



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

**El reduccionismo ontológico en la Biología: Su  
papel en los planes de estudio de la Facultad de  
Ciencias, UNAM.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

IVÁN ALFADIR GUTIÉRREZ PACHECO

TUTOR: DR. JULIO MUÑOZ RUBIO





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

<p>1. Datos del alumno  Apellido paterno  Apellido materno  Nombre(s)  Teléfono  Universidad Nacional Autonoma de México  Facultad de Ciencias  Carrera  Número de cuenta</p>	<p>1. Datos del alumno  Gutiérrez  Pacheco  Iván Alfadir  57 14 89 87  Universidad Nacional Autonoma de México  Facultad de Ciencias  Biología  095386359</p>
<p>2. Datos del tutor  Grado  Nombre(s)  Apellido paterno  Apellido materno</p>	<p>2. Datos del tutor  Dr.  Julio  Muñoz  Rubio</p>
<p>3. Datos del sinodal 1  Grado  Nombre(s)  Apellido paterno  Apellido materno</p>	<p>3. Datos del sinodal 1  Dra.  Ana Rosa  Barahona  Echeverría</p>
<p>4. Datos del sinodal 2  Grado  Nombre(s)  Apellido paterno  Apellido materno</p>	<p>4. Datos del sinodal 2  M en C  Alfonso  Vilchis  Peluyera</p>
<p>5. Datos del sinodal 3  Grado  Nombre(s)  Apellido paterno  Apellido materno</p>	<p>5. Datos del sinodal 3  M en C  Carlo  Marcello  Almeyra</p>
<p>6. Datos del sinodal 4  Grado  Nombre(s)  Apellido paterno  Apellido materno</p>	<p>6. Datos del sinodal 4  Biól.  Carlos Gerardo  Guevara  Casas</p>
<p>7. Datos del trabajo escrito.  Título   Subtítulo  Número de páginas  Año</p>	<p>7. Datos del trabajo escrito  El reduccionismo ontológico en la Biología:  Su papel en los planes de estudio de la  Facultad de Ciencias, UNAM.   118  2008</p>

ESTA TESIS SE LA DEDICO:

A MIS PADRES

ROSA PACHECO PALOMINO  
LUIS GUILLERMO GUTIÉRREZ MARTÍNEZ

Por su cariño inigualable y su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, de la carrera y de la tesis.

A MI HERMANA

HIDRA EUNICE

Por su muy valiosa ayuda y por su tiempo brindado.

A MI AMIGO

ERICK

Por siempre estar dispuesto a ayudar y por el material prestado.

A

JESSICA

Por los bellos momentos juntos y por los buenos consejos que me dio.

Y a todas aquellas demás personas que de alguna manera formaron parte de este tiempo, enriqueciéndolo y permitiendo que este proyecto llegara a buen término. El actual trabajo es de cierta manera un tributo a todas aquellas personas que a pesar de las dificultades logran salir adelante.

## AGRADECIMIENTOS:

En el origen, desarrollo, revisión y consecución de este trabajo, me ví honrado con el apoyo de varios académicos; su participación, valiosa y necesaria, es motivo de mi más sincera gratitud y reconocimiento. El tiempo que dedicaron a la presente tesis es aun más honroso si tomamos en cuenta su excelencia profesional. Deseo dejar constancia breve del papel que jugaron todos y cada uno de ellos.

La dirección y asesoría de la Tesis corrió a cargo del Dr. Julio Muñoz Rubio a quién le estoy particularmente agradecido. Esta investigación se originó en el Taller “Teoría de la Evolución, Ideología y Reduccionismo: Un enfoque dialéctico”, impartido por el Dr. Muñoz Rubio, por el M. en C. Diego Méndez Granados y por el M. en C. Lev Jardón Barbolla.

Amablemente, la Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría, el M. en C. Alfonso Vilchis Peluyera, el M. en C. Carlo Marcello Almeyra y el Biól. Carlos Guevara Casas, han aceptado ser miembros del jurado, amén de haber colaborado en la revisión correspondiente del trabajo.

La Dra. Barahona Echeverría y el Mtro. Vilchis Peluyera también participaron brindando su opinión dentro de las entrevistas realizadas a distinguidos académicos. En este sentido reconozco a la Dra. Annie Pardo Semo, a la Dra. Elena Álvarez Buylla, al Dr. Jorge Llorente Bousquets, al Dr. Juan Nuñez Farfán, a la Dra. Monserrat Guspert Cruells y al Dr. Victor Valdés López su gentil aceptación a las entrevistas y sus valiosas opiniones.

La Sra. Silvia Falcón, encargada de la Coordinación de Vinculación con el Consejo Universitario siempre atenta y cordial me facilitó documentación utilizada en esta investigación.

Con todos ellos tendré una deuda permanente.

- Índice
- Resumen
- Introducción
- Objetivos Generales
- Objetivos Particulares
- Hipótesis
- I. Origen y desarrollo del reduccionismo en la ciencia
  - El mecanicismo - reduccionismo
  - Una perspectiva histórica del reduccionismo
  - El ámbito académico
  - El reduccionismo en México
- II. El reduccionismo en biología
  - Trascendencia histórica del reduccionismo en la biología
  - Esbozo general en torno al conflicto reduccionismo – holismo en biología
  - Límites y alcances del reduccionismo en biología
  - La propuesta del holismo
- III. La vigencia del reduccionismo en la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM
  - La vigencia actual del reduccionismo en la UNAM
  - Consideraciones en torno al grado de reduccionismo presente en las materias que conforman el viejo plan de estudios de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias
- IV. El papel del reduccionismo en torno a la consumación de una biología holística e integral en la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias
  - La orientación actual de la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM
- Conclusiones
- Apéndice
- Bibliografía

Palabras clave: reduccionismo, planes de estudio, enseñanza, holismo, Facultad de Ciencias, interdisciplina.

## **Resumen.**

El reduccionismo – mecanicista formulado a partir del Renacimiento con René Descartes como principal promotor, no sólo se consolidó como la forma más exitosa de hacer ciencia, sino que además ha sido una consecuencia de la construcción de un mundo basado en los intereses de la clase capitalista que irrumpe en la historia a partir de los siglos XVI y XVII. De esta manera, se entiende, que el auge de la clase burguesa liberal promulgadora de la libertad individual como principio básico del libre mercado, viera en la ciencia reduccionista al mismo tiempo que se gestaba un desarrollo expansivo de modos de producción manufacturera –y posteriormente industrial, la forma idónea de entender a la naturaleza, en donde las partes o la suma de estas tiene la capacidad ontológica de explicar el todo por simple adicción, sin tomar en cuenta las distintas clases de interacciones que subyacen en el fenómeno mismo, como si todo se pudiera reducir a la analogía funcional de una máquina o a una línea de ensamble en el proceso productivo.

Esta tradición reduccionista exitosa en Europa llega a México por medio del impulso ilustrado que tanto en Europa como en México tuvo en los jesuitas uno de sus principales agentes de difusión y consolidación.

En biología particularmente, el reduccionismo se consolidó fuertemente en áreas como la fisiología, la embriología, la citología para posteriormente alcanzar su más grande éxito en áreas como la genética y la biología molecular, con la formulación de la Teoría Celular o el descubrimiento del gen, por ejemplo. Sin embargo, este aspecto de la ciencia ha sido tema de debate desde antaño, y ha sido objeto de fuertes controversias en torno a los alcances de esta forma peculiar de entender el fenómeno biológico; ya que por un lado, si bien es cierto que el reduccionismo en biología ha brindado avances significativos, la visión holista de la naturaleza le critica su deficiente comprensión de las interacciones y su negativa ha aceptar propiedades emergentes propios de cada orden biológico. Estas inconsistencias que presenta el reduccionismo ontológico son puestas a consideración, sobre todo en la formación académica de los futuros biólogos. Con lo cuál se hizo un análisis para determinar bajo que criterios se forma un estudiante de la carrera, es decir, bajo qué tipo de enfoque se enseña la biología actualmente y que se pretende con ello.

En este sentido, la revisión de los contenidos temáticos de las materias de la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM y su forma de impartirlos por los distintos profesores de diversas áreas consideré que eran dos aspectos indispensables, si se quería saber que tanto el reduccionismo en biología sigue siendo dominante actualmente, o si por otro lado, interpretaciones de carácter más integral están siendo consideradas actualmente. Con lo que se puede decir, que a pesar de ser el reduccionismo ontológico aún dominante en el plan actual de estudios y en su antecesor, si se logró también mostrar una orientación más enfocada hacia lo evolutivo y lo integral, siendo de la misma manera un sentir general de lo que debe constituir la formación de un biólogo, es decir, una persona capacitada para manejar elementos básicos pero al mismo tiempo tener las herramientas conceptuales para integrar la información en un plano más general.

La orientación de un biólogo con una visión integral de los fenómenos biológicos que a su disciplina conciernen no sólo se revela como una característica que lo debe de definir al interior de la biología, sino que además ante los embates de las políticas de corte neoliberal, es indispensable que el estudiante actual de la carrera haga uso de mejor manera no sólo de

las herramientas analíticas de que dispone, sino que además sepa vincular de mejor manera sus conocimientos particulares en un contexto global.

## Introducción.

Un aspecto central que ha caracterizado a las sociedades modernas, ha sido sin duda, el nacimiento y desarrollo de la ciencia, que de la mano de la técnica ha moldeado el entorno humano, no sólo el estrictamente académico, sino también el social en su conjunto. La ciencia, en gran medida ha posibilitado al ser humano no sólo conocer su mundo de mejor manera, sino que al mismo tiempo le ha permitido transformarlo haciendo uso de él, obteniendo de ello, en muchos casos no pocos beneficios. Ante esta práctica hegemónica, que ubica a la ciencia como un pilar sumamente importante en el gran edificio del quehacer y del conocimiento humano, por lo menos desde el Renacimiento (siglo XVI y XVII) hasta nuestros días, es que cobra enorme importancia el preguntarnos: ¿Qué tipo de ciencia es de la que estamos hablando?, ¿Cuáles son sus características y el fin de ella?.

En el particular caso de la biología, como disciplina científica y sobre todo por ser un tipo de ciencia fuertemente experimental, nos vemos necesitados por saber cuales son las características que la definen, y que le dan un status ontológico primordial junto a otras disciplinas como la física, la química o la medicina. Hablar de ciencia biológica como en el caso de la demás disciplinas científicas, nos remite a formularnos una estructura teórica conceptual que subyace en la actividad misma, un esquema de postulados o de principios básicos que permiten acercarnos al objeto de estudio, para su posterior estudio, y posterior generación de conocimiento. La vanagloriada objetividad de la ciencia, a la cual le debe su éxito y aceptación, parte en este caso de una preconcepción de certeza, como resultado de seguir una serie de presupuestos teóricos y metodológicos que permiten incidir en el fenómeno mismo, de tal manera, que se llegue a revelar lo más posible el funcionamiento interno y esencial de la cosa.

Dicho esto, este aspecto filosófico y epistemológico resulta ser, de suma importancia si es que se quiere tener una noción más real y no tan ilusoria de lo que significa hacer y enseñar ciencia actualmente, y más particularmente biología.

Ahora, ¿Qué tipo de biología se realiza y sobre todo qué tipo de biología se enseña? Desde mi punto de vista, la expresión que por su alto grado de veracidad y practicidad ha dominado este ámbito es, la Biología reduccionista, que ve como principal inspirador al filósofo René Descartes (1596 -1650).

Esta orientación reduccionista ontológica de la biología parte de estudiar a los organismos en base en sus constituyentes más elementales para, a partir de ahí, entender el todo que les define, aunado a un sistema mecanicista de funcionamiento orgánico como un sistema de partes ensambladas dentro de un complejo estructural, ha llevado a una serie de problemáticas con las que se ha tenido que lidiar a lo largo de la historia de biología, tanto en su desarrollo como en su enseñanza, y que es tema de debate aún en nuestros días.

En este sentido, no se trata de menoscabar per se al reduccionismo como estrategia de investigación, de hecho se reconoce en él la forma más exitosa hasta la fecha de hacer ciencia, sus lineamientos teóricos y metodológicos han dotado a la ciencia y a la biología en particular, de gran cantidad de conocimiento invaluable, facilitando enormemente la labor como científicos. Sin embargo, si se toma en cuenta que el estudio de la naturaleza, es en sí muy complejo, debido a la contingencia, historicidad e impredecibilidad de los fenómenos biológicos, nos encontramos con la problemática de considerar si sólo un tipo de perspectiva o esquema científico puede encerrar de manera real y eficiente todo el

multivariable universo biológico; o si es necesario, por otra parte, tomar otros elementos que nos permitan entender de manera más completa e integral el fenómeno de lo vivo.

