme peripheral or night-position of the distal pigment cells, *B* the inner or day-position, in constant darkness.

The points as plotted are averages of the measurements of the distance from cornea to outer boundary of pigment. Each unit = 10 microns.

Time of sunset during course of the experiment about 7:35 P. M.

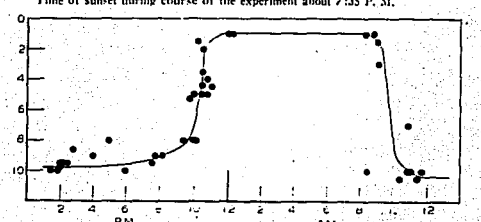

FIG. 2B. The measurements made on the eyes of animals kept in constant darkness and shown plotted over a period of fifteen days in Fig. 2A are here shown in one 24-hour period. Such a plot makes it possible to construct a curve representing the daily movements of the distal pigment cells. One of the coordinates shows the hours of the day beginning at noon, the other the distance of the distal pigment cells from the outer boundary of the cornea, each unit being equal to 10 microns.

Fig. 9.- Gráficas con las que John H. Welsh (1936) representó el movimiento diario de las células pigmentas distales en los tallos ocularares de camarones.

LA LITERATURA CITADA

Abramowitz, A. A., 1937. The chromatophototropic hormone of the crustacea: standardization, properties, and physiology of the eye-stalk glands. Biol. Bull. 72: 344-365.

----- & Abramowitz, R. K., 1938. On the especificity and related properties of the crustacea chromatophoric hormone. Biol. Bull. 74: 278-

*[155]Aguilar Roblero, R., 1994. En la búsqueda del tiempo. Ciencia y desarrollo, 20(115): 30-45.

* Al-Adhub, A. H. Y. & Naylor, E., 1975. Emergence rhythms and tidal migrations in the brown shrimp *Crangon crangon* (L). J. mar. biol. Ass. U. K., 55: 801-810.

* Allard, H. A., 1916. The synchronal flashing of fireflies. Science, 44(1142): 710.

----- 1930. The chirping rates of the snowy tree cricket (*Oecanthus niveus*) as affected by external conditions. Can. Ent., 62: 131-142.

----- 1931. The photoperiodism of firefly *Photinus pyralis* (L). Its relation to the evening twilight and other conditions. Proc. Ent. soc. Wash., 33: 153-

* Allen, G., 1983. La Ciencia de la vida en el siglo XX. México, D. F.: FCE.

* Althusser, L., 1963. La dialéctica materialista. En: Althusser, L., 1968. La revolución teórica de Marx. México, D. F.: Siglo XXI.

* ----- 1964, Marxismo y humanismo. En: Ib.

* ----- s. f., Anexo a la 'contradicción y sobredeterminación'. En: Ib.

* Alvarez del Toro, M., Los mamíferos de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez: U. Autónoma de Chiapas.

---

[155] Con esta señal se han etiquetado las referencias de las obras que fueron consultadas directamente.

* Ander, P. & Sonnessa, A. J., 1965. **Principles of Chemistry.** New York: The Macmillan Co.

Annandale, N., 1900. Observations on the Habits and natural Surroundings of Insects. **Proc. Zool. Soc. London,**

* Anónimo, 1970. **Diccionario de la lengua española.** Madrid: Real Academia Española.

* ----- 1983. Isaac Newton. En: Newton (1728), 1983. **El sistema del mundo.** Madrid: SARPE.

* ----- 1984. Nota biográfica. En: Galileo (1623), **El ensayador.** Madrid: SARPE.

* ----- 1991. Nota biográfica. En: Prigogine, I., 1991. **El nacimiento del tiempo.** Barcelona: Tusquets.

* Aranda Anzaldo, A., 1994. Los límites del reduccionismo molecular. **Ciencia y desarrollo, 20**(116): 18-25.

* Aréchiga, H.,1984. Los ritmos biológicos. **Ciencia y Desarrollo.** año X(55): 41-52.

* Arey, L. B., 1965. **Developmental anatomy.** Philadelphia: W. B. Saunders.

* Aristóteles (s. f.), 1980. **Categorías.** Buenos Aires: Aguilar.

* Arnon, D. I., 1960. El papel de la luz en la fotosíntesis. En: Kennedy, D. y Villanueva, J. R. (eds.), 1969. **La célula viva.** Madrid: Blume.

Arrhenius, S. A., 1915. **Quantitative Laws in Biological Chemistry.** London: G. Bell & Sons.

Aschoff, J., 1952. Frequenzaenderugen der aktivitaetsperiodik bei Maeusen im Dauerlicht und Dauerdunkel. **Plfügers Arch., 255:** 197-203.

----- 1954a. Angeborene 24-Stunden-Periodik beim Küchen. **Plügers Arch. 260:** 170-176.

* ----- 1954b. Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. **Naturwiss., 41:** 49-56.

----- 1958. Tierische Periodik unter dem Einfluss von Zeitgebern. **Z. Tierpsychol., 15:** 1-30.

----- 1959. Periodik licht- und dunkelaktiver Tiere unter konstanten Umgebungsbedingungen. **Plügers Arch., 270:** 9.

* ----- 1960. Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. **Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol.**, 25: 11-28

* ----- 1964a. A response curves in circadian periodicity. In: Aschoff, J. (Ed.), 1965. **Circadian clocks.** Amsterdam: North Holland

* ----- 1964b. The phase-angle difference in circadian periodicity. In: Aschoff, J. (Ed.), 1965. **Circadian clocks.** Amsterdam: North Holland

* ----- (Ed.), 1965. **Circadian clocks.** Amsterdam: North Holland

* ----- 1965b. Circadian Rhythms in Man. **Science**, 148: 1427-1432.

* ----- (Ed.), 1981. **Biological Rhythms.** New York: Plenum.

----- & Pohl, H., 1970. Rhythmic variations in energy metabolism. **Fed. Proc.** , 29: 1541-1552.

----- Hoffman, K., Pohl, H. & Wever, R., 1975. re-entrainment of circadian rhythms after phase-shifts of the Zeitgeber. **Chronobiologia**, 2: 23-78.

* Augé, P. (Ed.), 1924. **Larousse du XX° Siécle. IV.** Paris: Libraire Larousse.

* Avilés Fabila, R., Zenzes, G., Zamudio, I., Arias de la Canal, C., Pérez E. y Bayúgar, G., 1984. **Investigación documental.** México, D. F.: UAM-X.

Ayer, A. J., 1972. **Probability and Evidence.** Columbia. U. P.

* ----- 1981. El positivismo lógico. En: Cortés, F., Ruvalcaba, R. M. y Yocelevsky, R. (eds.), 1987. **Metodología. I:** génesis y cambio del conocimiento. México, D. F.: UAM-X.

* Bachelard, G. (1948), 1981. **La formación del espíritu científico.** México, D. F.: Siglo XXI.

Banta, A. M., 1910. A comparison of the reactions of a species of surface isopod with those of subterranean species. I: experiments with light. **Journ. Exp. Zool.**, 8: 243-310.

* Barajas, E., 1991. Hacia la casa de la ciencia en la frontera. **Ciencia y desarrollo.** 17(100): 106-110.

* Barnwell, F. H., 1963. Observations on daily and tidal rhythms in some fiddler crabs from equatorial Brazil. **Biol. Bull.**, 125: 399-415.

* Barrington, E. J. W., 1968. **The Chemical Basis of Physiological Regulation.** Glenview: Scott Foresman.

* Bassham, J. A., 1962. La ruta del carbono en la fotosíntesis. En: Kennedy, D. y Villanueva, J. R. (eds.), 1969. **La célula viva.** Madrid: Blume.

* Bates, H. W. (1863a), 1983. **El naturalista por el amazonas.** I. Barcelona: Laertes

* ----- (1863b), 1984. **El naturalista por el Amazonas.** II. Barcelona: Laertes.

* ----- (1863c), 1985. **El naturalista por el Amazonas.** III. Barcelona: Laertes.

* Batschelet, E., 1971. **Introduction to Mathematics for Life Scientists.** New York: Springer-Verlag.

Beach, F. A., 1948. **Hormones and behavior.** New York: Harper.

* ----- 1981. Historical origens of Modern Research on Hormones and Behavior. **Hormones and Behavior, 15**(4): 325-376.

* Beling, I., 1929. Uber das Zeitgedächtnis der Bienen. **Zeit. f. vergl. Physiol., 9**: 259-338

Bell, J. C., 1906. Reactions of the Crayfish. **Harvard Psycological studies., 2**: 615-644.

* Beller, W., 1987. El concepto objeto de transformación en el proyecto académico de la UAM-X. **Temas universitarios 10.**

* Bennett, M. F., Shriner, J. & Brown, R. A., 1957. Persistent tidal cycles of spontaneous motor activity in the fiddler crab. *Uca pugnax.* **Biol. Bull., 112**: 267-275.

* Bennitt, R., 1929. The Migration of the retinal Pigment in Crustaceans. **J. Exp. Zoöl., 40**: 381-435.

----- 1932a. Diurnal rhythm in the proximal pigment cells of the crayfish retina. **Physiol. Zool., 5**: 49-64.

----- 1932b. Physiological interrelationship in the eyes of decapod crustacea. **Physiol. Zool., 5**: 65-69.

Berkeley, G., 1709. **An essay towards a new theory of visión.**

* Bernal, J. D., 1979a. **La Ciencia en la historia.** México, D. F.: UNAM / Nueva imagen.

* ----- 1979b. **La Ciencia en nuestro tiempo.** México, D. F.: UNAM / Nueva imagen.

* Bernard (1865), 1987. **Introducción al estudio de la Medicina experimental.** Puebla: U. A. de Puebla.

Bernard Cohen, I., 1956. Franklin and Newton. Filadelfia:

----- 1977. History and philosopher of science. En: Suppe, F., The structure of scientific theories. U. of Illinois P.

* Bert, P., 1866. Recherches sur les mouvements de la sensitiva, *Mimosa pudica* (L). 1a. mémoire. Mem. de la Soc. des Sc. phys. et nat de Bordeaux, 4: 11-46.

* ----- 1870. Recherches sur les mouvements de la sensitive, *Mimosa pudica* (L). 2a. mémoire. Mem. de la Soc. des Sc. phys. et nat. de Bordeaux, 8: 1-58

* Bertalanffy, L. von, 1945-1950. Consideración matemática elemental. En: Bertalanffy, L. von, 1976. Teoría general de los sistemas. México, D. F.: FCE.

* ----- 1955. La relatividad de las categorías. En: Ib.

* ----- 1955-1966. El significado de la teoría general de los sistemas. En: ib.

* ----- 1968. Prefacio a la edición revisada. En: ib.

Berthold, A. A., 1849. Transplantation der Hoden. Arch. Anat. Physiol., 16: 42-46.

Bertholon, P., 1780, De l'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie. Lyon:

* Bethe, A., 1897. Vergleichende Untersuchungen über die Functionen des Centralnervensystems der Arthropoden. Archi. Ges. Physiol., 68: 449-545.

* Blair, K. G., 1915. Luminous Insects. Nature, 96(2406): 411-415.

* Bligh, J., Cloudsley-Thompson, J. L. & MacDonald, A. G., 1976. Enviromental Physiology of Animal. Blackwell Scientific Publications.

* Bliss, D. E., 1962. Neuroendocrine control of locomotor activity in the land crab *Gecarcinus lateralis*. Mem. Soc. Endocrin., 12: 391-410.

* ----- & Sprague, P. C., 1958a. Diurnal locomotor activity in *Gecarcinus lateralis*. Anat. Rec., 132: 416-417.

* ----- & ----- 1958b. The level of activity in *Gecarcinus lateralis* after eyestalk removal (15 min.). Anat. Rec., 132: 417.

Boer F. und Thorbecke J. (verleg.), s. f., Lindauer Bilderbogen no 5. Sigmarigen.

* Bohn, G., 1903a. Sur les mouvements oscillatoures des *Convoluta roscoffensis*. C. R. Acad. Sc., 137: 576-578.