Por ello, y específicamente desde la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM, como principal centro formador de biólogos del país, y tomando la academia como el eslabón crucial en la formación teórico-conceptual, y la habilidad práctica de los futuros biólogos, es que se plantea la necesidad de realizar un estudio que permita darnos cuenta de cuál es la perspectiva, la orientación o la visión bajo la cual se forma actualmente un estudiante de la carrera. La relación que existe en este caso entre la investigación y la enseñanza, expone la necesidad de conocer, ¿Qué tanto influye una forma característica de estudiar a los seres vivos en la forma en que se enseña esta disciplina?, y si se quiere ir más lejos: ¿Qué tanto factores de carácter social o ideológico dan forma a un tipo específico de hacer ciencia?.

Así, pues, el aspecto de la enseñanza de la biología, es de suma importancia, por que en el cómo se aprende, el cómo se aprecia una disciplina, desde la época formativa, no dejará de ser determinante en el cómo se concreta una actividad específica, y de la misma manera, es en la enseñanza, en donde se pueden ver quizá de manera más clara, los lineamientos que definen una visión hegemónica o no de la biología. De esta manera, considero importante saber hasta qué grado se puede hablar de una presencia considerable del reduccionismo en la enseñanza de la biología, lo que implica analizar más a fondo sus características propias, y dar un diagnóstico lo más preciso posible de esta problemática, haciendo uso también del enfoque holista como otra forma alternativa posible de tener acceso a la enseñanza de la biología.

En contraparte, de no existir una crítica que cuestione las formas y el contenido de lo que se enseña, se corre el riesgo de seguir reproduciendo viejos esquemas, que no siempre responden de mejor manera a los problemas a los que se enfrenta la biología, así mismo, la poca importancia que se da en relación a la proyección de otros enfoques no reduccionistas, puede promover una actitud acrítica y conformista con respecto al tipo de biología que se enseña, cuestión que creo va en contra del espíritu de esta Facultad de Ciencias y de la UNAM en general.

## **Objetivos generales.**

Determinar el grado de influencia y vigencia que el reduccionismo tiene en la enseñanza de la biología en la UNAM, centrándome en los lineamientos de carácter académico concernientes al diseño curricular global actual de esta carrera.

De esta manera se plantean varios objetivos a lo largo de los cuatro capítulos contemplados de la Tesis:

## **Objetivos particulares.**

Capítulo I. Origen y desarrollo del reduccionismo en la ciencia.

- Mostrar un panorama general de esta forma de pensamiento, tomando en cuenta sus preceptos fundamentales.
- Describir un recuento histórico del reduccionismo tomando en cuenta su origen y desarrollo con respecto al entorno social y científico desde su origen hasta la actualidad.

Capítulo II. El reduccionismo en biología.

- Confrontar diversos puntos de vista en torno a la viabilidad del reduccionismo, a raíz de su propio surgimiento.
- Realizar un análisis filosófico de esta forma de pensamiento, tomando en cuenta sus alcances y limitaciones en la biología.

Capítulo III. La vigencia actual del reduccionismo en la enseñanza de la biología.

- Determinar el grado de vigencia que actualmente presenta el reduccionismo, en relación al sondeo realizado a personalidades distinguidas del ambiente académico de la carrera de biología, mediante la aplicación de entrevistas y mediante la búsqueda de documentos oficiales.

Capítulo IV. El papel del reduccionismo en torno a la consumación de una Biología holística e integral en las enseñanzas de la biología en la Facultad de Ciencias.

- Tomar una postura en torno a la factibilidad o no del reduccionismo en las enseñanzas de la biología, considerando otras posturas más holistas.

Capítulo V. Conclusiones.

- Tomando en cuenta la información que haya arrojado esta investigación, mediante la discusión previamente desarrollada podré llegar a establecer conclusiones.

### **Hipótesis.**

Si actualmente el reduccionismo en biología es vigente o incluso preponderante, entonces los criterios llevados a cabo en el diseño curricular actual de la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM, contendrán elementos importantes de este enfoque metodológico.

Por otro lado, si el reduccionismo no soluciona completamente los problemas relacionados a los fenómenos biológicos, habrá que considerar otra forma conceptual y metodológica, que contemple una visión más global e integral de los factores que intervienen en dichos fenómenos, proponiéndose para este caso al holismo, como una forma viable para el entendimiento y estudio de la naturaleza.

## Capítulo I. Origen y desarrollo del Reduccionismo en la Ciencia.

### I.1. El mecanicismo – reduccionismo.

Como inicio, y antes de tratar el problema que en sí representa el preguntarnos por la existencia de una relación ontológica entre reduccionismo y ciencia, considero de igual manera, que también es importante el preguntarnos por la relación histórica que guarda un fenómeno de tan importante envergadura para la sociedad humana, como lo es la ciencia, con respecto a un desarrollo económico, cultural, político e ideológico concreto, a través del devenir de la historia hasta nuestros días.

Por ello, el concepto de ciencia que se considera, no sólo responde a un cúmulo de características propias que la definen como un conjunto de conocimiento certero y comprobable, dotado de una estructura lógica y metodológica que ha permitido su avance central; sino que además implica una forma de percibir y entender el mundo, de asumirse o no dentro de un sistema social que posibilita una determinada práctica científica.

Ante esta problemática que conlleva el abordar la ciencia, y en especial la ciencia reduccionista desde un punto de vista histórico, es necesario desentrañar lo más posible sus causas y preceptos sustanciales.

Con el surgimiento de la “modernidad”, con René Descartes como una de las figuras principales, se puede decir que se fundó la ciencia moderna y sus presupuestos, centrados en una confianza suprema en la razón. René Descartes establece un parteaguas en la historia de la ciencia, precisamente porque la dotó de una herramienta lógica y metodológica que actualmente sigue rindiendo frutos, no sólo en la biología, sino en varias disciplinas científicas. Dicha metodología se define como reduccionismo, el que a su vez está estrecha y ontológicamente ligado a un mecanicismo de carácter metafórico.

La filosofía mecanicista establece como principio fundamental, que los organismos guardan una misma similitud de estructura y funcionamiento con respecto a una máquina. “En 1638 Descartes llegó a la conclusión de que con la excepción del alma racional humana, todos los objetos naturales estaban causados por partículas inertes de materia en movimiento. Para él no había diferencia básica entre un reloj y un perro”<sup>1</sup>. La vida podía ser entendida y explicada en términos de la mecánica o la física. Más aún el pensamiento mecanicista reconocía la existencia de un Dios creador, la única diferencia con la tradición anterior, es que este Dios no tenía injerencia directa con las operaciones cotidianas del universo; por lo tanto Dios podía ser conocido en la naturaleza, no por sus actos, sino solo por la extraordinaria complejidad y armonía de su creación<sup>2</sup>. Dicha armonía estaba en función de un proceso mecánico que determinaba todos los fenómenos naturales. El poder de explicación que presentó esta analogía fue tan fuerte, que se amplió el campo de estudio en muchas disciplinas como en el caso concreto de la medicina y la fisiología.

En el “*Tratado del hombre*”, Descartes expone su concepción altamente mecanicista de los diversos procesos biológicos que lo constituyen. Dicho tratado no sólo revela el amplio conocimiento que Descartes tenía de anatomía y de los instrumentos que tal práctica exige, sino que da una explicación global del ser humano en torno a principios mecánicos. Esto se puede ver en la siguiente frase la cual revela el carácter propio de su pensamiento:

---

1 Hankins, T. L. (1988). *Ciencia e Ilustración*. Siglo Veintiuno. México. pp. 121-122.

2 *Ibid.* pp. 125.

“Supongo que el cuerpo no es otra cosa que una estatua o máquina de tierra a la que Dios la forma con el expreso propósito de que sea lo más semejante a nosotros, de modo que no sólo confiere a la misma el color en su exterior y la forma de todos nuestros miembros, sino que también dispone en su interior todas las piezas requeridas para lograr que se mueva, coma, respire y, en resumen, imite todas las funciones que nos son propias, así como cuantas podemos imaginar que no provienen sino de la materia y que no dependen sino de la disposición de los órganos”<sup>3</sup>.

Es notorio que dicha concepción mecanicista requiere en principio de unidades que permitan y den sentido a su funcionamiento. Así como una máquina esta compuesta de partes específicas, (como por ejemplo un reloj está formado por diversos engranes, tornillos, manecillas, etc); del mismo modo, el cuerpo humano o cualquier otro organismo estaría formado por distintos órganos y tejidos. Más adelante en el mismo tratado René Descartes expone lo siguiente:

“Además, deseo que consideren que todas las funciones descritas como propias de esta máquina, tales como la digestión de los alimentos, el latido del corazón y de las arterias, la alimentación y crecimiento de los miembros, la respiración, la vigilia y el sueño; la recepción de la luz, de los sonidos exteriores; la impresión de sus ideas en el órgano del sentido común y de la imaginación, la retención o la huella que las mismas dejan en la memoria; los movimientos interiores de los apetitos y de las pasiones y, finalmente, los movimientos exteriores de todos los miembros, provocados tanto por acciones de los objetos que se encuentran en la memoria, imitando lo más perfectamente posible, los de un verdadero hombre; deseo digo, que sean consideradas todas estas funciones sólo como consecuencia natural de la disposición de los órganos en esta máquina, sucede lo mismo, ni más ni menos, que con los movimientos de un reloj de pared u otro autómatas, pues todo acontece en virtud de la disposición de sus contrapesos y de sus ruedas”<sup>4</sup>.

En este sentido, el estudio de los organismos y cualquier otro fenómeno natural, estaría determinado por el estudio de sus partes. Las partes se convierten en las unidades esenciales bajo las cuales el complejo orgánico se determina; el análisis consiguiente de las partes se convierte en un principio indispensable si se quiere entender y explicar el todo, puesto que la suma de éstas constituyen la totalidad del ente en cuestión. El reduccionismo cartesiano se entiende precisamente como este proceso de reducción de un organismo, o fenómeno natural, a sus unidades elementales e independientes las unas de las otras, mediante las cuales se puede explicar el todo. En otras palabras, el reduccionismo apela a un desmembramiento del objeto de estudio, sin considerar interrelaciones entre las partes, de tal forma que cada parte en sí presenta un peso y dinámica propia dentro del conjunto, sin requerir de las otras partes o de factores externos.

Descartes explica esta tesis central de su filosofía de la siguiente manera, en la quinta de sus *“Reglas para la dirección del espíritu”*:

“El método consiste en el orden o disposición de las cosas a las que debemos dirigir el espíritu para descubrir alguna verdad. Lo seguiremos fielmente sí reducimos las proporciones oscuras y confusas a las más sencillas, y si, partiendo de la intuición de las cosas más fáciles, tratamos de elevarnos gradualmente al conocimiento de todas las demás”<sup>5</sup>.

Así es como el reduccionismo, además de brindar unos principios metodológicos novedosos en aquél momento, ofrecía una sistematización concreta del mundo en un orden

---

3 Descartes, R. (1980). *Tratado del Hombre*. Nacional. Madrid. pp. 50.

4 *Ibid.* pp. 116-117.

5 Descartes, R. (1989). *Reglas para la dirección del espíritu*. Porrúa. México. pp 104.

de jerarquías, necesaria para la interpretación e intervención científica en los fenómenos de la vida.

## I. 2. Una perspectiva histórica de reduccionismo.

Desde los orígenes de la humanidad, ésta ha tratado de explicar y entender, de la mejor manera posible los fenómenos que la rodean. El surgimiento de la ciencia, representó un momento decisivo, que le permitió indagar y responder de mejor manera a las interrogantes que constantemente se ha formulado. Esta tradición científica ha construido diversas formas de acercarse a la verdad, los métodos empleados en esta labor han sido varios, y han ido cambiando a lo largo del tiempo. Bajo este enfoque, nos podríamos remontar a sus mismos orígenes; sin embargo, acotaré mi visión, a partir del surgimiento de una de propuestas más exitosas en el desarrollo histórico de la ciencia, y sin duda, la que más ha influido en la era moderna: el reduccionismo.

Para comprender de mejor manera la trascendencia de esta forma particular de hacer ciencia, tendríamos que preguntarnos ¿Por qué y cómo surge el reduccionismo?

Estas dos preguntas, nos remiten hacia el siglo XVI y XVII, época en la que se va a ubicar el surgimiento del Renacimiento, suplantando a las viejas estructuras medievales, en la medida en que las nuevas prácticas económicas asociadas al libre comercio iban cobrando relevancia en algunas partes de Europa. De acuerdo a Wilhem Dilthey, esta época se caracterizó porque se “*desarrollaron situaciones jurídicas ordenadas, la industria, el comercio, el bienestar de las clases burguesas, las ciudades como centros de una actividad industrial espontánea y un comfort creciente*”<sup>6</sup>. Así, pues, este período se caracterizó también por una emancipación individual, afianzando de esta misma manera, el triunfo de la concepción individualista, tanto en el plano económico como en los aspectos social e intelectual; así mismo, la expansión marítima de los pueblos occidentales, en base al descubrimiento de nuevas rutas oceánicas, hicieron, que el viejo sistema de feudos, basado en un marco de grupo y en la hermética jerarquía de clases, resultara obsoleta, para los requerimientos de una nueva clase, que pregonaba la libertad individual correspondiendo a la expansión de la economía urbana, la burguesía<sup>7</sup>.

De tal forma, esta nueva clase social, surgida de los antiguos marcaderes y artesanos, se asoció en gremios para garantizar la protección de sus negocios, de la misma forma, que se unió en corporaciones para reglamentar la competencia, asegurar la calidad de rendimiento y establecer el “*equilibrio*” social entre patronos y obreros, dando de esta forma pie, al surgimiento del capitalismo.

El occidente europeo, dueño de los océanos, de las tierras del Nuevo Mundo y de un tráfico marítimo en todos los mares del globo, representaba la gran fuerza expansionista europea, cuyos fundamentos eran el estado centralizado, la burguesía urbana dominada por la clase capitalista, el campesino libre y la potencia militar, todo ello inspirado por el liberalismo en ascendente línea de fuerza. Esta evolución se vio también acompañada por un impulso intelectual tan magnífico que la influencia y repercusión que tuvo trascendió siglos después.

Dilthey, manifiesta de mejor manera el espíritu de la época:

---

6 Dilthey, W. (1944). *Hombre y mundo en los siglos XVI y XVII*. F. C. E. México. pp. 26.

7 *Ibid.* pp. 26

“Los hombres se encaran con un porvenir sin límites. Europa es un gran campo de trabajo en el que la industria y el comercio van a brazo partido con la invención científica, el descubrimiento y la creación artística. Pero este ímpetu arrollador de las fuerzas nuevas no ha encontrado todavía las vías ordenadas por las que discurrir, como hoy, canalizado. Una irrefrenable fuerza individual irradian los descubridores e inventores de la época. Se manifiesta también, en la nueva política de los soberanos y en el orgullo de los burgueses de la ciudad”<sup>8</sup>.

El capitalismo en Francia particularmente, se desarrolló a raíz del renacimiento de la economía francesa, en el siglo XVI. Aprovechando, como relata Jacques Pirenne, “*la coyuntura de que la monarquía daba nueva organización al reino creando instituciones centralizadas, generalizando el impuesto y acuñando la moneda, el capitalismo se asoció a la política monárquica y tomó en arriendo el impuesto y la acuñación, con lo que el Estado llegó a ser para los capitalistas una fuente de beneficios que invirtieron en aumentar su actividad y ensanchar el campo de sus empresas*”<sup>9</sup>, dando como resultado, una economía basada en la riqueza privada sobre la fracasada economía pública; lo que le permitió establecerse como una de las naciones más poderosas, que junto con Inglaterra, Holanda e Italia dominarían la economía mundial a partir del siglo XVII.

Así es como, en toda Europa occidental, y más específicamente en Francia e Inglaterra, se viven tiempos de esplendor, “*la condición que hizo posible este rápido crecimiento y favoreció su concentración fue en primer lugar y principalmente, el hecho de que en Gran Bretaña y en Francia se hubieran formado gobiernos estables en las cuales la burguesía en ascenso tenía un papel dominante o, por lo menos, de importancia*”<sup>10</sup>. El impulso creador, aunado al desarrollo de nuevos conocimientos y técnicas relacionadas con la astronomía y la navegación, originalmente, generarían todo un campo de cultivo, propiciando la invención de los nuevos instrumentos para obtener informaciones acerca de la naturaleza – telescopios, microscopios, termómetros, barómetros- y del análisis matemático, necesarios para diseñarlos y para interpretar los resultados obtenidos<sup>11</sup>.

En el plano científico este “*paradigma renacentista*”<sup>12</sup>, se debatía entre las posturas comunes al aristotelismo ortodoxo, más acorde con las categorizaciones cualitativo-esenciales, propias de la lógica de la antigüedad, enfocadas a la búsqueda de las “*cualidades*” y las “*esencias*”; contra las posturas que se venían gestando y que se verían más relacionadas con categorizaciones cuantitativas, propias de la manipulación práctica. “*La nueva ciencia así surgida se componía de la conciencia metódica, de la idea epistemológica del carácter fenoménico de las propiedades sensibles de los objetos de la fundamentación de la mecánica y de su aplicación a la astronomía y a la óptica*”<sup>13</sup>. De esta manera, la orientación de la ciencia hacia la noción de experiencia directa, que fuera corroborable y sustentable, además que no estuviera solamente sustentada en un simple deseo o creencia propició el florecimiento de pensadores que trazaron el camino hacia el

---

8 *Ibid.* pp. 26.

9 Pirenne, J. (1979). *Historia Universal. Las Grandes Corrientes de la Historia*. Volumen III. Cumbre. México. pp. 243.

10 Bernal, J. D. (1979). *La ciencia en la historia*. Nueva Imagen. México. pp. 428.

11 *Ibid.* pp. 440-441.

12 Ver Turró, S. (1985). *Descartes. Del hermetismo a la nueva ciencia*. Primera Parte. Anthropos. Barcelona. pp. 25-177.

13 Dilthey, W. *op cit.* pp. 362.

surgimiento de la ciencia moderna, entre ellos podemos citar a Francis Bacon, Nicolas Paracelso, Copérnico, Giordano Bruno, Galileo y Kleper entre los más representativos.

Pero no fue hasta principios del siglo XVII, que se puede decir que se funda la ciencia moderna en la figura de René Descartes, debido a que este pensador trascendió las estructuras de una ciencia puramente acumulativa y clasificativa, dotándola de un método que revolucionó profundamente la forma en cómo se ejercía la labor científica en su época. Como señala Bernal; Descartes “*se encuentra colocado en el punto de inflexión entre la ciencia medieval y la ciencia moderna, el utilizó su ciencia para construir un sistema del mundo*”<sup>14</sup>. Él marcó el cambio más radical de una ciencia naturalista a una ciencia metodológica, basada en el reduccionismo y el mecanicismo como formulaciones básicas de su proyecto científico. Como señala Dilthey, “*con Descartes, la conciencia extremada de la dignidad y libre poder de la persona propia de ese idealismo se apoya en la certeza soberana que tan a menudo y de modo tan natural suele acompañar al poder constructivo del espíritu matemático*”<sup>15</sup>.

Pero ¿Cómo es que un pensador como Descartes revoluciona toda la historia del conocimiento?, y más aún ¿Qué es lo que permite que una persona formule todo un programa de análisis totalmente nuevo hasta su época?

Como ya se ha mencionado, René Descartes se ubica en un período histórico caracterizado por el crecimiento y la expansión del capitalismo, la emancipación individual, el desarrollo de la técnica y la ciencia, y el alejamiento hasta cierto punto, de los viejos dogmas religiosos. Los gobiernos y las clases de estos países, interesados en gran manera en el comercio y en la navegación, al igual que en el mejoramiento de las manufacturas, suministraron la fuerza motriz o el impulso necesario para la realización de las conquistas científicas, ya encarriladas hacia un porvenir prometedor. La ciencia desde ese entonces, estará debidamente organizada y será de vital importancia en cuanto a propósitos prácticos.

Las condiciones sociales de la época cartesiana, están marcadas por un crecimiento capitalista. Labastida señala que:

“En el terreno de la producción social, o más precisamente aún en aquél que se refiere al desarrollo del capitalismo, crece la manufactura, forma intermedia del artesanado y la gran industria. El capital usurario (capital a interés) y el capital comercial, que son “las formas antidiluvianas del capital que preceden desde<sup>16</sup> muy lejos al régimen de producción capitalista”, se concentran y amplían durante el Renacimiento con la apertura de rutas marítimas comerciales a Oriente”<sup>16</sup>.

De esta misma forma, el mismo autor define el fenómeno de la manufactura:

“A diferencia del artesanado, la manufactura divide al obrero total en una serie de obreros parciales que realizan trabajos simples, cualitativamente determinados y que se enlazan en un proceso. La manufactura genera una forma capitalista de relaciones de producción; en el artesanado, el maestro es dueño no sólo de sus herramientas sino también de sus productos (que intercambiaba con libertad, pues sus clientes mantienen con él un trato directo), en la manufactura, como queda dicho, en cambio, el obrero ha sido despojado de su independencia y mantiene relaciones distintas con un proceso de trabajo (que ahora se le ha enajenado y enfrentado con un poder extraño y exterior. El poder del capitalista que lo contrata)”<sup>17</sup>.

---

14 Bernal, J. D. *op. cit.* pp. 421.

15 Dilthey, W. *op. cit.* pp. 362.

16 Labastida, J. (1980). *Producción, ciencia y sociedad: de Descartes a Marx*. Siglo Veintiuno. pp. 48.

17 *Ibid.* pp. 75

En este marco, caracterizado por el crecimiento de las urbes, por la aparición de bancos, por el capital usurario, entre otras actividades, se localizan además, las antiguas y nuevas máquinas como molinos de viento y agua, relojes, armas de fuego, etc., que empezarán poco a poco a dominar el panorama de este “*período manufacturero*”<sup>18</sup>.

Descartes fue un producto de su tiempo, las condiciones sociales le permitieron dedicarse con ahínco a la búsqueda de “*verdades científicas*”, él instauró un sistema del mundo basado en una nueva metodología, además de sus aportaciones a las matemáticas (geometría analítica), su método reduccionista, junto con su doctrina mecanicista, fundaron una nueva visión del mundo y de la naturaleza.

Su sistema reduccionista, que bajo términos prácticos se caracteriza por investigar sus objetos de estudio partiendo de sus mínimas divisiones, para luego comprender el todo, parece tener una relación directa con la manufactura de su época, caracterizada por la división de trabajo con tareas cada vez más especializadas y sencillas, del mismo modo que el mecanicismo se podría entender como ese gran taller que funciona como una gran máquina, y en donde cada pieza elemental que lo constituye son hombres. Además de mencionar la proliferación de máquinas de su tiempo. Sin embargo, hacer afirmaciones tan generales no es conveniente. Descartes no concibe a los organismos como máquinas solamente porque observe máquinas y extrapole esta visión a una teoría o formulación teórica. Lo que permitió que este pensador estructurara todo un sistema, basado en una visión mecánica del mundo, no es la simple visión empírica, sino el conjunto de las relaciones sociales (fuerzas productivas en general, relaciones de producción, etc.) propias de un momento histórico particular. Es en esencia, el conjunto de relaciones sociales y no solamente la técnica, lo que determina la conciencia del hombre, lo que permite establecer una filosofía, y por qué no, lo que permite darle elementos al genio individual.

Labastida, plantea esta idea en el siguiente párrafo:

“En suma, de nueva cuenta insistimos en que el individuo no se pone en contacto directo y simple con la naturaleza o con los instrumentos de producción, sino que lo hace en conexión estrecha con otros hombres, en condiciones sociales determinadas. Lo que su conciencia refleja no es la máquina “en sí”, sino la máquina en el proceso social en que está inscrita”<sup>19</sup>.

Así es como el reduccionismo cartesiano se encuentra implícito dentro de esta forma mecanicista de entender a los organismos, el reduccionismo apela a las partes de la máquina y por consiguiente, a la especialización y división del trabajo. “*Los “ojos manufactureros” de Descartes no se forman en el manejo limitado de un modo de producción, de la misma manera que, pongamos por caso, la conciencia del proletariado no se genera espontáneamente en los obreros que realizan el trabajo de producción y están ligados de un modo directo a la fábrica; brota por el contrario, en la mente de los*

---

18 Al respecto Jaime Labastida señala en “*Producción, ciencia y sociedad: de Descartes a Marx*” . Cap I; que “*todos estos inventos (o perfeccionamientos de inventos anteriores), junto con la brújula, el papel, la tinta, la imprenta de caracteres móviles, el redescubrimiento de los clásicos después de la caída de Bizancio, el desarrollo incipiente de la matemática y la geometría, la industria del vidrio, el descubrimiento de los ácidos minerales fundamentales (nitrógeno, sulfúrico, etc; aunque en forma impura), la fabricación de los relojes mecánicos, la construcción de canales navegables con esclusas, unido a la utilización del viento y el agua en los molinos y en los fuelles, unido a la mineralogía incipiente y a las bombas hidráulicas; unido al desarrollo del comercio, las ciudades, condicionan la aparición de las nuevas relaciones de producción capitalistas*”.

19 *Ibid.* pp. 95.

*intelectuales que se proletarian y asumen el punto de vista de la clase en cuyas manos está el porvenir”*<sup>20</sup>.