* ----- 1903b. Les *Convoluta roscoffensis* et la théorie des causes actuelles. Bull. Mus. Hist. Nat., 9(7): 352-364.

* ----- 1903c. A propos d'un mémoire sur les *Convoluta*. Bull. Mus. Hist. Nat., 9(8): 397-400.

----- 1904a. Coopération, hiérarchisation, intégration des sensations chez les Artiozaires. C. R. Acad. Sc. ...

* ----- 1904b. Oscillations des animaux littoraux synchrones de la marée. C. R. Acad. Sc., 139: 446-648

* ----- 1906. La persistance du rythme des marées chez l'*Actinia equina*. C. R. Soc. Biol. Paris, 61: 661-663.

* ----- 1907. Le rhythme nychthéméral chez les actinies. C. R. Soc. Biol. Paris, 62: 473-476.

----- 1911. Quelques expériences de modification des réactions chez les animaux, suiáies de consideration sur les mécanismes chimiques de l'évolution. Bull. Sc. France et Belgique, 45: 217-238.

* ----- 1912a. La sensibilité des animaux aux variations de pression. C. R. Acad. Sc., 154: 240-242.

* ----- 1912b. Les variations de la sensibilité en relation avec les variations de l'état chimique interne. C. R. Acad. Sc., 154: 388-391.

* ----- (1909) 1914. La naissance de l'intelligence. Paris: E. Flaimmaron.

----- et Drzerwina, A., 1928. Les '*Convoluta*'. Ann. Sc. nat. (Zool), 11: 299.

* ----- et Pieron, H., 1906. Le rythme des marées et le phénomène de l'anticipation réflexe. C. R. Soc. Biol. Paris, 61: 660-661.

Boll, F., 1877. Zur Anatomie und Physiologie der Retina. Arch. Anat. PHysiol., Physiol. Abth., 1: 1-7.

Boltzmann, L., 1872. Weitere Studien über das Warmegleich gewich unter Gasmoleculen. Wiene u. Berlin:

Bose, J. C., 1919. Live movements in plants. II. Calcuta:

* Botting, D., 1981. Humboldt y el Cosmos. Barcelona: Ediciones del Serbal.

Bouvier, E. L., 1922. The Psychic Life of Insects. New York: The Century Co.

Bowring, J., 1857. The kingdom and people of Siam: with a narrative of mission to that country in 1855. I. London:

Bretzl, H., 1903. Botanische Forschungen der Alexanderzuges. Leipzig: B. G. Teubner.

Brouwer, G., 1926. De periodieke bewegin gen van de primaire bladeren bij *Canavalia ensiformis*. Amsterdam: J. H. Paris.

Brown, F. A. Jr., 1958. An exogenous reference-clock for persistent, temperature-independent, labile biological rhythms. Biol. Bull., 112: 288-304.

----- 1959. Living clocks. Science, 130: 1535-1544.

* ----- 1960. Response to Pervasive Geophysical Factors and the Biological Clock Problem. Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol., 25: 57-71.

-----, Brown, R. A., Webb, H. M., Bennett, M. & Shriner, J., 1956. A persistent tidal rhythm of locomotor activity in *Uca pugnax*. Anat. Rec., 125: 613-614.

-----, Fingerman, M., Sandeen, M. & Webb, H. M., 1953. Persistent diurnal and tidal rhythms of color change in the fiddler crab *Uca pugnax*. J. Exp. Zool., 123: 29-60.

* -----, Hines, M. N. & Fingerman, M., 1952. Hormonal regulation of the distal retinal pigment of *Palaemonetes*. Biol. Bull., 102: 212-225.

----- & Webb, H. M., 1948. Temperature relations of an endogenous daily rhythmicity in the fiddle crab *Uca*. Physiol. Zool., 21: 371-381.

----- & ----- 1949. Studies on the daily rhythmicity of the fiddler crab *Uca*. Modifications by light. Physiol. Zool., 12: 136-148.

* Bruce, V. G., 1960. enviromental entraiment of circadian rhythms. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 25: 29-48.

* ----- 1972. Mutants of the biological clock in *Chlamydomonas reinhardi*. Genetics, 70: 537-548.

----- & Pittendrigh, C. S., 1958. Am. Natural., 92: 295

----- & ----- 1960. the effects of heavy water on the circadian phototactic rhythm in *Euglena*. J. cell. comp. Physiol., 56: 25-31.

Brücke, E. von, 1848. Üeber die Bewegunen der *Mimosa pudica*. Arch. für Anat. Physiol. und Wiss. Med. ...

----- 1851. Abhandlungen über den Farbenwechsel der Chamäleonen. Sitzungsber. kais. Akad. wiss. Wien, 7: 802-806.

----- 1852. Untersuchungen über den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons. Denkschr. kais. Akad. Wiss. Wien, 4: 179-210.

* Buck, J. B., 1935. Synchronous flashing of fireflies experimentally induced. Science, 81: 339-340.

* ----- 1937. Studies on the firefly. I. The effects of light and other agents on flashing in *Photinus pyralis*, with special reference to periodicity and diurnal rhythm. Physiol. zool., 10: 45-58.

* Bünning, E., 1931. Untersuchungen über die autonomen tagesperiodischen Bewegungen der Primärblätter von *Phaseolus multiflorus*. Jahrb. f. Wiss. Bot., 75: 439-480.

* ----- 1935. Zur Kenntnis der endonomen Tagesrhythmik bei Insekten und bei Planzen. Berichte d. Deutschen Bot. Ges., 53: 594-623.

* ----- 1936. Die endonome Tagesrhythmik als Grundlage der photoperiodischen Reacktion. Ber. Deut. botan. Ges., 54: 590-607.

----- 1958a. Das weiterlaufen der 'physiologischen Uhr' im Säugerdam ohne zentrale Steuerung. Naturwiss., 45: 68(d)

----- 1958b. Die Physiologische Uhr. Berlin: Springer.

* ----- 1958c. Uber den Temperatureinfluß auf die endogene Tagesryhtmik, besonders bei *Periplaneta americana*. Biol. Central., 77: 141-152.

* ----- 1959. Zur Analyse des Zeitsinnes bei *Periplaneta americana*. Z. Natuforschg., 14b: 1-4.

* ----- 1960. Opening adress: Biological clocks. Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol., 25: 1-9.

* ----- 1970. Potato Cellars, Trains, and Dreams: Discovering the Biological Clock. In: Salisbury, F. B. & Ross, C. W., 1978. Plant Physiology. Belmont: Wadsworth.

* ----- 1973. The physiological clock. New York: Springer-Verlag.

* ----- 1989. Wilhelm Pfeffer. Ottawa: Carleton U. P.

* ----- u. Stern, K., 1930. Uber die tagesperiodischen Bewegungen der Primärbläter von *Phaseolus multiflorus*. II. Die Bewegungen bei Thermokonstanz. Berichte d. Deutschen Bot. Ges., 48: 227-252.

* -----, -----, u. Stoppel, R., 1930. Versuche über den Einfluß von Luftionen auf die Schlafbewegungen von *Phaseolus*. Planta, 11: 67-74.

* ----- u. Tazawa, M., 1957. Uber den Temperatureinfluss auf die Endogene Tagesrhythmik bei *Phaseolus*. Planta, 50: 107-121.

* Bünsow, R., 1953. Endogene Tagesrhythmik und Photoperiodismus bei *Kalanchoë blossfeldiana*. Planta, 42: 220-252.

Burbidge, F. W., 1880. The gardens of the sun: or a Naturalist's sojourn on the mountains and the forests and swamps of Borneo and the Sulu Archipielago. London:

Burchard, J. E., 1958. Ph. D. Thesis, Princenton U.

Buttel-Reepen, H. von, 1915. Leben und Wesen der Bienen. Braunschweig

Candolle, A. P., 1832. Physiologie Végétale. Paris: Béchet.

----- 1835. Planzenphysiologie, oder Darstellungder Lebenskrafte und Lebensverrichtungen der Gewachse. Stuttgart u. Tubingerr:

----- 1882. Darwin considéré au point de vue de son succès. Genéve:

Carlson, S. P., 1935. The color change in *Uca pugilator*. Proc. Natl. Acad. Sci., 21: 549-551.

----- 1936. Color changes in brachyura crustaceans. Especially in *Uca Pugilator*. Kungl. Fysiofrafiska Sallskapets. I Lund Forhandlingar, 6: 1-18.

Carnot, S., 1824. Reflexions sur la puissance motrice du feu. ¿Paris?: Bachelier

Carpenter, G. D. H., 1913. Second report on the bionomics of *Glossina fuscipens* (*palpalis*) de Uganda. Report of the Sleeping Sickenss Comission of the Royal Soc., no. 14:

----- 1920. A naturalist on Lake Victoria. London:

Carpenter, J. R., 1932. diurnal fluctuations in communities adjoining the forest edge near Urbana Illinois. Proc. Oklahoma Acad. Sci., 14: 29-31.

Carrière, J., 1885. Die Sehorgane der Thiere vergleichend -anatomisch dargestellt. München u. Leipzig: R. Oldenbourg.

* Castillo, L. F. del, 1986. El fenómeno mágico de la ósmosis. México, D. F.: SEP/FCE/CONACYT.

* Ceceña, J. L., 1977. México en la órbita imperial. México, D. F.: El caballito.

* Chidester, F. E., 1908. Notes on the daily life and food of *Cambarus bartonius bartoni*. Amer. Nat., 42: 710-716.

* Chovnick, A., 1960. Foreword. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 25: v.

Clapèrade, E., 1860. Zur Morphologie der zusammengesetzten Augen bei den Arthropoden. Zeit. wiss. Zool., 10: 191-214.

Clench, J., Reinberg, A., Dziewannowska, Z., Ghata, J. & Smolensky, M., 1981. Circadian changes in the bioavailability and effects of indomethacin in healthy subjects. Eur. J. Clin. Pharmacol., 20: 359-369.

* Cloudsley-Thompson, J. L., 1956. Diurnal Rhythms of Activity in Terrestrial Arthropods. Nature, 178: 215.

Congdon, E. D., 1907. The effect of temperature on the migration of the retinal pigment in decapod crustaceans. J. Exp. Zoöl., 4: 539-548.

* Coleman, W., 1983. La Biología en el siglo XIX. México, D. F.: FCE.

Copérnico (1543), 1934. Des révolutions des orbes célestes. Paris: Libraire Félix Alcan.

* Craig, W., 1916. Synchronism in the rhythmic activities of animals. Science, 44(1144): 784-786.

Cremer, H., 1923. Untersuchungen über die periodischen Bewegungen der Laubblätter. Zeitschr. f. Bot., 15: 593-

Crowcroft, P., 1991. Elton's Ecologists. Chicago: The U. of Chicago P.

Crozier, W. J., 1920. Some Points Concerning Adaptation. Anat. Rec., 22: 186.

Cuvier, 1817. Le règne animal. Paris:

Czeisler, C. A., Weitzman, E. D., Moore-Ede, M. C., Zimmerman, J. C. & Knauer, R. S., 1980. Human sleep: its duration and organization depend on its circadian phase. Science, 210: 1264-1267.

-----, Moore-Ede, M. C. & Coleman, R. M., 1982. Rotating shift work schedules that disrupt sleep are improved by applying circadian principles. Science, 217: 460-463.

Daan, S. & Berde, C., 1978. Two coupled oscillators: simulations of the circadian pacemaker in mammalian activity rhythms. J. Theo. Biol., 70: 297-313.

Damas, D. et Koefoed, E., 1907. Croisière océanographique accomplie â bord de la Belgica dans la Mer du Gröland. Brussels:

* Darwin (1859), 1973. El origen de las especies. Barcelona: Bruguera

----- 1876. The movement and Habits of Climbing Plants. New York: Appleton.

----- (1881), 1882. Die Bildung d. Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer. I. Stuttgart:

----- & Darwin, F., 1880. The power of movements in plants. Londres: John Murray.

Davis, D. H. S., 1932. Note in minutes of British Ecological Society, Jan. 1-3, 1932. Jour. Ecol., 20: 228.