Ya para el siguiente siglo, las nuevas ciencias marchaban a la cabeza del progreso industrial europeo, a diferencia de los siglos pasados en que los planteamientos que se le hacían a la ciencia y las respectivas respuestas de estas, se referían a un campo muy limitado, en el siglo XVIII creció considerablemente el campo en que se desarrolló la ciencia. *“Las nuevas máquinas –turbinas, dínamos, plantas de vapor, motores eléctricos, plantas químicas- proyectadas no para indagar en la naturaleza, sino para transformarla, fueron los productos característicos de los siglos XVIII y XIX”*<sup>21</sup>. El desarrollo de técnicas industriales, de la hidráulica y máquinas térmicas testifican la relación entre la producción y el desarrollo científico de la época. Sin embargo este influjo de la ciencia en la industria, no se dio de manera directa mediante un procedimiento previamente construido en un laboratorio, sino que en gran medida fue un producto del artesano hábil, que, favorecido por su cercanía con los talleres y centros industriales, se convertía rápidamente en hábil experimentador.

Rene Tatón, nos menciona la importancia que para aquella época configuraron las prácticas económicas un estilo de vida:

*“Pero, ante todo, las relaciones entre Ciencia y sociedad se modifican radicalmente y el cambio social prefigura lo que será la sociedad científica en la medida que se expresa en la teoría económica. El liberalismo económico, que Adam Smith ilustrará, es mucho más que un conjunto de consideraciones sobre la ley natural que regirá la condición humana; es una manifestación vívida de una hipótesis grandiosa sobre la manera en como se comporta toda la Naturaleza. Hace del individuo una entidad indivisible y fundamental, entidad dedicada al reposo si no estuviera llevada por una atracción, la del interés, en actividades cuyo resultado global se traduce en términos de probabilidad y leyes estadísticas. La visión de una cierta concepción atomista del Universo está oscuramente implicada en el espíritu de los que observan cómo se comportan los hombres en Europa”*<sup>22</sup>.

Ya para el siglo XIX, la ciencia occidental amplía progresivamente su impacto sobre todos los países con una civilización lo suficientemente desarrollada. La ciencia ya en este siglo se convierte cada vez más claramente en un fenómeno social, lo que provoca en los gobiernos, las grandes administraciones y las principales empresas industriales a desarrollar una verdadera “política científica”. *“Todos estos cambios se tradujeron en un enorme aumento en el volumen y el prestigio del trabajo científico. El científico dejó de ser un iconoclasta y visionario, para convertirse en un sabio transmisor de una gran tradición. Los científicos se convirtieron en adictos sustentables de la maquinaria oficial del Estado”*<sup>23</sup>.

De esta manera, la ciencia, como labor cada día más formal, cumple poco a poco un papel más activo de la sociedad europea de aquel entonces. Este relativo progreso capitalista, no solo fue propicio para la consumación de una civilización forjada sobre la pretensión del pensamiento puro y racional, sino que además promovió un estilo de vida basado en el lujo y el confort. *“Necesidades, deseos, aspiraciones, investigaciones se*

---

20 *Ibid.* pp. 39.

21 Bernal, J. D. *op. cit.* pp. 571.

22 Tatón, R. (1972). *La ciencia moderna. Enciclopedia. Historia General de las Ciencias*. Destino. Barcelona. Vol II. pp. 476

23 Bernal, J. D. *op. cit.* pp. 531.

*fundieron en el corazón de la Ciencia, y la ciencia alimentó a su vez la comodidad y el lujo al mismo tiempo que la razón”*<sup>24</sup>.

Para este momento la ciencia es una práctica establecida, y forma parte del estilo de vida de la civilización capitalista. Los nuevos métodos impulsados por el desarrollo científico a raíz del siglo XVII, aumentan considerablemente en todos los ámbitos, en especial caso en el sector productivo, lo que posteriormente daría un gran impulso al surgimiento de la denominada “*Revolución Industrial.*”

La Revolución Industrial que se da de forma más fuerte en el tercio medio del siglo XIX (1830-1870), y que remonta su origen a finales del siglo XVII, si bien no tuvo su origen e impulso principalmente con el avance científico, algunas contribuciones previas al período de la Revolución Industrial, como lo fueron la máquina de vapor, sin duda alguna, aceleraron e hicieron posible el dominio industrial de esta época. El siglo XIX, se caracteriza no tanto por una estructura de clases en la que los pequeños manufactureros ejercieran en su poder el dominio del mercado, sino que estos ceden paso a un dominio de los financieros y empresarios de la industria pesada, en la medida que el industrialismo se posesiona del proceso productivo en serie. De esta manera para Bernal “*la comparación entre la revolución científica de los siglos XVI y XVII y la Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX, indica un cambio radical en el tipo de relaciones existentes entre la ciencia y la vida económica. En el primer periodo, los planteamientos que se hacían a la ciencia y las respuestas de esta se referían a un campo muy limitado que apenas rebasaba el de la astronomía y la navegación. En cambio, en el segundo periodo se referían a todas las actividades industriales: los mecanismos, la fuerza motriz, los transportes, los productos químicos y las municiones*”<sup>25</sup>.

Así es como este fenómeno social, que se origina en el siglo XVI y XVII, con una estructura incipiente, basada en la manufactura en pequeños talleres, mediante el descarrilamiento del sistema feudal, ve acrecentar sus dominios, en relación al surgimiento simultáneo de la ciencia y su desarrollo técnico. Por otro lado, la cada vez mayor especialización del trabajo, aunado a una mejor y más estricta organización laboral, la potencia intrínseca de la misma maquinaria para acelerar el ritmo de producción, aceleraron el proceso de desarrollo y expansión del capitalismo en el mundo entero, de tal forma que, a mediados del siglo XIX, era prácticamente un fenómeno hegemónico<sup>26</sup>.

### **I. 3. El ámbito académico.**

Durante el Renacimiento, el ámbito académico francés se caracterizó por que se produjo un alejamiento entre los principales centros universitarios del país y la intelectualidad de la época, debido al carácter dogmático y ortodoxo, que dichos centros seguían manteniendo en relación con las inquietudes de la época renacentista. El aristotelismo ortodoxo seguía figurando como la forma válida de entender el mundo. “*Mientras en Italia y Alemania las tesis naturalistas se integraron a la propia universalidad, en Francia se dio muy*

---

24 Tatón, R. *op. cit.* 479.

25 Bernal, J. D. *op. cit.* pp. 484-485.

26 *Ibid.* pp. 282.

*rápidamente una oposición entre la intelectualidad de la época y la enseñanza de la tradición aristotélica de las universidades, en especial en la Sorbona*”<sup>27</sup>. Es así, como a raíz de este rechazo por parte de los intelectuales a la tradición aristotélica de las universidades, surge el grupo de los llamados racionalistas que prontamente se constituyeron como la vanguardia cultural de aquellos tiempos<sup>28</sup>.

Estos movimientos, aunados a un impulso creciente de la ciencia en Francia, producto de su prosperidad económica, generó una clase de aficionados acomodados, provenientes generalmente de familias conectadas con la administración pública, en especial, abogados relacionados con la administración legal de los parlamentos locales o tribunales de Francia. Rene Descartes pertenecía a este grupo de personas interesadas en la ciencia y sobre todo las relacionadas con las matemáticas; él sintetiza las inquietudes de su época. Además, Rene Descartes ingresa desde chico al colegio real de la Fleché, una de las más célebres escuelas de Europa y que formaba parte a su vez, de los centros de enseñanza de la Compañía de Jesús<sup>29</sup>.

En este panorama, un aspecto que cobró vital importancia fue el establecimiento de los jesuitas en Francia, ya que la labor docente que estos llevaron a cabo, fue muy importante para la renovación de la enseñanza en aquella época que de acuerdo a Turró “*el tipo de enseñanza transmitida por los jesuitas, significó la institucionalización en los países católicos del paradigma renacentista*”<sup>30</sup>. Si bien, los alumnos de los colegios jesuitas recibían una educación en la que estaban presentes disciplinas del aristotelismo ortodoxo de manera amplia, la orientación estaba en función de suministrar una sólida formación contemporánea en íntima conexión con el saber de su época, de acuerdo al espíritu renacentista. Por este motivo, los jesuitas se enfrentaron a las universidades de su época, ya que los primeros pretendían adoptar los saberes propios del Renacimiento, contraponiéndose con el hermetismo de la academia oficial, luego de una serie de disputas legales y administrativas, estos se logran establecer por fin, ante el beneplácito de las familias de comerciantes y profesionales que seguían enviando a sus hijos a estudiar a los colegios jesuitas, en lugar de la universidad.

Esta disputa la señala Turró:

“El resultado fue el enfrentamiento directo con las autoridades universitarias y sus programas de estudio: En las grandes ciudades y en todas las provincias (los jesuitas) fundaron colegios, descentralizaron la enseñanza, arruinaron la autoridad moral de las universidades”<sup>31</sup>.

De esta manera la importancia de los colegios jesuitas al implantar un sistema de enseñanza propio de las doctrinas renacentistas, dejando atrás viejos cánones en la enseñanza, se vio cristalizada a finales del siglo XVII al empezarse a crear las primeras sociedades científicas, con el propósito de formar un grupo coherente, que permitiera una organización adecuada para la tarea de conquistar los desafíos de la naturaleza. Es así como se forman las dos sociedades científicas más importantes de la época, la Real Sociedad de

---

27 Turró, S. *op. cit.* pp. 183.

28 *Ibid.* pp. 185.

29 Mason, S. F. (1998). *Historia de las ciencias. Vol. II. La Revolución Científica de los siglos XVI y XVII.* Alianza Editorial. México. pp. 57.

30 Turró, S. *op. cit.* pp. 188.

31 *Ibid.* pp. 531.

Londres y la Academia de Ciencias de París, que curiosamente se crearon en las dos naciones más poderosas económicamente <sup>32</sup>.

Así mismo, la educación científica ya para el siglo XVIII empezaba a ser objeto de una profesión; en cierta manera era posible vivir del propio pensamiento y de la propia pluma. La ciencia poco a poco dejaba de ser una especie de “*club selecto de aficionados*”, para convertirse en un medio de ascenso social. La relevancia que cobraba la actividad científica en aquella sociedad, reclamaba cada vez con más fuerza un estatus favorable al científico e incluso por algunos artesanos hábiles.

La primera mitad del siglo XIX, se caracterizó por un aumento considerable en el número de cátedras de enseñanza superior, así como el surgimiento de laboratorios cada vez más especializados. “*Esta es ciertamente, una de las innovaciones más notables y significativas del siglo XIX; hasta entonces eran desconocidos los laboratorios permanentes, que son como las centrales eléctricas de la ciencia moderna*” <sup>33</sup>.

Así es como la tendencia general de la ciencia se va asociando cada vez más con más fuerza con un creciente y pujante desarrollo de la técnica, dando pie de este modo a proyectos de investigación enfocados a resolver problemas de carácter práctico. No por algo, la ciencia pasa de ser una actividad sustentada por simples miembros de la clase acomodada, a todo un programa que recibía fondos de los gobiernos en turno.

La clase liberal burguesa que desde el siglo XVII hizo su aparición como reformadora del mundo, necesitaba construir un sistema del mundo basado en ciertos principios que le dieran un sustento a las nuevas formas de práctica social que fueran congruentes con el nuevo modelo de producción capitalista. En este sentido, la nueva orientación ideológica hizo del individuo el principio fundamental o centro analítico y causal del devenir social, concentrando en torno a él toda una serie de derechos, propiedades y poderes individuales. Lejos de las viejas estructuras sociales medievales en las que el individuo era parte de un gremio o comunidad, “*las relaciones capitalistas en desarrollo demandaban en último término que los individuos pudieran vender su poder laboral en el mercado laboral, y que la gente con dinero pudiera encargarse en hacer más*” <sup>34</sup>. La ciencia mecanicista-reduccionista ofrecía precisamente una explicación coherente con esta forma de pensamiento, ya que proponía una visión del mundo materialista y racional, pero basada principalmente en un enfoque parcial o fragmentario de los fenómenos a estudiar, a razón de análisis metodológicos orientado fuertemente a estudiar partes específicas, confiriéndoles una dinámica propia independientemente del todo. Además permitió dar una nueva alternativa viable, desafiando al mismo tiempo las viejas estructuras de las obsoletas clases terratenientes y la visión del mundo religioso; basadas en el pujante desarrollo de la técnica y la industria, en la nueva sociedad liberal burguesa centrada en el individualismo como condición para el proceso productivo y un constante aumento de la especialización y progresiva división del trabajo.

A su vez, esta forma de hacer ciencia bajo los lineamientos del proceso productivo, se encontró estrechamente ligada a los enfoques con que se impartía el conocimiento científico. “*La mayor utilización de la ciencia y de los investigadores científicos hizo que*

---

32 Mason, S. F. *op. cit.* pp. 181.

33 Barnes, B. (1987). *Sobre ciencia*. Labor. Barcelona. pp. 9.

34 Lewontin, R. C. En : Tauber. A. I. (1991). *Organism and the Origins of Self. Boston Studies in the Philosophy of Science*. Vol. 129 Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp. XVIII-XIX.

*se ampliara la educación científica y la organización de la ciencia*”<sup>35</sup>. De tal manera, que en la medida que la ciencia se dividía en un conjunto de actividades profesionales cada vez enfocadas a resolver problemas específicos, los niveles más elevados de la enseñanza se convertían del mismo modo en una serie de formas de preparación científica altamente especializadas.

Para esta época en la que la Revolución Industrial se encontraba en su pleno apogeo, la relación entre el progreso técnico y la ciencia se estrechaba casi indistintamente. A fines del siglo XIX, la organización internacional de la Ciencia se encontraba ya bien esbozada permitiendo una definición más satisfactoria de la publicaciones, cada vez más numerosas y una cooperación bastante estrecha entre los científicos de gran parte del mundo.

#### **I. 4. El reduccionismo en México.**

Al dar Europa y sobre todo Francia, un impulso decisivo a la conformación de las ciencias experimentales de corte mecanicista, en los siglos XVI, XVII y XVIII, esta tendencia pasa a España bajo el “*despotismo ilustrado*”. De esta manera, este impulso se lleva a cabo de manera casi paralela al de la Nueva España. Los jesuitas fueron el principal eslabón para la introducción de esta corriente como lo manifiesta José Bravo Ugarte en “*La Ciencia en México*”:

“ Surgió entre ellos por esos años, hacia 1750, un animoso grupo de jóvenes, resueltos a renovar todos los estudios, literario, filosóficos y teleológicos, que por la rutina y vicios de la época se hallaban decadentes. En él figuraban Rafael Campoy y Javier Clavijero como promotores; Agustín Castro y Javier Alegre como consejeros; Diego José Abad, Raimundo Cerdán, Salvador Dávila y Julián Parreño como eficaces colaboradores. Fuerte y tenaz oposición encontraron en los antiguos maestros de su Orden y de la Real y Pontificia Universidad, aferrados a las doctrinas tradicionales; pero lograron superar esos obstáculos y enseñar en sus clases las modernas, inspiradas en Descartes, Leibniz, Malebranche, Gassendi, Bacon, Newton, Maignan, Losada, Tosca, Feijoo, etc”<sup>36</sup>.

Así como los jesuitas jugaron un papel importante en la aceptación de los nuevos impulsos académicos y científicos en la Europa renacentista, de la misma forma, la introducción de estos conocimientos en México, tuvo que ver en gran medida por ellos. Los jesuitas fueron los introductores y primeros cultivadores de la filosofía moderna que en Europa se venía gestando con gran impulso. Como señala Ugarte “*en esta forma entró ésta y lo mejor de la novísima filosofía en los textos escolares que en sus numerosos colegios empleaban los jesuitas, que fueron sus introductores y primeros cultivadores*”<sup>37</sup>. Esta modernización afectó a las viejas estructuras, (sobre todo de la Física escolástica), la Ciencia Moderna tuvo fácil aceptación y ocupó su lugar en los textos escolares de los colegios jesuitas. “*Los esfuerzos pedagógicos de estos religiosos encontraron eco en la actitud paralela de un grupo de científicos criollos, que desarrollaban su labor independientemente de aquellos y que en reducidos núcleos o academias hicieron germinar*

---

35 Bernal, J. D. *op. cit.* pp. 547.

36 Ugarte, J. B. (1967). *La ciencia en México. Algunos de sus aspectos*. Editorial Jus. México. pp. 70-71.

37 *Ibid.* pp. 70.

*en suelo novohispano, y por propio impulso, las teorías mecanicistas de la ciencia moderna”*<sup>38</sup>.

En México coexistieron tres tradiciones científicas, debatiéndose desde el siglo XVI, hasta el siglo XVII. Estos tres tipos de proyectos científicos se podrían denominar, como los organicistas, los herméticos y los mecanicistas; de la confrontación de pensamientos surgieron aleatoriamente múltiples variantes, subgrupos y escuelas relacionadas con cada postura ideológica<sup>39</sup>. De estas tres formas de hacer ciencia, la que sin duda resultó victoriosa fue la línea mecanicista y su método reduccionista, debido a que utilizó un lenguaje claro y directo, pero sobre todo, por que al recurrir a los conceptos matemáticos, les dio solidez y certeza sobre sus objetos de estudio. “*La posibilidad de captar matemáticamente el carácter inmutable y regular de la naturaleza, permitirá prever los fenómenos, ya que estos quedan sujetos a leyes invariables. El modelo mecánico del cosmos se impuso en todas las ramas de la ciencia, desde la astronomía hasta la biología.*”<sup>40</sup>. La ciencia mexicana, según Trabulse, se desarrolló bajo los lineamientos de su equivalente europea, esta se alineó a los esquemas explicativos de la ciencia europea y se llevó a cabo dentro de sus presupuestos teóricos.

El siglo XVIII se caracterizó por la influencia de las ideas ilustradas en México. Las doctrinas de corte mecanicista y reduccionista van a tener una asimilación general en la educación de aquellos tiempos, debido a la gran difusión de las ideas francesas. Se señala la renovación de los procesos de saber y el conocimiento por parte de algunos pensadores de la Compañía de Jesús, y fuera de ella.

De esta manera, en la Universidad de México (Antigua Real y Pontificia Universidad Nacional de México), se empiezan a llevar a cabo estudios de carácter mecanicista, en relación a estudios de anatomía, basados en la disección de cadáveres, sobre todo en el área de la medicina, la fisiología y la clínica, que ya en Europa constituía una fuerte tradición con anatomistas de la talla de William Harvey, Marcello Malpighi y Albrech von Haller entre otros. En México por su parte, es importante destacar la importancia que tuvieron algunos estudios médicos, a pesar de las dificultades en cuanto a los procesos de difusión bibliográfica de las obras contemporáneas provenientes de Europa y la inconsistente asistencia que presentaban los cursos de anatomía; en este sentido podemos mencionar la labor de José Salgado, personaje al cuál se le disputa el honor de haber escrito el primer libro de fisiología en nuestro continente, pese a lo limitado de su trabajo y a su poco éxito; por otro lado podemos citar a José Ignacio Bartolache, importante catedrático y promotor de los estudios de Boerhaave y el doctor Luis José Montaña, gran médico y personaje inspirador de la reforma que a partir de los decretos de 1833, impulsaron la medicina de una disciplina dominada por la escolástica y por planteamientos de carácter metafísico, hacia una medicina más científica caracterizada por el método experimental mecanicista-reduccionista, y un nuevo espíritu de desarrollo positivo. Basta revisar el carácter de las materias que a raíz de las reformas llevadas a cabo en el Colegio de Medicina se impartieron, de acuerdo con Izquierdo:

“Basta comparar los programas de estudio propuestos en los diversos proyectos para realizar el nuevo tipo de enseñanza, orientada por caminos nuevos, para convencerse de que se trató de un proceso evolutivo único.

---

38 Trabulse, E. (1983). *Historia de la Ciencia en México*. Siglo XVI. F. C. E. México. pp. 72.

39 *Ibid.* pp. 21-25.

40 *Ibid.* pp. 23.

En todos se propusieron las mismas cátedras fundamentales, con variaciones de poca monta: Anatomía, fisiología e higiene; patología interna y obstetricia; materia médica, farmacia y medicina legal”<sup>41</sup>.

Bajo este mismo contexto, cabe hacer mención que los tres campos de enseñanza, en los cuales se obtuvieron mayores resultados y se registraron los mayores avances derivados de la reforma y del programa reduccionista fueron: el de la anatomía en el cadáver, el de las clínicas y el de la fisiología. Los doctores que se destacan por tener a su cargo estas cátedras fueron, Ignacio Torres Padilla, Juan Francisco Rodríguez Puebla y don Miguel Francisco Jiménez en el área de la clínica y el doctor don Manuel Eulogio Carpio en la cátedra de fisiología. Sin embargo no es sino hasta los esfuerzos desarrollados por el doctor Ignacio Alvarado en que la medicina se constituirá como una ciencia estrictamente experimental o científica a raíz de las lecturas de Claude Bernard, conocido fisiólogo diseccionista y de Augusto Comte.

Como resultado de este proceso de reformas en la medicina, José Joaquín Izquierdo señala la trascendencia que jugó para la medicina y otras disciplinas biológicas la conformación del método mecanicista-reduccionista:

“Lo promovido fue, que los estudios de las carreras de medicina y otras ciencias biológicas, tuvieran, como una de sus bases más importantes, el estudio directo de los fenómenos de los seres vivos, por medio de las técnicas tomadas de la física y de la química, seguido del tratamiento de los resultados logrados de acuerdo con las técnicas del método científico de investigación. Se propuso, además, lograr que la enseñanza de la fisiología en el laboratorio, dejando de ser la simple recolección de observaciones biométricas pasivas, se convirtiera en la ejecución de verdaderos experimentos, que llevaran a los estudiantes a descubrir las dependencias de cada fenómeno con diversos factores que ellos mismos hicieran variar. Se esperaba que de este modo los estudiantes se formarían conceptos dinámicos de los fenómenos biológicos; se ejercitarían en el manejo del método científico de investigación, se habituarían al uso de un lenguaje adecuado para expresar y correlacionar los datos de sus experimentos, con ayuda de las matemáticas y del método gráfico, y aprenderían a plantearse problemas de verdadera índole científica, y a tener capacidad para resolverlos. Como requisito fundamental para el cabal desarrollo y persecución de la reforma, se indicó la necesidad de confiarla a individuos especializados, que de modo exclusivo distribuyeran su tiempo entre las labores de enseñanza y las de investigación. Como medio adicional para fomentar el espíritu de la filosofía experimental, se prepararon y publicaron obras acerca de sus dos tempranos, grandes ejecutantes, William Harvey y Claude Bernard”<sup>42</sup>.

De esta manera, la influencia de la Ilustración y del pensamiento racionalista introducida en México por los jesuitas no repercutió sino hasta la entrada del siglo XIX. Esto debido por un lado, a la cerrazón que la Universidad Real y Pontificia manifestó ante la modificación de sus viejas prácticas, procesos de saber y adquisición de conocimientos, y por otro lado, a que fueron tiempos en que la Universidad se vio acosada por fuertes presiones externas sin tener la suficiente solidez institucional, una mala organización y carencia de medios políticos y económicos suficientes para impulsar al mismo tiempo un cambio en las estructuras científicas y educativas<sup>43</sup>.

Por otro lado, la entrada del siglo XIX, se acompaña de profundas transformaciones en la vida política, económica y social de México. Estos cambios influyen directamente en la estructura y los procesos y en la producción intelectual.

---

41 Izquierdo, J. J. (1955). *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico de México*. Ciencia. México. pp. 419.

42 *Ibid.* pp. 428-429.

43 Ver, *Nuestra Universidad en el Tiempo*. Serie radiofónica transmitida por Radio UNAM. apartado, La Universidad en la historia. La universidad colonial. 1990.

La iniciación de la vida independiente nacional se vio caracterizada por la intensa actividad intelectual que se desarrolló al igual que siglos antes en Europa; fuera de las aulas de la Universidad. Por otro lado, y de igual forma que en el viejo continente, no tarda en aparecer una abundante distribución de medios impresos. Paradójicamente se crea un importante mundo intelectual al margen de la Real y Pontificia Universidad de México, marcado por la influencia del racionalismo ilustrado.

Como dice Lorenzo Luna en su artículo “*La universidad colonial*”:

“Las actividades culturales e intelectuales que se desarrollaron en las primeras décadas del México independiente, partían de la necesidad de difundir conocimientos que, además, de racionales fueran útiles a la sociedad. La transmisión de estos conocimientos que orientaban al individuo hacia el empeño de oficios productivos, se fue articulando a través de una concepción educativa eminentemente pragmática y utilitaria que fue la que caracterizó al racionalismo ilustrado del siglo dieciocho”<sup>44</sup>.

Durante este siglo caracterizado por el desarrollo y expansión del industrialismo británico; en México, se empieza a gestar una burguesía incipiente, compuesta principalmente por funcionarios, intelectuales, pequeños comerciantes e industriales que enarbolaron a la ciencia como la forma más eficaz para impulsar un desarrollo fabril y comercial. De esta forma la concepción mecanicista propia del maquinismo de la época y a su vez la concepción reduccionista del proceso productivo llegó tarde pero se asentó en buen terreno.

La cierta inestabilidad que sufrió la ciencia mexicana durante los dos primeros tercios del siglo XIX, presentó un repunte a finales de siglo en gran medida por la estabilidad que recobro el país. En esta época el programa general de la ciencia se insertó en un enfoque netamente positivista, que fue introducido principalmente a México por Gabino Barreda y por Porfirio Parra, ambos fervientes defensores del ideal de progreso con relación al avance científico. El positivismo fue la filosofía oficial de la enseñanza científica mexicana y constituyó un maridaje con el método reduccionista de la ciencia, y sobre todo con el supuesto de bienestar social en la era de la ciencia y la técnica. A esto Trabulse relata “*estos elementos –criterio sistematizador de los conocimientos científicos, crítica a las doctrinas metafísicas y el apego radical al método experimental- se conjugaron para hacer de la reforma positivista de investigación científica en México el movimiento que hechó las bases para el desarrollo de la ciencia contemporánea en nuestro país y para la creación de nuevas instituciones científicas y pedagógicas de nivel superior, entre los que se cuenta la Universidad Nacional*”<sup>45</sup>.