----- 1933. Rhythmic activity in the short-tailed vole, *Microtus*. Jour. Animal Ecol., 2: 232-239.

Davis, ¿J. J.? 1922. U. S. Depto. Agr. Famer's Bull. no. 940.

* Day, E. C., 1911. The effect of colored light on pigment-migration in the eye of the crayfish. Bull. Mus. comp. Zool., 53: 305-353.

DeCoursey, P. J., 1959. Daily activity rhythms in the flying squirrel, *Glaucomys volans*. Ph. D. Thesis. U. of Wisconsin.

* ----- 1960. Phase control of activity in a rodent. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 25: 49-54.

* ----- 1964. Function of a Light Response Rhythm in Hamsters. J. Cell. Comp. Physiol., 63: 189-196.

* Dembowski, J. B., 1926. Notes on the behavior of the fiddler crab. Biol. Bull., 50: 179-201.

Demoll, R., 1909. Uber eine lichtersetzliche Substanz im Facettenauge, sowie über eine Pigmentwanderung im Appositionsauge. **Arch. ges. Physiol.**, **129**: 461-475.

* Descartes, 1637. Discurso del método. En: Descartes, 1937. **Discurso del método / Meditaciones metafísicas.** Madrid: Espasa -Calpe.

* ----- 1641. Meditaciones metafísicas. En: Descartes, 1937. **Discurso del método / Meditaciones metafísicas.** Madrid: Espasa -Calpe.

* Díaz-Plaja, G., 1966. Estudio preliminar. En: Balmes, J., 1991. **El criterio.** México, D. F.: Porrúa.

* Dobell, C. (ed.), 1960. **Antony van Leeuwenhoek and his 'Little animals'.** New York: Dover.

* Dobzhansky, T., Ayala, F. J. Stebbins, G. L. & Valentine, J. W., 1977. **Evolution.** San Francisco: Freedman.

Drzewina, A., 1907. Les variations périodiques du signe du phototropisme chez les Pragures misanthropes. **C. R. Acad. Sc. 145**: 1208

----- 1911. Sur la résistance des Crustacés au cyanure et les effets sensibilisateurs de cette substance. **C. R. Soc. Biol. Paris.**, **71**: 554.

----- 1926. Periodischer Tageswechsel bei den poikilothermen Tieren. In: Hoffman, R. W. (Verleger), 1926. **Hanbuch d. norm. u. pathol. Physiol.**, **17**:

Dubois, R., 1886. Les élaterides lumineux. **Bull. Soc. Zool. France**, p. 1.

Duhamel du Monceau, H. L., 1758. **La physique des Arbres.** Paris: H. L. Guérin et L. F. Delatour.

* ----- 1772. **Physica de los Arboles.** Madrid: Real Compañia de Impresores, y Libreros del Reyno.

* Durán, P., Galván, A. & Cintra, L., 1994. Malnutrition and rem-sleep deprivation on the circadian rhythms of vigilance states in rats. **Abs. II. Lat. Am. Symp. Chronobiology.** México, D. F.: H. Aréchiga et. al.

Dutrochet, R. J. H., 1824. **Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux et sur leur motilité.** Paris:

* ----- 1836. Reveil et sommeil des plantes. **Ann. des sc. nat. 2(6)**: 177-189.

----- 1837. **Mémoires pour servir á l' Histoire des Végétaux et des Animaux.** Paris:

* Eco, U., 1980. **El nombre de la rosa.**

* ----- 1984. **Como se hace una tesis.** Barcelona: Gedisa

* ----- 1985. **Obra abierta.** México, D. F.: Origen/Planeta.

* ----- 1989. **El péndulo de Foucault.** México, D. F.: Bompiani/Lumen/Patria.

* Eggers Lan, C., 1987. Introducción. En: Hipócrates (¿450-390? a. C.), 1987. **De la Medicina antigua.** México, D. F.: UNAM.

* Ehret, C. F., 1959. Photobiology and biochemistry of circadian rhythms in non-photosynthesizing cells. **Fed. Proc., 18:** 1232-1240.

* ----- & Trucco, T., 1967. Molecular models for the circadian clock. I. The chronon concept. **J. Theoret. Biol., 15:** 240-262.

Elton, C., 1924. Periodic fluctuations in the numbers of animals: their causes and effects. **British J. Exp. Biol. 2:** 119-

* ----- 1927. **Animal Ecology.** New York: MacMillan.

----- 1932. (Review.) **Jour. Animal Ecol., 1:** 214.

* Engels, F., 1890. Carta a J. Bloch. En: Marx, K. y Engels, F., sf. **Obras escogidas.** México, D. F.: Ediciones de cultura popular.

* Enright, J. T., 1964. Synchronization and ranges of entraiment. In: Aschoff, J. (Ed.), 1965. **Circadian Clocks.** Amsterdam: North-Holland.

----- 1975. The circadian tape recorder and its entrainment. In: Vernberg, F. J. (Ed.), 1975. **Physiological adaption to the environment.** New York: Intext.

* Espinoza Organista, D. y Llorente Busquets, J., 1993. **Fundamentos de Biogeografías fiologenéticas.** México, D. F.: UNAM.

Esterly, C. O., 1907. The reactions of *Cyclopes* to light and to gravity. **Am. Jour. Physiol., 18:** 47-57.

----- 1911a. Diurnal migrations of *Calanus finmarchicus* in the San Diego region during 1909. **Intern. Rev. Hydrobiol. & Hydrogr., 4:** 140-151.

----- 1911b. The vertical distribution of *Eucalaus elongatus* in the San Diego region during 1909. **Univ. Calif. Publ. Zool., 8:** 1-7.

----- 1912. The occurrence and vertical distribution of the Copepoda of the San Diego region. Univ. Calif. Publ. Zool., 9(6): 253-340.

----- 1917a. Specificity in behavior and the relations between habits in nature and reactions in the laboratory. Univ. Calif. Publ. Zool., 16: 381-392.

* ----- 1917b. The occurence of a rhythm in the geotropism of two species of plankton copepods when certain recurring external conditions are absent. Univ. Calif. Publ. Zool., 16: 393-400.

----- 1917c. Field research and laboratory experiment: their places in ascertaining and explaning habits in nature. Bull. Scripps Inst., no. 4, pp. 1-15.

* ----- 1919. Reactions of various plankton animals with reference to their diurnal migrations. Univ. Calif. Publ. Zool., 19: 1-83.

* Estrada, L., 1987. Newton y los principia hoy. PRENCI, junio: 1.

Ewald, W. F., 1910. Uber Orientierung, Lokomotion und Lichtreaktionen einiger cladoceren und deren Bedeutung für die Theorie der Tropismen. Biol. Central., 30:

* ----- 1912. On artificial modification of light reactions and the influence of electrolytes on phototaxis. Journ. Exp. Zool., 13(4): 591-612.

Fabre, H., 1916. The Life of the Caterpillar.

* Fanjul-Moles, Ma. L., Moreno-Sáenz, E., Villalobos-Hiriart, N. & Fuentes-Pardo, B., 1987. ERG circadian rhythm in the course of ontogeny in crayfish. Comp. Biochem. Physiol., 88A(2): 213-219.

Farran, G. P., 1910. Résumé des observations sur le plancton Copepoda. Cons. Perm. l'Explor. Mer.

Fée, 1849. Mémoire physiologique et organographique sur la Sensitiva et les plantes dîtes sommeillantes. Mem. Soc. Hist. nat. de Strasbourg, 4:

----- 1858. Deuxième Mémoire sur les plantes dîtes sommeillantes. Bull. Soc. Bot. France,

Fehse, F., 1927. Einige Beiträge zur Kenntnis der Nyktinastie und Elektronastie der Pflanzen. Planta, 3: 292-

* Feldman, J. F., 1982. Genetic approaches to circadian clocks. Ann. Rev. Plant Physiol., 1, 33: 583-608.

Feldman, J. F. & Hoyle, M. N., 1976. Complementation analysis of linked circadian clock mutants of *Neurospora crassa*. Genetics, 82: 9-17.

* Fernández Guardiola, A., 1983. El sentido del tiempo o el tiempo subjetivo. En: Blanck de Cereijido, F. (ed.), 1983. Del tiempo. México, D. F.: Folios.

Fernel, J., 1542. De abditis rerum causius. Paris: Simón de Colines.

----- 1554. Universa Medicina.

* Fingerman, M. & Lowe, M. E., 1957. Twenty-four hour rhythm of distal retinal pigment migration in dwarf crayfish. J. Cell. Comp. Physiol.

Folkard, S., Hume, K. J., Misora, D. S. Waterhouse, J. M. & Watson, F. L., 1985. Letter to editor (Independence of the circadian rhythm in alertness from the sleep/wake cycle). Nature, 313: 676.

* Fontenelle, B. L. B. de, 1728. Elogio de Sir Isaac Newton. En: Newton (1728), 1983. El sistema del mundo. Madrid: SARPE.

Forbes, S. A., 1907. On the life history, habits and economic relations of the white-grubs and May-beetles. Ill, Agr. Exp. Sta. Bull., no. 116: 447-480.

----- 1916. The influence of trees and crops on injury by white-grubs. Ill. Agr. Exp. Sta. Bull., no. 187: 261-265.

Forel, A. H, 1904, Ants and other insects. Chicago: Open Court.

----- 1910. Das Sinnesleben der Insekten. München: E. Reinhardt.

* Fourier, J. B. J., 1822. Analytical theory of heat. In: Hutchins, R. M. (Ed.), 1952. Great books of the western world. 45. Chicago: Encyclopaedia Britannica.

Fox, H. M., 1925. The effect of light on the vertical movement of aquatic organisms. Proc. Camb. Philos. Soc. Biol. Sci., 1(4): 219-224.

Franz, V., 1910-1911. Phototaxis und Wanderung. Nach Versuchen mit lungfischen und Fischlarven. Intern. Rev. Hydrobiol. & Hydrogr., 3(3-4): 306-334.

Fuchs, T., 1882-1883. Beitrage z. Lehere uber der Einflusz d. Lichtes auf die bathymetrische Verbreitung d. Meeresorganismen. Verh. K. K. geolog. Reichsanstalt. Wien.

* Fuentes Pardo, B., 1976. Modelos matemáticos de ritmos circádicos. Bol. de estudios médicos y biológicos., 29(1): 19-27.

* ----- 1977. Correlación entre los ritmos circádicos: electrorretinográfico y motor del acocil *Procambarus bouvieri* (Ortmann). Tesis doctoral. México, D. F.: Facultad de Ciencias, UNAM.

* ----- Fanjul-Moles, M. L. & Moreno-Sáenz, E., 1992. Synchronización by Light of the ERG Circadian Rhythm during Ontogeny in the Crayfish. J. interdiscipl. Cycle Res., 23(2): 81-91.

* ----- & Inclan Rubio, V., 1981. Correlation between motor and electroretinographic circadian rhythms in the crayfish *Procambarus bouvieri* (Ortman). Comp. Biochem. Physiol., 68A: 477-485.

Galeno, 1821-1830. Opera omnia. II. Leipzig: Kühn. Citado por L. García Ballester (1972).

Galvani, 1773. Sul moto muscolare della rane. Bolonia:

----- et Aldini, G., 1792. De viribus electricitatis in motu muculari commenterius. Modena:

Gamble, F. W. & Keeble, F., 1903. The bionomics of *Convoluta roscoffensis*, with special reference to its green cells. Proc. Royal Soc. (London), 72: 93-98.

* García Ballester, L., 1972. Galeno. En: Laín Entralgo, P. (ed.), 1972. Historia universal de la medicina. II. Barcelona: Salvat.

* Garfield, E., 1988. Chronobiology: An Internal Clock for All Seasons. Part 2. Current Research on Seasonal Affective Disorder and Phototherapy. Current Contents LS, 31(2): 3-9.

* Ghiselin, M. T., 1981. Categories, life and thinking. The behavioral and brain sciences. 4: 269-313.

* Giese, A. C., 1983. Fisiología celular y general. México, D. F.: Interamericana

* Gili Gaya, S., 1961. Iniciación en la historia literaria universal. Barcelona: Teide.