La filosofía positivista y su ideal de progreso humano encaminado a elevar continuamente el nivel de la existencia humana mediante la conquista de la racionalidad constituyó en este sentido una fuerte herramienta para la ideología burguesa mexicana que se proclamaba por un estado ideal de las cosas y mediante la cual buscó asegurar su propia estabilidad. La que anteriormente sirvió para combatir a la antigua clase conservadora española y a la Iglesia, a través del triunfo de la Reforma liberal, pasó a ser la doctrina que buscaba dar un orden y establecer los principios de la ahora sólida y triunfante clase burguesa, al servicio de sus propios intereses.

La idea de orden y progreso constituyen sin duda, los principales ejes temáticos que la nueva clase social encontró en la apropiación de la ideología positivista. Los intentos por

---

44 *Ibid.* pp. 14.

45 Trabulse, E. *op. cit.* 173.

desterrar los conceptos de todo tipo de anarquía mental o disidencia que pudiera poner en peligro el nuevo orden social hacían que la búsqueda de argumentos que fueran capaces de convencer a todo aquel que no compartiera los principios del positivismo terminara aceptándolos. En este sentido, el positivismo se fue reforzando cada vez más como una ideología de orden, como ideología constructiva y sobre todo como ideología de convencimiento <sup>46</sup>.

Si consideramos las diversas acepciones del término positivo, como aquello que designa “*lo real, en franca oposición a lo químico*”; o en segundo sentido, como aquello que indica “*lo útil en contraste con lo inútil*”; siguiendo del mismo modo, como aquello que designa “*la oposición entre certeza y la indecisión*”, “*lo preciso a lo vago*”, y como en su carácter más sencillo, es decir, “*de lo positivo a lo negativo*” <sup>47</sup>; no es de extrañar que los principios de la ciencia racionalista que buscaba establecer a todas luces verdades universales, que apostaba por una metodología reduccionista que pudiera liberar a la conciencia humana de prejuicios y valores subjetivos, a favor de bases sólidas de conocimiento certeras y útiles para la comprensión y manipulación del mundo, encontrara cabida precisamente dentro de la corriente positivista que inaugura Augusto Comte <sup>48</sup>. Cabe pues hacer énfasis en la importancia que cobró la ciencia reduccionista para darle validez a una visión del mundo que tenía cimentados sus intereses en un orden social, producto de la unificación de criterios a partir de la construcción de verdades demostrables, mediante un desarrollo metodológico que permitiera indagar en las mismas entrañas del fenómeno estudiado. “*La nueva creencia tiene como base la demostración científica, por medio de la cual nada puede ser impuesto sino mediante su demostración*” <sup>49</sup>. En este sentido la ciencia se posicionaba, como el mejor instrumento por medio del cual se podría unificar ideológicamente y poner de acuerdo a los diversos actores sociales en torno a un consenso universal.

La filosofía positiva adoptada en México, tuvo su origen y principal impulso, a través de la planificación educativa llevada a cabo por Gabino Barreda hacia 1870, con lo cuál, se lleva a cabo una reorganización en los planes de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria, reestructurando la base de materias que se impartían, de tal forma que abarcara todas las ciencias de carácter positivo, empezando por las matemáticas. “*La educación tiene así una finalidad casi exhaustiva: ofrecer el máximo de verdades sobre las cuales apoyen los individuos su criterio. De este máximo de verdad deben partir todos los individuos. No se debe partir de ideas preconcebidas, porque estas no son sino verdaderos prejuicios que perturban la conciencia de los individuos y alteran su convivencia. Los supuestos de los cuales se debe partir en toda clase de opiniones deben ser aquellos que ofrece y puede demostrar la ciencia*” <sup>50</sup>. Ahora bien el establecimiento de una ideología con valor para todos los mexicanos, sólo era posible obtenerlo por medio de una educación que

---

46 Zea, L. (1975). *El positivismo en México. Nacimiento, apogeo y decadencia*. F. C. E. México. pp. 191-194.

47 Gortari, E. (1976). *La ciencia en la historia de México*, en su capítulo de la ciencia positiva y su evolución. México. pp. 302.

48 Augusto Comte en su “*Discurso sobre el espíritu positivo*”, plantea tres niveles o estados teóricos distintos por los que transita la evolución intelectual de la humanidad, partiendo del estado teleológico, transitorio hacia el estado metafísico, y por último y en orden ascendente, “*al único plenamente normal, en el que consiste, en todos los géneros el régimen definitivo de la razón humana,*” es decir el estado científico.

49 Zea, L. *op. cit.* pp. 129.

50 *Ibid.* pp. 189.

fuese posible para todos los mexicanos, que solo se lograría mediante la instauración de la obligatoriedad de la educación, siendo esto también uno de los principales puntos en la reforma educativa de Gabino Barreda y su defensa posterior, a cargo de su hijo y también importante pensador positivista Horacio Barreda.

Esta confianza plena en la educación científica para entender y darle un fundamento natural a la visión del mundo burgués, lo expresa Justo Sierra:

“La ciencia, es la que muestra la verdadera naturaleza de las sociedades, así como también muestra la existencia de un orden indestructible, o en lo cuál se diferencia de la religión, que no hace más que refugiarse en lo absoluto. La ciencia muestra a los hombres que el orden social” no es distinto del de la naturaleza, que siendo la sociedad un organismo está sujeta a las leyes del mundo orgánico. El saber científico permitirá poner fin a las transformaciones violentas y las soluciones ofrecidas por la fuerza podrán ser discutibles. Entonces vendrán espontáneamente la gran clasificación de las funciones sociales, y la ley de la división del trabajo, sin la cuál no hay crecimiento biológico, dará la clave del crecimiento social, que es el progreso”<sup>51</sup>.

Los esfuerzos de la ciencia mexicana por ponerse a la altura de la ciencia reduccionista europea siguió siendo una constante en su desarrollo. Así lo muestra Manuel Rojas Garcidueñas:

“Buena parte del esfuerzo de los científicos mexicanos se empleó necesariamente, en ponerse al corriente con la ciencia europea que tanto progresó de 1800 a 1870. Así, en medicina, Liceaga, Carpio, Vergara Lope y otros trabajos en los años finales del siglo XIX y comienzos del XX para actualizar la enseñanza y la práctica médica mexicana a la altura de la europea fundando cátedras y laboratorios de fisiología, histología (1894), microbiología y química médica (1902)”<sup>52</sup>.

Sin embargo, la idea de progreso social, producto del avance científico y tecnológico, distaba mucho de verse reflejado en la sociedad de aquel tiempo. La falta de recursos dificultaba la integración de los cuadros científicos y la gran desigualdad social era preocupante. El porfiriato se caracterizó por mantener un esquema social rígido en donde una estrechísima capa culta se encuadraba superpuesto a una gran masa de la población pobre y en su mayoría analfabeta. Este fenómeno de desigualdad social desembocó en la Revolución Mexicana (1910-1918), interrumpiéndose nuevamente las labores científicas, las que se recompondrían alrededor de 1929, mediante la constitución del Estado y sus políticas educativas.

---

51 Sierra, J. (1878). La escuela Preparatoria: en *La Libertad*. a. I, núm. 2. México.

52 Rojas, G. M. (1997). *Introducción a la historia de la ciencia*. AGT. México. pp. 192.

## Capítulo II. El reduccionismo en biología

### II. 1. Trascendencia histórica del reduccionismo en la biología.

Tomando en cuenta el éxito del reduccionismo en la ciencia moderna, que vio en el siglo XVII su época de gestación, y de ahí su gran desarrollo hasta nuestros días, aunado a un contexto histórico-social, como ya se abordó en el capítulo anterior; creo que es necesario ahora considerar ya de manera más directa su relación con la biología.

Para ello, es necesario tomar en cuenta no solo el influjo que ha tenido el reduccionismo en distintos campos y estudios realizados dentro de esta disciplina, a lo largo también de su devenir histórico, sino que es importante considerar bajo un análisis más específico lo que representa el reduccionismo en sí en biología, es decir, ¿Cuáles son sus características?, ¿Cuáles son sus alcances teóricos y epistemológicos?, ¿Hasta que punto podemos ubicar sus deficiencias?, y ¿Hasta donde también el holismo como contraparte del reduccionismo está en condiciones de brindar una mejor salida a los problemas en biología?

Con el fin de ser sistemático, divido este capítulo en dos partes sustanciales: primero trato la trascendencia del reduccionismo ya en la práctica biológica a través de su historia, para posteriormente abordar filosóficamente el problema del reduccionismo tomando en cuenta sus características particulares y concretas en biología.

El siglo XVII, se caracteriza por la labor que fisiólogos como los representantes de la Escuela italiana de Padua, es decir los sucesores de Vesalio y Falopio, de Colombo y Eustaquio, llevaron a cabo. Con el surgimiento de la anatomía moderna que se lleva a cabo en esta época, se sustrae una explicación del funcionamiento de los organismos, tomando como fundamento primordial únicamente la disposición o configuración de las partes.

Los esfuerzos encaminados a esta área de conocimiento biológico se llevaron a cabo en torno a problemas como la digestión donde personajes como van Helmont, (precursor de la bioquímica), hizo interesantes aportaciones que posteriormente otros fisiólogos de la talla de Reaumur y Spallanzani continuarían. Pero sin duda, uno de los principales acontecimientos en el proyecto mecanicista y reduccionista del siglo XVII, fue el descubrimiento de la circulación de la sangre. A esto Tatón menciona que “ *este descubrimiento sacó a la luz un conjunto tan insólito que su enunciado solo se operará en etapas y de manera fragmentaria, Harvey fue el primero que tuvo conciencia del conjunto*”<sup>53</sup>. Dicha empresa fue llevada a cabo mediante el descubrimiento de tres partes específicas de circulación expuestas, la primera de ellas por Miguel Servet, posteriormente la segunda por el botánico Cesalpino y el último y más importante William Harvey, destacándose por su rigor metodológico, sus cálculos precisos y su conocimiento de anatomía comparada.

En el terreno de la neurología la doctrina mecanicista cartesiana se topa con algunas resistencias, en particular con los aspectos de sensibilidad y motricidad llegando a proponerse formas alternativas no mecanicistas de los movimientos (Willis)<sup>54</sup>. Pero la fuerte carga vitalista de estas propuestas y la defensa del punto de vista cartesiano como la de Regis, seguirán determinando el predominio mecanicista.

La segunda mitad de este siglo va a seguir presentando este debate, “*pero especialmente en torno a saber si la conducta animal puede reducirse a un automatismo y si no debe*

---

53 Tatón, R. *op. cit.* pp. 414.

54 *Ibid.* pp. 417.

*reconocerse una especie de alma en las bestias*”<sup>55</sup>. Por un lado se pueden situar a el jesuita Pardies, el orador J. B. Du Hamel, el médico Lamy, y sobre todo, Th. Willis; y por consiguiente los defensores del reduccionismo mecanicista podemos situar a Cordemay, Rohault y Dilly<sup>56</sup>.

Este siglo se caracteriza pues, por la audacia en la aplicación del método sin igual y un intento de mecanización, propiciados en gran medida por las grandes invenciones mecánicas de la época –la balanza, el reloj de agua, termómetros, péndulos, el telescopio y el microscopio compuesto-. La identificación del animal a un simple aparato se convierte en regla casi general, así mismo, la mecanización metódica e ilimitada dota a la biología de una herramienta que le permite desarrollarse ampliamente en varios terrenos.

En el siglo XVIII, los estudios sobre la digestión de los alimentos llevó a la discusión entre dos posturas que entendían el fenómeno de la digestión de distintas maneras. Por un lado los iatromecanicistas dentro de los que destacan Borelli, Redi, Pitcairn y Hecquet, que concebían este proceso como un fenómeno puramente mecánico (masticación, peristaltismo gástrico), y por otro lado, los iatroquímicos, como Van Helmont, Stenón y Sylvius, que explicaban la digestión mediante la secreción de soluciones químicas y putrefacción. Dicha controversia fue una constante durante la segunda mitad del siglo XVIII, hasta que los esfuerzos de Reaumur y principalmente de Spallanzani, pudieron determinar una combinación en el proceso digestivo tanto fuerzas mecánicas como de secreción de sustancias químicas, como el ácido clorhídrico del jugo gástrico. *“El análisis de los diversos tipos de “aires”, es decir, de gases –la llamada química preneumática-, dio un contenido positivo a la noción del intercambio entre el organismo y el medio, con lo cuál cerró la rivalidad hasta entonces puramente especulativa entre iatromecanicistas e iatroquímicos”*<sup>57</sup>.

En cuanto a los estudios sobre la circulación de la sangre en los organismos vivos, estos se siguieron llevando a cabo partiendo del modelo mecanicista, hasta el grado de que médicos como Francois Quesnay y Claude Le Cat hayan imaginado y preparado la construcción de anatomías móviles, es decir, máquinas hidráulicas preparadas al efecto como modelos mecánicos de los fenómenos de la circulación sanguínea (y en general de las principales funciones de la economía animal).

Uno de los campos que favoreció el auge de la visión mecanicista en la evolución de este siglo fue sin duda la Anatomía. Ya desde el *“Tratado del hombre”* de René Descartes el estudio de la estructura corporal se centraba básicamente en una metáfora de carácter mecanicista, pero ya en el siglo XVIII, fue quizás Borelli el científico más destacado en llevar estos esquemas en sus trabajos. Parte de su conceptualización de Borelli se ve expresada en la siguiente frase:

“en el músculo, hecho de fibras ordenadas en rosarios de nudos y vientres, mecánicamente comparables con cadenas de anillos elásticos y deformables, las partículas dilatadas de la mezcla en ebullición se insertaban otras tantas cuñas que deforman geoméricamente su estructura”<sup>58</sup>.

En la última década de este siglo diversos estudios sobre el movimiento muscular abrieron la posibilidad de nuevas explicaciones sobre todo las relacionadas con la teoría de

---

55 *Ibid.* pp. 417.

56 *Ibid.* pp. 418.

57 *Ibid.* pp. 660.

58 *Ibid.* pp. 672.

la irritabilidad propuesta por Haller y otras de características más vitalistas como las de Boerhaave, Hoffmann y Stahal. El mecanicismo siguió teniendo una fuerza considerable. Aún más el reduccionismo siguió siendo la metodología empleada regularmente, ya que aunque el enfoque variara con respecto a un mecanicismo estricto, dichos estudios se siguieron basando en el estudio sistemático de las partes. El mismo Haller registró multitud de experimentos sobre los movimientos de animales decapitados o sus experimentos basados en la separación y reunión de tejidos y órganos en presencia o ausencia de una u otra de esas propiedades. Podemos decir que aunque la interpretación variara con respecto al funcionamiento del ser vivo, desde un mecanicismo estricto hasta un esquema de tipo vitalista incluso, la base metodológica del estudio de los organismos partía de un reduccionismo, es decir, de la predominancia del estudio de las partes más simples que constituyen un ser vivo y en la concepción del todo como la suma de las partes.

Así mismo, la búsqueda de un lugar que fuera centro motor de las distintas partes de un cuerpo, llevó a Jean Astruc, un connotado mecanicista a ubicar la sustancia medular (blanca), del cerebro como el sensorio común, explicando de tal manera cierto fenómeno con el proceso de simpatía relacionado sobre todo con el movimiento reflejo. El estornudo es el ejemplo de reflejo escogido por Astruc: *“la irritación de las fosas nasales determina simpáticamente la contracción del diafragma según un mecanismo cómodo, rápido, simple y que puede adaptarse a la interpretación de todas las simpatías del mismo tipo”*<sup>59</sup>.

Una vez más, el estudio sistematizado de las partes de un organismo ya sea vivo o muerto, fueron la raíz metodológica de los diversos estudios realizados en biología fisiológica. Aún de las diversas posturas planteadas en torno al funcionamiento de los organismos vivos, todas ellas partían de un método reduccionista que separaba y designaba a cada parte u órgano corporal una función específica.

Para este momento la biología experimental se encontraba fuertemente relacionada por un lado con la física y por otro lado con la química, las aportaciones que realizaron estos dos campos a la ciencia biológica fueron bastante recurrentes. Se puede decir que la biología se encontraba en medio, lo que la ubicaba en un terreno infinitamente complejo. Pero lo que sin duda, permitió un avance con respecto al funcionamiento fisiológico de los organismos, fue el desarrollo de la anatomía descriptiva y comparada, la cuál suministró información de la naturaleza de los órganos y las diversas partes constituyentes de un ser vivo<sup>60</sup>.

Con la confianza en cuanto a los trabajos relacionados con la físico-química, entre la que fue sin duda la más destacada la Teoría Celular, las perspectivas con respecto a pasar a un nivel más avanzado de resolución se hacían cada vez más patentes. El organismo fue considerado como una parte integral del universo físico, las leyes que lo regían podían plantearse y resolverse a partir de los preceptos físicos y químicos. *“Su ser mismo y sus reacciones sensibles (movimiento, fenómenos eléctricos y químicos y tal vez incluso comportamiento consciente), dependían de la disponibilidad de la energía”*<sup>61</sup>.

En los primeros decenios del siglo XIX europeo, existían dos corrientes ideológicas principalmente, por un lado, los creyentes en la fe religiosa, partidaria de un alto espiritualismo, asignándole a un ser creador el orden y función de la vida en la tierra, del

---

59 *Ibid.* pp. 682.

60 *Ibid.* pp. 523.

61 Coleman, W. (1983). *La Biología en el siglo XIX. Problemas de forma, función y transformación*. F. C. E. México. pp. 201.

que podemos deducir las interpretaciones vitalistas de la naturaleza; y por otro lado, una corriente sistemática que configuraba al organismo y particularmente al hombre con base en un acostumbrado concepto mecanicista-materialista. “*La práctica experimental del físico y del químico se convirtió en objeto de vívido interés. Se renovó la especulación respecto a la posibilidad de que los conceptos explicativos de esas ciencias, sobre todo los de la mecánica y la electrodinámica, pudieran resultar aplicables a los fenómenos fisiológicos*”<sup>62</sup>.

Este significado mecanicista de la vida, coincidió con el establecimiento de la ley de conservación de la energía. A mediados del siglo se realizaron un gran número de investigaciones experimentales que tenían como fin demostrar que el organismo se comportaba de acuerdo a los principios dictados por la conservación de la energía<sup>63</sup>.

Con la aparición de la Teoría Celular de Schleiden y Schwann (1838-1839), las investigaciones se vieron fuertemente dirigidas hacia el estudio de la célula como el elemento funcional principal de un ser vivo. Este común denominador que englobaba todos los seres vivos, pronto reemplazó el antiguo lugar hegemónico de la sangre con respecto a su papel en la respiración orgánica. No fue extraño el caso de Claude Bernard, el fisiólogo francés principal de este período, quien difundiera la idea de la importancia de las células y de los líquidos que la rodean. Aunque en el siglo XIX, hubo investigaciones de carácter fisicoquímico, la fuerte tendencia reduccionista viveccionista, siguió operando cotidianamente. “*Por fecundas que hayan sido en fisiología las técnicas analíticas tomadas de la física y la química, su efecto, sin embargo, no había desacreditado ni eliminado el método de investigación que Cl. Bernard llamó fisiología operatoria, la cuál utilizaba la vivisección, la resección o la ablación de órganos para deducir de las perturbaciones de la economía animal resultantes de esas operaciones, la naturaleza de las funciones del organismo intacto*”<sup>64</sup>.

Considerar al organismo como una simple maquina de calor en donde las tasas de energía requerida y trabajo producido fueran equivalentes, así lo ilustra William Coleman en “*La Biología en el Siglo XIX*”:

“En ese tiempo los fisiólogos empleaban libremente la idea de la utilización de la energía al analizar actividades orgánicas. La energía brindaba una base común para valorar el rendimiento de trabajo de un animal activo y el calor total, por consiguiente la energía, disponible en cualquiera de todas las sustancias alimenticias que un organismo puede consumir mientras trabaja”<sup>65</sup>.

Los diversos estudios en donde se cuantificaba las tasas de entrada y salida de energía, con base en el intercambio de gases, de los contenidos calóricos de los alimentos, así como la eliminación de excretas generaron una confianza plena en comparar el funcionamiento orgánico con respecto a una máquina térmica, ya que la utilización de la energía de los alimentos en su transformación para realizar movimiento y trabajo, generaban o producían calor animal que fue posible cuantificar. A este respecto Coleman nos relata lo que en el siglo XIX arguía Thomas Henry Huxley: “*Los organismos, son más que cuerpos naturales que manifiestan estructura definida y comportamiento reproductivo. Son máquinas vivas en*

---

62 *Ibid.* pp. 205.

63 Trabajos destacados en este sentido, podemos mencionar los de Edwar Rigny, Herman von Helmholtz, James Joule, Julius Robert Mayer y sobre todo los de Antoine Lavoisier y su teoría de la fisiología respiratoria

64 Bernal, J. D. *op. cit.* pp. 537.

65 Coleman, W. *op. cit.* pp. 225.

*acción, y, bajo este aspecto, los fenómenos que presentan no tienen paralelo en el mundo mineral”*<sup>66</sup>.

Desde el establecimiento de la Teoría Celular, la biología se orientó y enfocó sus esfuerzos hacia el estudio de las cuestiones celulares. En este sentido, el siglo XX retomó y amplió los estudios que desde el siglo pasado caracterizaron y se habían realizado ya, en el orden estructural de los organismos. “*Al dar a la célula la categoría de unidad de organización y desarrollo estructural y funcional, aquellos autores dieron coherencia a los conceptos biológicos de su tiempo y concentraron su atención en la única estructura que había de ser comprendida si la Biología tuviera que adelantarse más allá de su periodo puramente descriptivo*”<sup>67</sup>. Así mismo, el desarrollo de la técnica de cultivo in vitro, fue, una herramienta que facilitó el estudio de las células bajo condiciones adecuadas (de pH y nutrientes). La célula de esta manera, fue disectada en cada una de sus partes constituyentes y puesta al rigor del ojo científico, en gran medida por el perfeccionamiento del microscopio ocular y electrónico, y por distintas técnicas de fijación y tinción<sup>68</sup>.

Bajo esta misma perspectiva, el estudio de la vida fue considerado con mayor relevancia la organización a nivel físico-químico de la materia orgánica; los descubrimientos de la bioquímica constituyen una de las adquisiciones capitales del siglo XX. El estudio de los organismos a partir de las leyes físicas y químicas delinea todo un proyecto de investigación, en que el enfoque reduccionista se inserta más profundamente a medida que los avances en el campo de la biología celular y molecular se hacen cada vez más evidentes.

En este sentido un momento importante en la historia de la biología molecular moderna, lo constituyó el descubrimiento del ácido desoxirribonucleico y su modelación posterior por James Watson y Francis Crick en 1953. “*El desarrollo de la biología molecular se debió principalmente a la influencia de los adelantos en las ciencias físicas y químicas, y a la investigación directa que científicos de estas ramas comenzaron a llevar a cabo dentro de la biología*”<sup>69</sup>. Esta propuesta del modelo del ADN significó para el modelo reduccionista un gran avance, ya que a partir de ese momento, la vida propiamente dicha podía ser descifrada a partir de una simple secuencia de nucleótidos, las leyes biológicas podían ser determinadas a partir de la interacción química y física de sus elementos básicos. Por otro lado, con el desciframiento del código genético se abrió ante la biología del siglo XX todo un campo de estudio en relación con los procesos de la herencia.

Desde 1900, tres botánicos de manera independiente uno del otro, el holandés Hugo de Vries, el alemán K. Correns y el austriaco E. von Tschermak redescubren las leyes de Mendel, olvidadas durante casi medio siglo y que fueron las principales responsables de la fundación de la Genética que para 1906 era designada como tal por William Bateson.

El redescubrimiento de las leyes de Mendel, que sin duda, significó un gran adelanto en el desarrollo de la biología, significó también una confirmación más del exitoso enfoque reduccionista que hasta ese momento se venía ejerciendo metódicamente. Esto dio pie a que se realizaran un gran número de experimentos en plantas y animales que demostraron y dieron validez a las leyes de la herencia; y es a partir de 1910 que mediante los trabajos

---

66 *Ibid.* pp. 241.

67 Swanson, C. C. (1979). *La célula*. Unión Topográfica Editorial. México. pp. 12.

68 *Ibid.* pp. 12-15.

69 Barahona, E. A. (2004). Ingeniería genética: Origen y desarrollo; en Muñoz. R. J. (comp) *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*. Siglo veintiuno editores. México. pp. 12.

realizados por T. H. Morgan y colaboradores, se pudo descubrir la localización cromosómica de los genes, y por lo tanto, edificar la genética moderna <sup>70</sup>.

La biología reduccionista poco a poco especializaba sus estudios y llegaba cada vez más a configurar los elementos más básicos de la vida biológica. La línea reduccionista de investigación cada vez más radical –célula-molécula-gen-, instauraba un orden de estudio enfocado en cada caso hacia el estudio de la vida en sus partes mínimas posibles. El gen en este nuevo avance de la biología reduccionista se erigía como el punto de partida para entender de manera más exacta a un ser vivo. Como señala Beurton, “*el caso del gen, se volvió un ejemplo estandar de una reducción exitosa en la vida de las ciencias*” <sup>71</sup>.