* Goodfield, G. J., 1987. El desarrollo de la Fisiología científica. México, D. F.: UNAM.

* Gordon-Childe, V., 1954. Los orígenes de la civilización. México, D. F.: FCE.

Grabensberger, W., 1933. Z. vergl. Physiol., 20: 1-54.

Granet, M., 1934. La pensée Chinoise. Paris:

* Grawitz, M., 1975. Método y técnicas de las Ciencias sociales. Barcelona: Ed. Hispano-Europea.

* Green, G. W., 1964a. The control of spontaneous locomotor activity in *Phormia regina*. Meigen-I. Locomotor activity Patterns of intact flies. J. Insect Physiol., 10: 711-726.

* ----- 1964b. The control of spontaneous locomotor activity in *Phormia regina*. Meigen-II. Experiments to determine the mechanism involved. J. Insect Physiol., 10: 727-752.

Groom, T. T. und Loeb, J., 1890. Der Heliotropismus der Nauplien von *Balanus peforatus* und die periodischen Tiefenwanderungen pelagischer Tiere. Biol. Centralb., 10: 160-177.

* Gudger, E. W., 1919. A historical note on the synchronous flashing of fireflies. Science, 50(1286): 188-190.

* Guyselman, J. B., 1957. Solar and lunar rhythms of locomotor activity in the crayfish *Cambarus virilis*. Physiol. Zool., 30: 70-87.

Halberg, F., Halberg, E., Barnum, C. & Bittner, J., 1959. Physiologic 24-hour periodicity in human beings and mice, the lighting regimen and daily routine. In: Withrow, R. B. (Ed.), 1959. Photoperiodism and delated phenomeno in Plants and Animals. Washington, D. C.: AAAS.

Haller, A. von, 1747. Primae lineae physiologiae. Gotinga:

----- 1757-1766. Elementa physiologiae corporis humani. Lausana:

Hanström, B., 1932. Neue Untersuchungen über Sinnesorgane und Nerversystem der Crustaceen. II. Zool. Jahrb. Anat., 56: 387-

----- 1937. Inkretorischen Organe und Hormonefunktionen bei den Wirbellosen. Ergbnisse der Biologie, 14: 143-224.

* Harker, J. E., 1953. The diurnal rhythm of activity of mayfly nymphs. J. Exp. Biol., 30: 525-533.

* ----- 1954. Diurnal rhythms in *Periplaneta americana* (L). Nature, 173: 689-690.

----- 1955. Control of diurnal rhythms of activity in *Periplaneta americana* (L). Nature, 175: 773-

* ----- 1956. Factors Controlling the diurnal rhythm of activity of *Periplaneta americana* (L). J. Exp. Biol., 33: 224-234.

* ----- 1958. Diurnal rhythms in the animal kingdom. Biol. Rev., 33: 1-52.

* ----- 1960a. The effect of perturbations in the enviromental cycle of the diurnal rhythm of activity of *Peeriplaneta americana* (L). J. Exp. Biol., 37: 154-163.

----- 1960b. Internal factors controlling the suboesophageal ganglion neurosecretory cycle in *Periplaneta americana* (L). J. Exp. Biol., 37: 164-170.

* Harnecker, M., 1971. Los conceptos elementales del materialismo histórico. México, D. F.: Siglo XXI.

Harvey, E. N., 1926. On the inhibition of animal luminiscence by light. Biol. Bull., 51: 85.

* Harvey, W., 1628. Estudio anatómico del movimiento del corazón y de la sangre en los animales. En: Izquierdo, J. J. (ed.), 1936. Harvey: iniciador del método experimental. México, D. F.: Ediciones ciencia.

* Hastings, J. W., 1960. Bichemical Aspects of Rhythms: Phase Shifting by Chemicals. Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol., 25: 131-143.

* ----- 1970. Cellular-biochemical hypothesis. In: Brown, F. A. Jr., Hastings, J. W. & Palmer, J. D. (Eds.), 1970. The biological clock: two views. New York: Academic press.

* ----- & Sweeney, B., 1958. A persistent diurnal rhythm of bioluminescence in *Gonyaulax polyedra*. Biol. Bull., 15: 440-458.

* ----- & ----- 1960. The action spectrum of shifting the phase of the rhythm of luminescence in *Gonyaulax polyedra*. J. Gen. Physiol., 43: 697-706.

Havinga, B., 1929. Krebse und Weichtiere. Handb. Seefischerei Nordeuropas, 3: 1-142.

----- 1930. Der Granat (*C. vulgaris* Fabr.) in den Hollandischen Gewassern. Journ. Conseil, 5: 57-87.

Helland-Hansen, B. & Nansen, F., 1926. The Eastern North Atlantic. Geofysiske Publikasjoner, Oslo, 4(2): 1-76.

Helmholtz, H., 1847. Über die Erhaltung der Kraft. In: Brush, S. (Ed.), 1965. Kinetic theory. I. Oxford: Pergamon.

* Heródoto (446/4 a. C.), 1984. **Historias I.** México, D. F.: UNAM.

Herrick, F. H., 1909. Natural history of the American lobster. **Bull. Bur. Fish.**, **29**: 150-408.

* Heymer, A., 1982. **Diccionario etológico.** Barcelona: Omega.

Hickling, C. F., 1925. Notes on Euphausiids. **Journ. Mar. Biol. Assoc. N. S.**, **13**(3): 735-745.

* Highkin, H. R., 1960. The effect of constant temperature environments and of continuous light on the growth and development of pea plants. **Cold. Spring Harbor symp. Quant. Biol.**, **25**: 231-238.

* Hinde, R. A., 1977. **Bases biológicas de la conducta social humana.** México, D. F.: Siglo XXI.

* Hintze, A. L., 1925. The behaviour of the larvae of *Cotinis nitida* Burmeister. **Ann. Ent. Soc. Amer.**, **18**: 31-34.

Hoff, J. H. van't, 1884. **Etudes de Dynamique Chimique.**

Hoffmann, K., 1957. Angeborene Tagesperiodik bei Eidechsen. **Naturwiss.**, **44**: 359-360.

----- 1960. Versuche zur Analyse der Tagesperiodik I. Der Einfluss der Lichtintensitaet. **Z. vergl. Physiol.** (c.f. Aschoff, 1960).

Hofmeister, W., 1862. Uber die Mechanikder Reizerscheinungen von Pflanzenteilen. **Flora**, **20**: 497 u. 513

----- 1867. **Die Lehre von der Pflanzenzelle.** Leipzig: Engelmann.

Holmes, S. J., 1911. **The evolution of animal intelligence.** New York: Henry Holt.

* Homero (s. f.), 1921. **La Ilíada.** México, D. F.: Porrua.

Hosseus, C., 1903. **Uber die Beeinflussung der autonomen Variationsbewegungen durch einige äußere Faktoren.** Leipzig: Diss.

* Houssay, B. A. y col. 1954. **Fisiología humana.** Buenos Aires: El Ateneo.

* Hudson, G. H., 1918. Concerted flashing of fireflies. **Science**, **48**: 573-574.

Hufeland, C. W., 1797. **The art of prolonging life.** London:

----- 1798. **Die Kunst das menschliche Leben zu verlägern.** Jena:

Humboldt, 1793. **Florae Fribergensis specimen.** Berlin: Berolini, H. A. Rottman.

----- 1797. **Versuche über die gereizte Muskel und Nervenfaser.** Berlin: Posen.

* ----- 1800. **Carta.** ...

* ----- 1805. Confesiones. En: Humboldt (1811), 1984. **Ensayo político sobre el reino de la Nueva España.** México, D. F.: Porrúa.

* ----- (1811), 1984. **Ensayo político sobre el reino de la Nueva España.** México, D. F.: Porrúa.

----- 1850. **Views of nature or contemplations on the sublime phenomena of creation.** London:

* Huntley M., 1983. Experimental approaches to the study of vertical migration of zooplankton. In: Rankin, M. A. (Ed.), 1985. **Migration: mechanisms and adaptive significance.** Port Aransas: The University of Texas.

Huxley, T. H., 1875. Citado por W. Coleman (1983).

* ----- (1880), 1973. **The Crayfish.** New York: MIT

Ingenhousz, J., 1779. **Experiments on vegetables, discovering their great power or purifying the common air in sunshine, but injuring in the shade or at night.**

* Inhelder, B., 1982. Prefacio. En: Piaget, J. y García, R., 1982. **Psicogénesis e historia de la Ciencia.** México, D. F.: Siglo XXI.

Johnson, C. H., 1990. **An Atlas of Phase Response Curves for Circadian and Circatidal Rhythms.** Nashville: Vanderbilt U.

* 1992. Phase Response Curves: What Can They Tell Us about Circadian clocks? In: Hiroshige, T. & Honma, K. (Eds.), 1992. **Circadian Clocks from Cell to Human.** Sapporo: Hokkaido U. P.

* Johnson, M. S., 1926. Activity and distribution of certain wild mice in relation to biotic communities. **Jour. Mamm.**, 7: 245-227.

----- 1939. Effect of continuous light on periodic spontaneous activity of white-footed mice (*Peromyscus*). **J. Exp. Zool.**, 82: 315-328.

* Johnsson, A. & Karlsson, H. G., 1972. A feedback Model for Biological rhythms. I. Mathematical description and basic properties of the model. J. Theor. Biol., 36: 153-174.

* Jost, L., 1895. Ueber die Abhängigakeit des Laubblattes von seiner Assimilationstätigkeit. Pringsh. Jahrb., 27: 403-480.

----- 1898. Beitrage zur Kenntnis der nyktitropischen Bewegungen. Pringsh. Jahrb., 31:

Kaempfer, E. (1690), 1906. The history of Japan with a description of the kingdom of Siam. Glasgow: James McLehose and Sons.

* Kaiser, H. & Lehmann, U., 1975. Tidal and spontaneous activity patterns in fiddler crabs. II: Stochastic models and simulations. J. Comp. Physiol., 96: 1-26.

* Kalmus, H., 1934. Uber die Nature des Zeitgedächtnisses der Bienen. Z. vergl. Physiol., 20: 405-419.

----- 1935. Periodizität und Autochronie als zeitregelnde Eigenschaften der Organismen. Biol. Generalis, 11: 93-114.

----- 1938a. Uber einen latenten physiologischem Fartwechsel beim Flusskrebs. *Potamobius astacus*. Sowie seine hormonale beeinflussung. Z. vergl. Physiol., 25: 784-797.

* ----- 1938b. Das Aktogramm des Flusskrebses und seine Beeinflussung durch Organextrakte. Z. vergl. Physiol., 25: 798-802.

----- 1940a. New research in the diurnal periodicity of animals. Acta Med. Scand. (suppl.), 108: 227-233.

* ----- 1940b. Diurnal rhythms in axolotl larvae and in *Drosophila*. Nature, 145: 72.

* ----- 1988. The history and philosophy of chronobiology. J. interdisc. cycle. res., 19(4): 227-234.

* Kaminsky, G., 1983. El tiempo en la filosofía. En: Blanck de Cereijido, F. (ed.), 1983. Del tiempo. México, D. F.: Folios.

Keeble, F. & Gamble, F. W., s. f. ... In: Kafka, G. (Verleger), 1914. Einführung in die Tierpsychologie. I. Leipzig:

* Kiesel, A., 1894. Untersunchungen zur Physiologie des facettierten Auges. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wienen, 103(3): 97-139.

Klein, D. C. & Weller, J. L., 1970. Indole metabolism in the pineal gland: a circadian rhythm in N-acetyltransferase. Science, 169: 1093-1095.

Kleinholz, L. H., 1934. Eye-stalk hormone and the movement of distal retinal pigment in *Palaemonetes*. Proc. Nat. Acad. Sci., 20: 659-661.

----- 1936. Crustacean eye-stalk hormone and retinal pigment migration. Biol. Bull., 70: 159-184.

----- 1937a. Studies in the pigmentary system of Crustacea. I. Color changes and diurnal rhythm in *Ligia baudiniana*. Biol. Bull., 72: 24-46.

----- 1937b. Studies in the pigmentary system of Crustacea. II. Diurnal movements of the retinal pigments of Bermudan decapods. Biol. Bull., 72: 176

----- 1938. Studies in the pigmentary system of Crustacea. IV. The unitary versus the multiple hormone theory of control. Biol. Bull., 75: 510-

Kleinhoonte, A., 1929. Uber die durch das Licht regulierten autonomen Bewegungen der Canavalia-Blätter. Arch. néerl. Sci. ex. et. nat. IIIb, 5: 1-110.

* ----- 1932. Untersuchungen über die autonomen Bewegungen der Primärblätter von *Canavalia ensiformis*. Jahrb. f. wiss. Bot., 75: 679-725.

* Klopfer, P. H., 1976. Introducción al comportamieto. México, D. F.: FCE.

* Konopka, R. J., 1981. Genetics and Development of Circadian Rhythms in invertebrates. In: Aschoff, J. (Ed.), 1981. Biological Rhythms. New York: Plenum.

* Koyré, A. 1951. Orientación y proyectos de investigación. En: Koyré, A., 1977. Estudios de historia del pensamiento científico. México, D. F.: Siglo XXI.

Kramer, G., 1952. ... Ibis, 94: 265

Kröyer, H., 1842. Monographisk fremstilling af slaegten *Hippolyte* nordiske arter. K. Danske Vidensk. Selsk. Skr., 9: 209-361.

* Kuhn, T. S., 1968. La Historia de la Ciencia. En: Kuhn, T. S., 1982. La tensión esencial. México, D. F.: CONACYT / FCE.

* ----- 1971a. La estructura de las revoluciones científicas. México, D. F.: FCE.

* ----- 1971b. II. Los conceptos de causa en el desarrollo de la física. En: Kuhn, T. S., 1982. La tensión esencial. México, D. F.: CONACYT / FCE.

* Kuhn, T. S. Algo más sobre los paradigmas. En: ib.

* ----- 1976a. I. Las relaciones entre la Historia y la Filosofía de la Ciencia. En: ib.

* ----- 1976b. III. La tradición matemática y la tradición experimental en el desarrollo de la Física. En: ib.

* ----- 1982a. Prefacio. En: ib.

* ----- 1982b. La tensión esencial. México, D. F.: CONACYT / FCE.

* Laín Entralgo, P., Albarracin Teulon, A. y Gracia Guillen, D., 1973. Fisiología de la ilustración. En: Lain Entralgo, P. (ed.), 1973. Historia universal de la Medicina. V. Barcelona: Salvat.

* Lapicque, L. E. (¿1866?), 1926. L'excitabilité en Fonction du Temps. Paris: Presses universitaires.

* Lara-Aparicio, M., López de Medrano S., Fuentes-Pardo, B. & Moreno-Sáenz, E., 1993. A qualitative mathematical model of the ontogeny of a circadian rhythm in crayfish. Bull. Math. Biol., 55(1): 97-110.

Lasiewski, R. C. & Dawson, W. R., 1967. A re-examination of the relation between standard metabolic rate and body weight in birds. Condor, 69: 13-23.

* Laurent, P., 1917. The supposed synchronal flashing of fireflies. Science, 45(1150): 44.

* Lavoisier (1789), 1990. Tratado elemental de chimica. México, D. F.: UAM-X.

* Leeuwenhoek, T. van, 1647. Carta a H. Oldenburg. En: Dobell, C. (ed.), 1960. Antony van Leeuwenhoek and his 'Little animals'. New York: Dover.

Lemoine, 1861. Recherches pour servir à l'histoire des systèmes nerveux, musculaire et glandulaire de l'Ecrevisse. Ann. Sc. Nat., 15:

----- 1868. ... Ann. Sc. Nat.,

* Lenin, V. I., 1977. Materialismo y empiriocriticismo. Moscú: Progreso.

* Lévi-Strauss, C., 1964. El pensamiento salvaje. México, D. F.: FCE.

Lewy, A. J., Wehr, T. A., Goodwin, F. K., Newsome, D. A. & Markey, S. P., 1980. Light supresses melatonin secretion in humans. Science, 210: 1267-1269.

Linnaeus, 1747. ... **Actas de la real academia de ciencias.**

----- 1751. **Philosophia Botanica.** Stockholm: Godofr. Kiesewetter.

----- ¿1753. **Floral clock?**

----- 1753. **Species plantarum.**

----- 1755. Somnus plantarum. **Amoenitat. Academicae 4:** 333.

Lipperheide, C., 1927. Neure Üntersuchungen Über den Einfluß der Elektrizität auf Pflanzen. **Angew. Bot. 9:** 561-

* Lloyd, A. L. & Lloyd, D., 1993. Hypothesis: the central oscillator of the circadian clock is a controlled chaotic attractor. **BioSystems, 29:** 77-85.

Loeb, J., 1889. **Der Heliotropismus der Tiere und seine Uebereinstimmung mit dem Heliotropismus de Pflanzen.** Würzburg:

----- 1893a: Ueber künstliche Umwandlung positiv heliotropischer Tiere in negativ heliotropische und umgekehrt. **Arch. ges. Physiol., 54:** 81-107.

* ----- 1893b. On the influence of light on the periodical deph migration of pelagic animals. **Bull. U. S. Fish. Comm., 13:** 65-68.

* ----- 1906a. **The dynamics of living matter.** New York:

----- 1906b. Ueber die Erregung vor positivem Heliotropismus durch Saure, insbeseondere Kohlensäure und von negativem Heliotropismus durch ultraviolette Strahlen. **Arch. ges. Physiol., 115:** 564-581.

* ----- 1908. Ueber Heliotropismus und die periodischen Tiefenbewegungen pelagischer Tiere. **Biol. Centralb., 28:** 732-736.

----- 1911. Die Tropismen. **Winterstein's Handb. verg. Physiol., 4:** 451-519.

* ----- (1918), 1973. **Forced movements tropisms & animal conduct.** New York: Dover.

Ludwig, K., 1852. **Lehrbuch der Physiologie des Menschen. I.**

----- 1856. **Lehrbuch der Physiologie des Menschen. II.**

* Lutz, F. E., 1929. Observations on leaf-cutting ants. **Amer. Mus. Nov.,** no. 388: 1-21.

* ----- 1931. Light as a factor in controlling the start of daily activity of a wren and stingless bees. **Amer. Mus. Nov.,** no. 468: 1-9.

* ----- 1932a. Our ignorance concerning insects, Part III. Can. Ent., 64(4): 73-78.

* ----- 1932b. Experiments with Orthoptera concerning diurnal rhythm. Amer. Mus. Nov., no. 550: 1-24.

* ----- 1933. Experiments with 'stingless bees' (*Trigona cressoni paratigma*) concerning their ability to distinguish ultraviolet patterns. Amer. Mus. Nov., no. 641: 1-26.

* ----- 1934. The 'buckwheat problem' and the behavior of the honey-bee. Am. Mus. novit., no. 688: 1-10.

Mach, E., 1897. Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt. Leipzig:

* ----- 1916. Flashing of fireflies. Science, 44(1139): 610.

----- 1917. ... Can. Ent., 49: 53-61.

* Mackie, T. T., Hunter, G. W. & Worth, C. B., 1946. Manual de Medicina tropical. México, D. F.: La prensa médica mexicana.

* Maeterlinck, M. (1901), 1963. Prosa. México, D. F.: Aguilar.

* Mairan Dortous, J. B. de, 1729. Observation botanique. Historie de l' Académie Royale des Sciences. Paris:

* Malet, A. e Isaac, J., s. f. a, La época contemporánea. I. Paris: Ediciones españolas Hachette.

* ----- e -----, s. f. b, La época contemporánea. II. Paris: Ediciones españolas Hachette.

Marilaun, A. K. von, 1895. The Natural History of Plants. II. New York: Henry Holt.

* Martínez Gutiérrez, J., 1987. Comunicación personal.

* Marx, K.,1859. Prólogo de la contribución a la crítica de la Economía política. En Marx, K. y Engels, F., sf. Obras escogidas. México, D. F.: Ediciones de cultura popular.

* ----- (1867), 1946. El capital. México, D. F: FCE.

* ----- y Engels, F., 1947-1848. Manifiesto del partido comunista. En: Marx K. y Engels F., sf. Obras escogidas. México, D. F.: Ediciones de cultura popular.

Mason, S. F., 1962. A history of sciences. New York: MacMillan.

Mast, S. O., 1911. **Light and the behavior of organisms.** New York: John Wiley & Sons.

* ----- 1912. Behavior of fireflies with special reference to the problem of orientation. **Journ. An. Behav.**, **2**: 256-272.

* ----- 1918. Problems, methods and results in behavior. **Science**, **48**(1250): 579-588.

Mayer, A. G., 1900. ... **Psyche**, **9**: 15-20.

Mendel, 1866. Experiments in Plant Hybridisation. **Mem. Soc. Brünn Hist. Nat.** ...

* Menke, H., 1911. Periodische Bewegungen und ihr Zusammenhang mit Licht und Stoffwechsel. **Arch. ges. Physiol.**, **140**: 37-91.

Meyen, ... s. f., **Pflanzenphysiologie. III.**

* Meyer, F., 1979. Situación epistemológica de la Biología. En: Piaget, J. (ed.), 1979a. **Tratado de lógica y conocimiento científico. V**, Buenos Aires: Paidós.

* Meyer-Abich, A., 1985. **Humboldt.** Barcelona: Salvat.

Michael, E. L., Classification and Vertical distribution of the Chaetognatha of the San Diego region. **Univ. Calif. Publ.**, **8**(3): 21-186.

Millardet, ... 1869. Nouvelles recherches sur la pédiodicité de la tensión. Etude sur les mouvements périodiques et paratoniques de la Sensitive. **Mém. Soc. Sc. Nat. Strasbourg**, **6**:

* Moore, A. R., 1912. Concerning negative phototropism in *Daphnia pulex*. **J. Exp. Zool.**, **13**(4): 573-575.

* Moore, J. A. y col. **Biología.** México, D. F.: CECSA.

* Moore-Ede, M. C., Sulzman, F. M. & Fuller, C. A., 1982. **The Cloks That Time Us.** Cambridge: Harvard U. P.

* Morrison, T. F., 1929. Observations on the synchronous flashing of fireflies in Siam. **Science**, **69**(1789): 400-401.

* Morse, E. S., 1916a. Fierflies flashing in unison **Science**, **43**(1101): 169-170

* ----- 1916b. Fierflies flashing in unison **Science**, **44**(1133): 387-388.

* ----- 1918. Fireflies flashing in unison. **Science**, **48**(1230): 92-93.

* ----- 1924. The synchronous flashing of fireflies. Science, 59(1520): 163-164.

* Morse, F., 1918. Fireflies flashing in unisonon. Science, 48(1243): 418-419.

* Morser, I., Phasenverschiebungen der endogenen Tagesrhythmik bei *Phaseolus* durch Temperatur und Lichtintensitätsänderungen. Planta, 58: 199-219.

Mossler, M. A., 1915. Die Pigmentwanderung im Auge von *Palaemon squilla*. Denkschr. kais. Akad. Weiss., Wien, 91: 579-608.

Müller, J., 1833-1840. Handbuch der Physiologie. Koblenz:

Murray, J. & Hjort, J., 1912. The depths of the ocean. Macmillan.

* Naylor, E., 1958. tidal and diurnal rhythms of locomotory activity in *Carcinus maenas* (L). J. Exp. Biol., 35: 602-610.

* ----- 1960. Locomotory rhythms in *Carcinus maenas* (L.) from non-tidal conditions. J. Exp. Biol., 37: 481-488.

* ----- 1961. Spontaneous locomotor rhythm in mediterranean *Carcinus*. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 32: 58-63.

* ----- 1963. Temperature relationships of the locomotor rhythm of *Carcinus*. J. Exp. Biol., 40: 669-679.

* Needham, J., 1977. La gran titulación. Madrid: Alianza Universidad.

-----, Lin, W. (Wang Ching-Ning), Gwei-Djen, L, Ping-Yü, H., Robinson K., Thien-Chhin, T. et all., 1954. Science and Civilisation in China. Cambridge:

* Newman, H. H., 1917. A case of synchronic behavior in phalangidae. Science, 45(1150): 44.

Newport, 1834. ... Phil. Trans. Royal Soc. London.

Newton [168(6)7], 1973. Mathematical principles of natural philosophy. Berkely: U. California P.

* Nisbett, A., 1985. Lorenz. Barcelona: Salvat.

Njus, D., Sulzman, F. M. & Hastings, J. W., 1974. Membrane model for a circadian clock. Nature, 284: 116-120.

* Ortega y Medina, J. A., 1984. Estudio preliminar. En Humboldt (1811), 1984. Ensayo político sobre el reino de la Nueva España. México, D. F.: Porrúa.

Osten-Sacken, B. von, 1861. ... **Stettiner Ent. Zeitung, 22:** 54-

Ostwald, W., 1902. Zur Theorie des Planktons. **Biol. Centralb., 22:**

* Palmer, J. D., 1963. 'Circa-tidal' activity rhythms in fiddler crabs. Effect of light intensity. **Biol. Bull., 125:** 387.

----- 1964. A persistent, light-prefernce rhythm in the fiddler crab, *Uca pugnax*, and its possible adaptative significance. **Amer. Nat., 98:** 431-434.

----- 1967. *Euglena* and the tides. **Nat. Hist., 76:** 60-64.

* ----- 1973. Tidal rhythms: the clock control of the rhythmic physiology of marine organisms. **Biol. Rev., 48:** 377-418.

* ----- 1974. **Biological Clocks in Marine Organisms.** New York: John Wiley.

----- & Round, F. E., 1965. Persistent vertical-migration rhythms in benthic microflora. I. The effect of light and temperature on the rhythmic behaviour of *Euglena obtusa*. **J. Mar. Biol. Ass. U. K., 45:** 567-582.

----- & ----- 1967. Persistent vertical-migration rhythms in benthic microflora. VI. The tidal and diurnal nature of the rhythm in diatom *Hantzscia virgata*. **Biol. Bull., 132:** 44-55.

* Park, O. 1935. Studies in nocturnal Ecology, III. Recording apparatus and further analysis of activity rhythm. **Ecology, 16(2):** 152- 163.

* ----- Keller, J. G., 1932. Studies in nocturnal ecology. II. Preliminary analysis of activity rhythm in nocturnal forest insects. **Ecology, 13(4):** 335-346.

* ----- Locket, J. A. & Myers, D. J., 1931. Studies in Nocturnal Ecology with special reference to climax forest. **Ecology, 12(4):** 709-727.

* ----- & Sejba, O., 1935. Studies in nocturnal ecology. IV. *Megalodacne heros*. **Ecology, 16(2):** 164-172.

Parker, G. H., 1890a. The Histology and Development of the Eye in the lobster. **Bull. Mus Comp. Zoöl., 20(1):** 1-60.

----- 1890b. The Eyes in Blind Crayfishes. **Bull. Mus Comp. Zoöl., 20(5):** 153-162.

* ----- 1891. The Compound Eyes in Crustaceans. **Bull. Mus Comp. Zoöl., 21(2):** 45-140.

----- 1895. The retina and Optic Ganglia in Decapods, especially in Astacus. Mitt. Zool. Stat. Neapel. 12: 1-73.

----- 1896. Pigment Migration in the eyes of *Palaemonetes*. A Preliminary Notice. Zool. Anzeiger. 19: 281-284.

* ----- 1897. Photomechanical changes in the retinal pigment cells of *Palaemonetes*, and their relation to the central nervous system. Bull. Mus. Comp. Zoöl., 30(6): 274-300.

----- 1902. The reactions of Copepods to various stimuli, and the bearing of this on daily depth migrations. Bull. U. S. Fish. Comm., 21: 103-123.

----- 1911. Mast's 'Light and the Behavior of Organisms'. Jour. of Anim. Behav., 1: 461-464.

Pauli, W. F., s. f., Versuche üb. den physiolog. Farbenwechsel der Salamanderlarve und der Pfrille. Z. wiss. Zool. 128:

Pavlidis, T., 1971. Populations of biochemical oscillators as circadian clocks. J. Theor. Biol., 33: 319-338.

* ----- 1973. Biological oscilators: their mathematical analysis. New York: Academic Press.

* ----- 1978a. What do mathematical models tell us about circadian clocks? Bull. Math. Biol., 40: 625-635.

* ----- 1978b. Qualitative similarities between the behavior of coupled oscillators and circadian rhythms. Bull. Math. Biol., 40: 675-692.

* ----- & Kauzmann, W., 1969. Toward a Quantitative Biochemical Model for Circadian Oscillators. Arch. Biochem. Biophys., 132: 338-348.

* Pávlov, 1909. Las ciencias naturales y el cerebro. En: Pavlov, 1968. Fisiología y Psicología. Madrid: Alianza Editorial.

* ----- 1924. Lecciones sobre el trabajo de los hemisferios cerebrales. En: ib.

* ----- 1932. Respuestas de un fisiólogo a los psicólogos. En: ib.

Pearse, A. S., 1912. The habits of fiddler-crabs. Philippine J. Sci. (Sec. D), 7: 113-133.

* ----- 1914. On the habits of *Uca pugnax* (Smith) and *U. pugilator* (Bosc). Trans. Wis. Acad. Sci. Arts. Lett., 12(2): 791-802.

* Peñalosa, J., 1979. Nota preliminar. En: Hugo, V. (1862), 1979. **Los miserables**. México, D. F.: Porrúa.

* Pérez Tamayo, R., 1975. Serendipia. En: Pérez Tamayo, R., 1980. **Serendipia**. México, D. F.: Siglo XXI.

* Perkins, E. B., 1928. Color changes in Crustaceans. Especially in *Palaemonetes*. J. Exp. Zool., 50: 71-105.

----- & Kropp., B., 1932. The crustacean eye hormone as a vertebrate melanophore activator. Biol. Bull., 63: 108-112.

* Peterson, E. L., 1980. A Limit Cycle Interpretation of a Mosquito Circadian Oscillator. J. Theor. Biol., 84: 281-310.

* ----- & Saunders, D. S., 1980. The Circadian Eclosion Rhythm in *Sarcophaga argyrostoma*: A Limit Cycle Representation of the pacemaker. J. Theor. Biol., 86: 265-277.

Pfeffer, W. F. P., 1873. **Physiologische Untersuchungen**. Leipzig:

----- 1875. **Die periodischen Bewegungen bei Blattorgane**. Leipzig: Engelmann.

----- 1904. **Planzenphysiologie**. Leipzig:

----- 1905. **Pfeffer's Physiology of Plants**. Oxford: Alfred J. Ewert.

----- 1908. Die Entstehung der Schlafbewegungen bei Planzen. **Biol. Cbl., 28:**

* ----- 1909. Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane. **Abhandl. der math.-phys. Kl. der Königl. sächs. Ges. der Wiss.**, 30: 259-472.

----- 1911. Der Einfluß von mechanischer Hemmung und von Belastung auf die Schlafbewegungen. **Abhandl. der math.-phys. Kl. der Königl. sächs. Ges. der Wiss.**, 32: 163-

* ----- 1915. Beiträge zur Kenntnis der Entstehung der Sclafbewegungen. **Abhandl. der math.-phys. Kl. der Königl. sächs. Ges. der Wiss.**, 34: 1-154.

----- 1985. **Osmotic investigations**. Van Nostrand Reinhold.

* Phillips, J. G. (ed.), 1976. **Fisiología ecológica**. Madrid: H. Blume.

* Piaget, J., 1969. **Biología y conocimiento**. México, D. F.: Siglo XXI.

* ----- 1971. Psicología y epistemología. Barcelona: Ariel.

* ----- 1977. Ensayo de lógica operatoria. Buenos Aires: Guadalupe.

* ----- 1978a. Adaptación vital y psicología de la inteligencia. México, D. F.: Siglo XXI.

* ----- 1978b. La equilibración de las estructuras cognoscitivas. Madrid: Siglo XXI.

* ----- 1979a. Los dos problemas principales de la Epistemología biológica. En: Piaget, J. (ed.), 1979a. Tratado de lógica y conocimiento científico. V. Buenos Aires: Paidós.

* ----- 1979b. Clasificación de las ciencias y principales corrientes de la epistemología contemporanea. En: Piaget, J. (ed.), 1979b. Tratado de lógica y conocimiento científico VII. Buenos Aires: Paidós.

* ----- 1986. El comportamiento motor de la evolución. Buenos Aires: Nueva visión.

* ----- y García, R., 1982. Psicogénesis e historia de la Ciencia. México, D. F.: Siglo XXI.

* ----- y ----- 1989. Hacia una lógica de significaciones. México, D. F.: Gedisa.

* Piéron, H., 1906. La réaction aux marées par anticipation réflexe chez *Actinia equina*. C. R. Soc. Biol. Paris, 61: 658-660.

----- 1910. L'evolution de la Mémoire. Paris:

* Pittendrigh, C. S., 1954. On temperature independence in the clock system controlling emergence time in *Drosophila*. Proc. N. A. S., 40: 1018-1029.

----- 1958. Adaptation, natural selection, and behavior. In: Rose, A. & Simpson, G. G. (Eds.), 1958. Behavior and Evolution. New Haven, Conn.: Yale U. P.

* ----- 1960. Circadian Rhythms and the Circadian Organization of Living Systems. Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol. 25: 159-184.

* ----- 1964. On the mechanism of the entraiment of a circadian rhythm by light cycles. In. Aschoff, J. (Ed.), 1965. Circadian clocks. Amsterdam: North-Holland.

* ----- 1966. The circadian oscillation in *Drosophila pseudoobscura* pupae: a model for the photoperiodic clock. Zeit. Pflanzenphysiol., 54: 275-307.

----- 1972. Circadian surfaces and the diversity of possible roles of circadian organization in photoperiodic induction. **Proc. Nat. acad. Sci. USA, 69**: 2734-2737.

----- 1974. Circadian oscillations in cells and the circadian organization of multicellular systems. In: Schmitt F. O. &

Worden, F. G. (Eds.), 1974. **The Neurosciences: third study program.** Cambridge: MIT Press.

* ----- 1981a. Circadian Systems: General Perspective. In: Aschoff, J. (Ed.), 1981. **Biological Rhythms.** New York: Plenum.

* ----- 1981b. Circadian Systems: Entrainment. In: Aschoff, J. (Ed.), 1981. **Biological Rhythms.** New York: Plenum.

----- 1981c. Circadian organization and the photoperiodic phenomena. In: Follett, B. K. & Follett, D. E. (Eds.), 1981. **Biological clocks in seasonal reproductive cycles.** Bristol: Wright.

* ----- & Bruce, V. G., 1957. An Oscillator Model for Biological Clocks. In: Rudnick, D. (ed.), 1957. **Rhythmic and Synthetic Processes in Growth.** Princeton: Princeton U. P.

* ----- & ----- 1959. Daily rhythms as coupled oscillator systems and their relation to thermoperiodism and photoperiodism. In: Withrow, R. (Ed.), 1959. **Photoperiodism and related phenomena in plants and animals.** Washington, D. C.: AAAS.

* -----, ----- & Kaus, P., 1958. On the significance on transients in daily rhythms. **Proc. Nat. Acad. Sci., 44**: 965-973.

* ----- & Daan, S., 1976a. A Functional Analysis of Circadian Pacemakers in Nocturnal Rodents. I: The Stability and Lability of Spontaneous Fecuency. **J. Comp. Physiol., A106**: 223-252.

* ----- & ----- 1976d. A Functional Analysis of Circadian Pacemakers in Nocturnal Rodents. IV: Entrainment: Pacemaker as Clock. **J. Comp. Physiol., A106**: 291-331.

* -----& ----- 1976e. A functional analysis of circadain pacemakers in nocturnal rodents. V. Pacemaker Structure: A clock for all Seasons. **J. Comp. Physiol., A106**: 333-355.

* ----- & Minis, D. H., 1964. The entrainment of circadian oscillations by light and their role as photoperiodic clocks. **Am. Nat., 98**(902): 261-294.

* Popper, K. R., 1985. Panorama de algunos problemas fundamentales. En: Cortés, F. y col. (eds.), 1987. **Motodología, I. Génesis y cambio del conocimiento.** México, D. F.: UAM-X.

Powell, B. L., 1965. The hormonal control of the tidal rhythm of locomotory activity in *Carcinus maenas*. Gen. Comp. Endocrin., 5: abst. 84.

* Prigogine, I. (1955), 1967. Introduction to Thermodynamics of irreversible processes. New York: Interscience Publishers.

----- 1975. Physique et métaphysique. Dans: Anonime (ed.), 1975. Connaissance scientifique et philosophie. Bruxelles: Académie royales des sciences.

----- 1977. Génèse des structures en physico-chimie. Dans: ... (ed.), 1977. Epistémologie génétique et équilibration. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.

----- 1980. From being to becoming. San Francisco: Freeman.

* ----- 1981. Einstein: triunfos y conflictos. En: Prigogine, I., 1983. ¿Tan sólo una ilusión?. Barcelona: Tusquets.

* ----- 1982. La lectura de lo complejo. En: ib.

* ----- 1982b. Tan sólo una ilusión. En: Ib.

* ----- 1983. ¿Tan sólo una ilusión? Barcelona: Tusquets.

* ----- s. f. Naturaleza y creatividad. En: ib.

* ----- y Stengers, I., 1983. La nueva alianza. Madrid: Alianza Universidad.

* ----- y ----- 1986. La nouvelle alliance. Gallimard.

* ----- y ----- 1990. Entre el tiempo y la eternidad. Madrid: Alianza editorial.

Purssell, J. V., 1918. ... Scientific american, 118: 71.

* Ramírez Trejo, A., 1984. Nota 186 del traductor. En: Heródoto (446/4 a. C.), 1984. Historias I. México, D. F.: UNAM.

* Rau, P., 1932. Rhythmic periodicity and synchronous flashing in the firefly *Photinus pyralis* with notes on *PHoturus pennsylvanicus*. Ecology, 13(1): 7-11.

----- & Rau, N., 1916. The sleep of insects: an ecological study. Ann. ent. Soc. Amer. 9: 227.

* ----- y ----- 1929. The sex attraction and rhythmic periodicity in giant saturniid moths. Trans. Acad. Sci. St. Louis, 26: 81-221.

Rawson, K. S., 1956. Ph. D. Thesis. Harvard U.

* ----- 1960. Effects of Tissue Temperature on Mammalian Activity Rhythms. **Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 25:** 105-114.

Reaumur, R. A. F. de, 1734-1742. **Memoires pour servir â l'histoire des Insects. I-VI.** Paris: L'Imprimeire Royale.

* Reinberg, A. y Lévi, F., 1985. La intolerancia al trabajo nocturno: un origen cronobiológico. **Mundo científico, 5(44):** 154-155.

----- & Smolensky, M. H., 1983. Introduction to chronobiology. In: Reinberg, A. & Smolensky, M. H. (Eds.), 1983. **Biological rhythms and Wedicine.** New York: Springer-Verlag.

Renner, M., 1957. **Z. vergl. Physiol., 40:** 85-118.

----- 1958, The clock of the Bees. **Natural History, 78:** 438.

----- 1958b. **Ergebn. Biol., 20:** 127-158.

* Rensing, L., 1964. Circadian rhythms in the course of ontogeny. In: Aschoff, J. (Ed.), 1965. **Circadian clocks.** Amsterdam: North-Holland.

* Richmond, C. A., 1930. Fireflies flashing in unison. **Science, 71:** 537-538.

* Richter, C. R., 1927. Animal behavior: internal drives. **Quar. Rev. Biol., 2:** 307-343.

Ritter, J. W., 1798. **Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprozess in Thierreich begleite.** Weimar:

Robert, H., 1922. Notes critiques de méthologie. L'emploi du filet et de la pompe dans les pèches de plancton. **Ann. Biol. Lacustre, 11(1):** 208-

* Roberts, S. K., 1964. Significance of endocrines and central nervous system in circadian clocks. In: Aschoff, J. (Ed.), 1965. **Circadian clocks.** Amsterdam: North-Holland.

* ----- 1965. Photoreception and Entraiment of Cockroach Activity Rhythms. **Science, 148:** 958-959.

* Roberts, T. W., 1944. Light, eyestalk chemical, and certain other factors as regulators of community activity for the crayfish, *Cambarus virilis* (Hagen). **Ecol. Monogr., 14:** 360-392.

* Rodríguez, L. F., 1992. En busca de la calle Fourier. **Ciencia y desarrollo, 17(102):** 22-27.

Römer, F., 1904. Die Ctenophoren. **Fauna Arctica, 3(1):** 65-90.

Rose, M., 1910a. Sur quelques Tropismes. C. R. Acad. Sc.

----- 1910b. Tropismes et Sensibilités différentielles. Assoc. franc. Avanc. Sc. Congrès Toulouse.

----- 1912. Recherches biologiques sur le Plankton. I. Bull. Inst. Océanog. no. 237.

----- 1913. Recherches biologiques sur le Plankton. II. Bull. Inst. Océanog. no. 276.

----- 1921. Recherches biologiques sur le Plankton. III. Bull. Inst. Océanog. no. 385.

----- 1923. Recherches biologiques sur le Plankton. IV. Bull. Inst. Océanog. no. 425.

----- 1924. Recherches biologiques sur le Plankton. V. Bull. Inst. Océanog. no. 439.

* ----- 1925. Contribution à l'étude de la biologie du plankton; le probléme des migrations veerticales journaliéres. Archiv. Zool. Expér. Génér., 64(5): 387-542.

Rosenthal, N. E., Sack, D. A., Gillin, J. C., Lewy, A. J., Goodwin, F. K., Davenport, T., Mueller, O. S., Newsome, D. A. & Wher, T. A., 1984. Seasonal affective disorder: a description of the syndrome and preliminary finding with light therapy. Arch. Gen. Psychiat., 41: 72-80.

* Rothschuh, K. E., 1973. La Fisiología en la época romántica. En: Laín Entralgo, P. (ed.), 1973. Historia universal de la medicina. V. Barcelona: Salvat.

* ----- 1974. La Fisiología. En: Laín Entralgo, P. (ed.), 1974. Historia universal de la medicina. VI. Barcelona: Salvat.

Round, F. E. & Palmer, J. D., 1966. Persistent, vertical-migration rhythms in benthic microflora. II. Field and laboratory studies of diatoms from the banks of the river Avon. Journ. Mar. Biol. Ass. U. K., 46: 191-214.

Russell, F. S., 1925. the vertical distribution of marine macroplankton. An observation on diurnal changes. Journ. Mar. Biol. Ass. N. S., 13(4): 769-809.

* ----- 1927. The vertical distribution of plankton in the sea. Biol. Rev., 2: 213-262.

Ruzak, B. & Zucker, I., 1979. Neural regulation of circadian rhythms. Physiol. Rev., 59: 449-526.

Ryan, F. J., 1941. ... J. Exp. Zool., 88: 24

* Sachs, J., 1857. Uber das Bewegungsorgan und die periodischen Bewegungen der Bläter von *Phaseolus* und *Oxalis*. Botan. Zeitung, 15(47): 809-815.

----- 1860. Ueber die Durchleutung des Planzentheile. Sitz. Bericht. K. K. acad. Wiss. Wien, 43:

* ----- 1863. Die vorübergehenden Starre-Zustände peiodisch beweglicher und reizbaren Pflanzenorgane. II. Die vorübergehende Dunkelstarre. Flora, 30: 465-472.

----- 1865. Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig:

----- 1887. Lectures on the physiology of plants. London: Oxford U. P.

* Salisbury, F. B. & Ross, C. W., 1978. Plant Physiology. Belmont: Wadsworth.

* Sánchez, J. A. & Fuentes Pardo, B., 1977. Circadian rhythm in the amplitude of the electroretinogram in the isolated eyestalk of the crayfish. Comp. Biochem. Physiol., 56A: 601-601.

* Sánchez Vázquez, A., 1975. La ideología de la 'neutralidad ideológica' en las Ciencias sociales. Hist. soc. 7: 9-25.

Sars, G., 1867. Histoire Naturelle des Crustace's d'Eau Dounce de Norve'ge. Oslo: Christiana.

* Saunders, D. S., 1974. Evidence for 'dawn' and 'dusk' oscillators in the *Nasonia* photoperiodic clock. J. Insect. Physiol., 20: 77-88.

Sauvages, F. B. L. de, 1749. De l'influence heureuse de l'électricité dans les paralyses. Montpellier:

----- 1753. Dissertation ou l'on recherche comment l'air, suivant ses différents qualités, agit sur le corps humain. Bordeaux:

* Schallek, W., 1942. Some mechanisms controlling locomotor activity in the crayfish. J. Exp. Zool., 91: 155-166.

Schelling, 1797. Ideen zu einer Philosophie der Natur. Leipzig:

----- 1799. Erster entwurf eines System der Naturphilosophie Jena u. Leipzig:

* Schiller, 1797. Carta. En: Humboldt (1811), 1984. Ensayo político sobre el reino de la Nueva España. México, D. F.: Porrúa.

Schleiden, M. J., (1838), 1842-1843. **Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik.** Leipzig:

Schwann, Th., 1839. Microscopical Researches into the Accordance of Structure and Growth of animals and Plants. In: Schwartz, G. & Bishop, P. W. (Eds.), 1959. **Moments of discovery. II.** New York: Basic Books Inc.

Schwartz, B. & Safir, S. R., 1915. the natural history and behavior of the fiddler crab. **Cold. Spring Harbor. Monogr., 8:** 1-24.

Schwarz, E. A., 1893. Tiere of flight in *Lachnos terna*. **Proc. Ent. Soc. Wash., 2:** 241-243.

Schweidler, E. u. Sperlich, A., 1922. Die Bewegung der Primärbläter bei eitiolierten keimflanzen von *Phaseolus multiflorus*. **Zeitschr. f. Bot., 14:** 577-

* Schwemmle, B., 1960. Thermoperiodic Effects and Circadian Rhythms in Flowering of Plants. **Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 25:** 239-244.

Semon, R., 1904. **Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens.** Leipzig: W.Engelmann.

----- 1905. Ueber die Erblichkeit der Tagesperiode. **Biol. Cbl., 25:** 241-252.

* ----- 1908. Hat der Rhythmus der Tageszeiten bei Planzen erbliche Eindrücke hinterlassen. **Biol. Cbl., 28:** 225-243.

Shelford, R. W. C., 1916. **A naturalist in Borneo.** London:

* Sherrington, C. (1940), 1984. **Hombre versus naturaleza.** Barcelona: Tusquets.

----- 1946. **The endeavours of Jean Fernel.** Cambridge:

Shipley, A. E., ... **Life.** ...

Smolensky, M. H., McGovern, J. P., Scott, P. H., & Reinbeerg, A., 1987. Chronobiology and asthma. II: Body-time-dependent differences in the kinetics and effects of bronchodilator medications. **J. Asthma, 24:** 91-134.

Snyder, C. D. & Snyder, A. V'th, 1920. ... **Am. Jour. Physiol., 51:** 536-542.

Soule & Elliot ... **Caterpillars and their Moths.**

* Sour T., F., 1994. El tiempo geológico. **Ciencias,** no. 35: 57-63.

Southern, R. & Gardiner, A. C., 1926. Reports from the Limnological Laboratory. I. The seasonal distribution of the crustacea of the plankton in Lough Derg and the river Shannon. **Fish. Ireland Sci. Invest.**, **1**: 1-170.

* Steen, E. B. **Dictionary of Biology**. New York: Barnes & Noble.

* Stengers, I., 1983. Introducción. En: Prigogine, I. y Stengers, I., 1983. **La nueva alianza**. Madrid: Alianza Universidad.

* Stephens, G. C., 1957. Influence of temperature fluctuations on the diurnal melanophore rhythm of the fiddler crab *Uca*. **Physiol. Zool.**, **30**(1): 55-69.

* Stern, K. u. Bünning, E., 1929. Uber die tagesoeiodischen Bewegungen der Primärbläter von *Phaseolus*. I: Der Einfluß der Temperatur auf die Bewegungen. **Ber. d, Deutsch. Bot. Ges.**, **47**: 565-584.

* -----, ----- u. Wolodkewitsch, N., 1930. Zur Methodik von elektrokulturversuchen. **Planta**, **11**: 45-66.

* Stewart, C. C., 1898, Variation in daily activity produced by alcohol and by changes in barometric pressure and diet, with a description of recording methods. **Amer. J. Physiol.**, **1**: 40-56.

* Stewart, F. H., 1922. Parasitic worms in man. **Nature**, **109**(2734): 379-381.

Stoppel, R., 1910. Uber den Einfluß des Lichtes auf das Oftnen und Schließen einiger Blüten. **Zeitschr. Bot.**, **2**: 369-

----- 1912. Uber die Bewegungen der Blätter von *Phaseolus multiflorus* bei Konstanz der Außenbedingungen. **Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.**, **30**: 29-

----- 1916. Die Abhängigkeit der Schlafbewegungen von *Phaseolus multiflorus* von verschiedenen Außenbedingungen. **Zeitschr. Bot.**, **8**: 608-

----- 1919. Leitfähigkeit und Ionengehalt der Atmosphäre, im geschlossenen Raum, bei konstanten Licht- und Temperaturverhältnissen. **Nachr. der Königl. Ges. der Wiss. zu Göttingen. math.-phys. Kl.**,

* ----- 1920. Die Pflanze in ihrer Beziehung zur atmosphärischen Elektrizität. **Zeitschr. Bot.**, **12**: 529-575.

----- 1925. Tagesperiodische Erscheinungen bei Pflanzen. **Handb. d. norm. u. pathol. Physiol.**, **17**: 659-

----- 1926a. Die Schlafbewegungen der Blätter von *Phaseolus multiflorus* in Island zur Zeit der Mitternachtssonne. Planta, 2: 342-

----- 1926b Die Beziehung tagesperiodischen Erscheinungen beim Tier und bei der Pflanze zu den tagesperiodischen Intensitätsschwankungen der elektrischen Leitfähigkeit der Atmosphäre. Planta, 2: 356-

----- 1926c. Tagesperiodischen Erscheinungen bei Pflanzen. Handbuch d. norm. u. pathol. Physiologie. 17:

----- u. Kniep, H., 1911. Weitere Untersuchungen über das Öffen und Schließen der Blüten. Zeitschr. Bot., 3: 369-

* ----- u. Trumpf, C., 1922. Beitrag zum Problem der Schlafbewegungen von *Phaseolus multiflorus*. Mitt. d. Inst. f. allg. Bot. Hamburg, 5: 1-16.

Suessenguth, K., 1922. Untersuchungen über Variationsbewegungen von Blättern. Jena:

* Sweeney, B. M., 1960. The photosynthetic rhythm in single cells of *Gonyaulax polyedra*. Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol., 25: 145-148.

----- 1963. Resetting the biological clock in *gonyaulax* with ultraviolet light. Plant Physiol., 38: 704-708.

----- 1974. A. physiological model for circadian rhythms derived from the *Acetabularia* rhythm paradoxes. Int. J. Chronobiol., 2: 25-33.

* ----- 1987. Rhythmic Phenomena in Plants. San Diego: Academic press.

* ----- & Hastings, J. W., 1960. Effects of Temperature upon Diurnal Rhyrhms. Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol., 25: 87-104.

Szymanski, I. S., 1920 Aktivität und Ruhe bei Tieren und Menschen. Z. allg. Physiol., 18: 105-162.

* Thurman, C. L., 1988. Rhythmic physiological color change in crustacea: a review. Comp. Biochem. Physiol., 91C(1): 171-185.

* Toynbee, A., 1981. Los relojes, símbolo de nuestra vida moderna. Ciencia y desarrollo, año VII, núm. 40: 81-93.

Treviranus, G. R., 1802-1821. Biologie oder Philosophie der lebenden Natur. Göttingen:

* Trueba, J. L., 1993. El pasado incognoscible. Ciencia y desarrollo, 18(108): 13-15.

Trumpf, C., 1921. Uber den Einfluß intermittierender Belichtung auf das Etiolement der Pflanzen. Diss. Hamburg. Im Auszug gedruckt.

* Uvarov, B. P., 1921. A revision of the genus *Locusta* L. (= *Pachytylus*, Fieb.), with a new theory as to the periodicity and migrations of locusts. Bull. Entomol. Res., 12: 135-163.

----- 1923. Quelques problèms de la biologie des sauterelles. Ann. des Epiphyties, 9: 87-.

Valentin, G. G., 1839. De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici. Bern:

----- 1844. Leherbuch der Physiologie des Menschen.

* Vázquez G., L. y Villalobos F., A., 1977. Arthropoda. México, D. F.: UNAM.

* Viccon-Pale, J. A. & Fuentes-Pardo, B., 1994. Synchronization by Light of the circadian Rhythm of Motor Activity in the Crayfish. Biol. Rhythm Res., 25(1): in press.

Virchow, R., 1858. Cellular Pathologie.

Vöchting, H., 1891. Ueber die Abhängigkeit des Laubblattes von seiner Assimilationsthätigkeit. Botan. Zeitung, Sep. Abdr.

* Vulpian. A., 1866. Leçons sur la physiologie générale et comparée du systéme nerveux. Paris: Germer Bailliére.

* Waddington, C. H., 1968. Las ideas básicas de la biología. En: Waddington, C. H. (ed.), 1976. Hacia una biología teórica. Madrid: Alianza Universidad.

* Wagensberg, J., 1982. El azar creador. Mundo científico, 12(316):

* ----- 1983. Nota de editor a pié de página. En: Prigogine, I., 1983. ¿Tan sólo una ilusión?. Barcelona: Tusquets.

* ----- 1985. Ideas sobre la complejidad del mundo. Barcelona: Tusquets.

* Wahl, O., 1932. Neue Üntersuchungen Über das Zeitgedächtnis der Bienen. Z. vergl. Physiol. 16: 529-589.

Walde, I., 1927. Uber die Bewegungwn der Primärblätter etiolierter *Phaseolus* -Keimpflanzen und Versuche, sie zubeeinflussen. Jahrb. f. wiss. Bot. 66: 696-

Wallace, A. R., Man's place in the Universe.

Walther, J., 1893. **Allgemeine Meereskunde. Leipzig:**

* Ward, J. M., 1879. some notes on the physiology of the nervous system of the freshwater crayfish (*Astacus fluviatilis*). **J. Physiol., 2:** 214-227.

* Ward, R. R., 1977. **Los relojes vivientes.** Barcelona: Grijalbo.

Wasserman, L., 1959. Die Auslösung endogen-tagesperiodischer Vorgänge bei Pflanzen durch einmalige Reize. **Planta, 53:** 647-669.

* Webb, H. M. & Brown, F. A. Jr., 1965. Interactions of diurnal and tidal rhythms in the fiddler crab, *Uca pugnax*. **Biol. Bull., 129:** 582-591.

Weed, C. M., 1917. **Butterflies Worth Knowing.**

Weismann, 1876. Das Thierleben im Bodensee. **Schriften. Verein. gesh. Bodensee., 7:**

* Welch, C. A. y col., 1972. **Ciencias biológicas.** México, D. F.: CECSA.

* Welsh, J. H., 1930a. The mechanics of migration of the distal pigment cells in the eyes of *Palaemonetes*. **J. Exp. Zool., 56:** 459-494.

* ----- 1930b. Diurnal rhythm of the distal pigment cells in the eyes of certain crustaceans. **Proc. Nat. Acad. Sci., 16:** 386-395.

* ----- 1938. Diurnal Rhythms. **Quart. Rev. Biol., 13:** 123-139.

* Went, F. W., 1960. Photo- and thermoperiodic effects in plant growth. **Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 25:** 221-230.

Werner, G., 1957. **Z. vergl. Physiol., 36:** 464-487.

* Wheeler, W. M., 1917. The syncronic behavior of phalangidae **Science, 45:** 189-190.

Wiesner, J., 1881. **Das Bewegungsvermögen der planzen. Wiene:**

Wilbrand, J. B. W., 1827. **¿Qué es la fisiología y cómo debe ser tratada esta ciencia?** Frankfurt: A. M.

Wilkins, M. B., 1962. ... **Proc. Roy. Soc. London Biol., 156:** 220-

* ----- 1964. The influence of temperature and temperature changes on biological cocks. In: Aschoff, J. (Ed.), 1965. **Circadian clocks.** Amsterdam: North-Holland.

Williams, C. B., 1921. Report on the froghopper blight of sugar cane in Trinidad. Mem. Dep. Agric. Trin. Tob. 1: 1-

----- 1935. The times of activity of certain nocturnal insects chiefly Lepidoptera as indicated by light trap. Trans. R. ent. Soc. London. 83: 523-

----- 1939. An analysis of four year captures of insects in a light trap. Part I. General survey; sex proportion; phenology; and time of flight. Trans. R. ent. Soc. London. 89: 79-

* Wilson, J. A., 1989. Fundamentos de Fisiología animal. México, D. F.: Limusa.

* Winfree, A. T., 1967. Biological rhthms and the behavior of populations of coupled oscillators. J. Theor. Biol., 16: 15-42.

* ----- 1970a. Integrated view of resetting a circadian clock. J. Theor. Biol., 28: 327-374.

* ----- 1970b. The temporal morphology of a biological clock. In: Anonymous (Ed.), 1970. Lectures on mathematics in the life sciences. Vol. 2: some mathematical questions in biology. Providence: The American Mathematical Soc.

----- 1971. Corkscrews and singularities in fruitflies: reseting behavior of the circadian eclosion rhythms. In: Menaker, M. (Ed.), 1971. Biochronometry. Washington, D. C: Nat. Acad. Sci.

----- 1972. On the photosensitivity of the circadian time-sense in *Drosophila pseudoobscura*. J. Theor. Biol., 35: 159-189.

* ----- 1975a. Resetting biological clocks. Physics Today, 28: 34-39.

* ----- 1975b. Unclocklike behaviour of biological clocks. Nature, 253: 315-319.

* ----- 1987. The timing of biological clocks. New York: Scientific American Library.

* ----- 1990. The Geometry of Biological Time. Berlin: Springer-Verlag.

* Winkler, W., 1968. ...

* Zimmer, R., 1962. Phasenverschiebung und andere Störlichtwirkungen auf die endogen tagesperiodischen Blütenblattbewegungen von *Kalanchoë blossfeldiana*. Planta, 58: 283-300.

* Zinn, J. G., 1759. Von dem Schlafe der Pflanzen. Hamburgisches Magazin, 22(1): 40-50.

Escuchando JUNTOS y FELICES ESTA NOCHE,
fumando un CAMEL,
con la CANTORA,
en el laboratorio ALEPH
a las 16:10 del 16-12-90.

Festejando el campeonato del Puma y el final de las primeras correcciones a las 21:08 del 22-06-91

El final de las segundas correciones se llevó a cabo a las 09:30, un día después del bautizo de la Tepehua y el laboratorio Φ.

Las terceras correcciones para la versión 04, se terminaron, de nueva cuenta fumando un camel, pero ahora, escuchando los sonidos del silencio con Simon & Garfunkel, el 7 de marzo de 1993.

La versión 05, se terminó con la Tepehua, de nueva cuenta fumando un camel, pero ahora, escuchando Peny Lane con Paul McCarney, a los veinticinco años del 2 de octubre de 1968.

A pesar de y con todo y ... Esta versión 07, que con toda la esperanza del mundo espero que sea la última, se terminó con la Tepehua en el laboratorio PHI. Una véz más, fumando un camel, pero esta noche, escuchando Around on the clock con Bill Haley and his comets, como tenía que ser. Son las 22:00 horas del 22 de marzo de 1995.