La gran relevancia que tuvo el descubrimiento del mecanismo de la herencia fue tan importante, que trascendió diversos campos de la biología como la fisiología, la embriología, la citología, la genética y la evolución entre otros.

El mecanismo de la herencia jugó un papel muy importante debido a que hacia finales del siglo XIX y principios del siglo XX, el darwinismo cayó en lo que Thomas Henry Huxley denominó “*eclipse del darwinismo*”, precisamente por no dar una explicación concreta acerca de la herencia de los caracteres. Incluso el mendelismo fue en un principio considerado como una alternativa al darwinismo, contribuyendo a un tiempo, en el nivel de oposición y confusión a las que se unieron las controversias generadas por el repunte del lamarckismo y los planteamientos de la ortogénesis <sup>72</sup>. Sin embargo, dadas las circunstancias de una falta de rigor teórico y comprobación experimental que pudiera empalmar satisfactoriamente la herencia de los caracteres adquiridos con las leyes de la herencia del mendelismo provocaron paulatinamente su derrumbe, de tal manera que a raíz de los estudios de T. H. Morgan y su descubrimiento de que las mutaciones ocurrían en los genes individuales y que estas mutaciones, se dieran por azar; se formuló una teoría de selección genética compatible con la selección natural darwiniana y con los principios del mendelismo. “*La genética y la teoría de la mutación parecieron acelerar el principio del declive del darwinismo, intensificando, pues, la confusión que existía en el pensamiento evolucionista a comienzos de nuestro siglo. Pero socavaron cada vez más la alternativa lamarckista e hicieron posible que los científicos dieran a la luz una nueva síntesis con la teoría de la selección*” <sup>73</sup>. Esta síntesis tuvo lugar en 1937, gracias al trabajo de un grupo de científicos entre quienes destaca un naturalista y genetista experimental Theodosius Dobzhansky, quien propone una explicación del proceso evolutivo mediante los cambios que se suscitan a nivel genético <sup>74</sup>. Así mismo esta nueva teoría denominada como la “*teoría sintética*”, o “*teoría moderna*”, brindó una nueva forma más integral de concebir la evolución darwiniana, recurriendo al estudio de los genes, y además, se extendió a otros

---

70 Consultar, Allen, G. E. (1985). *Thomas H. Morgan y el nacimiento de la genética moderna*. Mundo científico. Vol. 5, No. 49.

71 Beurton, P. J. En Rheinberger, H. J. (1997). *Toward a history of epistemic things: synthesizing proteins in the test tube*. Stanford University. Stanford, California. Pp. 288.

72 Por un lado se puede citar al lamarckismo mediante la herencia de los caracteres adquiridos, estrechamente ligado con la Ortogénesis, la cuál establecía como principio una evolución dirigida en una sola dirección por fuerzas que se originan en el interior de los organismos.

73 Bowler, P. J. (1985). *El eclipse del darwinismo*. Labor Universitaria. Barcelona. pp. 233.

74 Entre los principales autores que, junto con Dobzhansky, contribuyeron a formular y extender la teoría sintética se pueden contar, en los Estados Unidos, Erns Mayr, Georges. G. Simpson, Leydard Stebbins y Sewell Wright, en Inglaterra a Julian Huxley, Fisher y Haldane, y en Alemania a Bernard Rensch.

campos de la biología, constituyéndose en campos específicos como la genética, y en particular la genética de poblaciones.

Recientemente los mayores avances en el terreno evolutivo derivan de la biología molecular, los adelantos que ofreció este campo en relación a la variación genética entre individuos y entre poblaciones (genética de poblaciones), la proporción de genes que cambian a lo largo de las generaciones, la determinación de la modificación del contenido genético durante la formación de una nueva especie, la deriva génica entre otros fenómenos asociados, son en cierta medida resultado del estudio genético y molecular de la evolución<sup>75</sup>. Actualmente y debido al gran desarrollo científico y técnico en el campo de la biología molecular, se ha desarrollado la ingeniería genética, la cuál se caracteriza por la manipulación directa que se puede hacer en los genes que están relacionados con la forma y función de los organismos. En este campo de la biología molecular que dio inicio por primera vez en 1938, término acuñado por Warren Weaver<sup>76</sup>, y que se debió en gran medida a los adelantos de las ciencias físicas y químicas, y su interés por explicar los fenómenos biológicos; ha sido también uno de los pilares del enfoque reduccionista, ya que con la alta tecnologización de las técnicas aplicadas en la ingeniería genética se puede manipular directamente los genes o segmentos de ADN, provocando con ello una serie de cambios en la expresión de la vida natural.

## II. 2. Esbozo general en torno al conflicto reduccionismo – holismo en Biología.

Retomando como preámbulo a esta discusión, lo dicho anteriormente, el reduccionismo como estrategia de investigación científica se consolidó fuertemente a partir de la tradición mecanicista del siglo XVII, cuyo principal exponente lo encontramos en la figura de René Descartes. Desde entonces, el modelo de “*máquina*” fungió como la idea más notable de interpretar el funcionamiento del mundo – y por mundo entiéndase desde el plano de la política hasta los fenómenos naturales -. Esta analogía que se estableció entre el funcionamiento de una máquina, - en donde sus partes o engranajes concatenados uno a uno van dando sentido al todo funcional - y el funcionamiento de los organismos; por otro lado, se encuentra implícito en el uso mismo del concepto “*organismo*” como lo señala Richard Lewontin de la siguiente manera; “*la analogía es la analogía que existe entre el organismo vivo y el órgano, el instrumento musical compuesto por partes separadas que trabajan juntas para producir un resultado final*”<sup>77</sup>. Lo que trae como consecuencia, de acuerdo con este mismo autor “*un radical alejamiento de la visión holística de los sistemas naturales como entidades indisolubles que no podrían entenderse analizando las varias partes*”<sup>78</sup>. Es entonces a partir de esta problemática que se han manifestado diferentes posiciones en torno a qué tan válido es optar por un reduccionismo con sus distintos grados y características como modelo a seguir en la biología, o si alternativas de carácter más holistas están más capacitadas para entender la vida.

---

75 Consultar Savage, J. M. (1973). *Evolución*. University of Southern California. México. pp. 57-64.

76 Muñoz, R. J. *op. cit.* pp. 11.

77 Lewontin, R. C. (1998). *Genes, Organismo y Ambiente. Las relaciones de causa y efecto en Biología*. Gedisa Editorial. Barcelona. pp. 84.

78 *Ibid.* pp. 84.

La disputa entre el reduccionismo que se podría definir como “*el todo es nada más que la suma de sus partes constituyentes*” y el holismo que en correspondencia sería “*el todo no es nada más que la suma de sus partes constituyentes*”<sup>79</sup>, representa uno de los debates centrales en Biología y es uno de los puntos que más trascendencia tienen en el plano académico y profesional. El reto en este sentido, consiste en tratar de dar una salida viable a esta problemática; dicho en otras palabras, la disputa entre reduccionismo y holismo representa un problema insalvable, un callejón sin salida, ó cada una de estas concepciones nos dan elementos para entender la vida en distintos órdenes de complejidad, ó quizás habría que rechazar alguna de ellas, o de plano buscar una tercera alternativa. He aquí el problema.

### II. 3. Límites y alcances del reduccionismo en Biología.

Como ya se ha dicho, el reduccionismo se ha posicionado desde el siglo XVII como la estrategia de investigación que mejor ha definido el trabajo científico, en gran parte porque ha facilitado dicha labor acoplando los distintos fenómenos naturales a una estrategia metodológica profundamente analítica y fácilmente cuantificable. “*En este sentido, la ciencia, tal como la practicamos hoy, resuelve los problemas para los cuales sus métodos y sus instrumentos son adecuados, y los científicos pronto aprenden a plantearse sólo las cuestiones que pueden ser resueltas. Apoyándose en su indiscutible éxito, en cuanto a enfrentar los problemas fáciles, nos aseguran que tarde o temprano, con los mismos métodos, triunfarán sobre aquellos más difíciles*”<sup>80</sup>. Pero este optimismo que aparentemente, se confía al método reduccionista, se empieza a desvanecer cuando la complejidad de los fenómenos u organismos naturales rebasa por mucho una visión lineal que se tiene con respecto a ellos. En primer lugar, porque los organismos no pueden ser fácilmente divididos en partes o en “*órganos*” como agentes ontológicamente separables, ya que su funcionamiento particular se entiende a partir de la función que tienen con respecto al todo, si se desdeña este último aspecto, el primero automáticamente deja de tener sentido. En segundo lugar, porque cada órgano u organismo determinado establece varias relaciones causales con sus contrapartes, es decir, los fenómenos naturales son multivariados, e implican varios procesos interactivos, dejando muy atrás la relación simple de causa – efecto. En tercer lugar, los organismos y sus procesos presentan una contingencia histórica, lo que hace más complicado el estatizarlos y darles un carácter universal<sup>81</sup>.

En este primer aspecto, en torno a la codependencia de las partes con el todo y viceversa Lewontin es muy claro. “*En los sistemas biológicos, a causa de la jerarquía de las funciones y de las múltiples relaciones causales que se intersectan entre sí, la determinación de las partes sólo se puede hacer una vez definido el “todo” apropiado*”<sup>82</sup>. A reserva de que el holismo también presenta una inconsistencia lógica en este sentido –

---

79 Ver Pérez, T. R. (1999). *Acerca de Minerva*. Cap XI. El Reduccionismo científico. F.C.E. México. pp. 45-46.

80 Lewontin, R. *op. cit.* pp. 85.

81 En este sentido Lewontin coincide con Steven Rose en caracterizar a los sistemas vivientes como sumamente complejos y multivariados. Rose, S. (1998). *Lifelines. Biology, Freedom, Determinism*. Cap IV. Penguin Books. England.

82 *Ibid.* pp. 93.

como más tarde explicaré – , es clara la diferencia en cuanto al grado de complejidad o indeterminabilidad que presentan los fenómenos biológicos con respecto a otras disciplinas como la química o la física, en donde esta metodología mecanicista – reduccionista ha registrado numerosos éxitos, ya que en estas últimas disciplinas las leyes con que se rigen presentan una generalidad absoluta, es decir, el mundo en este caso es altamente homogéneo, la ley de gravedad o las leyes de la termodinámica, por ejemplo, son aplicables en cualquier lugar y actúan sobre cualquier objeto lo que permite predecir con suma exactitud sus resultados, y por lo tanto, segmentar el fenómeno con relativa facilidad dándole un contenido propio a cada parte, ya que constituyen hasta cierto punto sistemas sencillos y lineales. Si a un dispositivo mecánico se le extrae una parte importante de este, se puede entender claramente su función dentro del todo sin necesidad de ir más allá, de tal manera que si le vuelve a introducir la parte al dispositivo vuelve a funcionar igualmente. En el caso de los sistemas vivos la existencia de múltiples variables que los afectan y la contingencia temporal hacen de ellos objetos de difícil determinación; en este mismo sentido si yo altero alguna parte de un organismo, no se a ciencia cierta que repercusiones pueda traer en conjunto, - variaciones que pueden ir desde un cambio fisiológico, un cambio del estilo de vida o hasta la muerte -. Para Steven Rose, *“los sistemas vivientes incluyen muchas variables interactivas. Ni los parámetros son rígidos, ni las propiedades lineales. El mundo vivo es altamente heterogéneo. La metodología reduccionista es útil en la química, por ejemplo, porque (hasta donde se sabe) el mundo químico es el mismo en todas partes. En el mundo vivo, la excepción es casi siempre la regla”*<sup>83</sup>. Así, pues, las partes se presentan en función y con respecto al todo, ya no se presentan como ontológicamente anteriores sino como agentes interactuantes.

De esta manera, para Lewontin *“en biología preguntarse para que sirve algo no es como en el análisis de las partes de un motor o de un reloj. En este último caso, todas las funciones son conocidas de antemano y es seguro que todas las partes internas tendrán una u otra de esas funciones. En el caso de los seres vivos, hay naturalmente funciones generales comunes como el movimiento, la respiración y la reproducción, pero también muchas funciones particulares que son peculiares a las diversas formas de vida y que no es posible conocer de antemano”*<sup>84</sup>. Además siguiendo este mismo argumento, esta excesiva creencia en la funcionalidad de las partes, no es en todos los casos fácilmente justificada, ya que muchas de las características morfológicas que se observan en un organismo, son en algunos casos residuos sin ninguna función específica que se han ido heredando a lo largo de las generaciones<sup>85</sup>.

Para el proyecto reduccionista con su expresión contemporánea: el *“reduccionismo genético”* - y quizá aquí es donde radique su mayor éxito –, reduce la complejidad e indeterminabilidad biológica, sometiendo a la realidad a un cuadro de relaciones causales predeterminables jerarquizando distintos niveles de interacción mediante un examen analítico exhaustivo, en donde cada nivel entre más elemental sea, justifica los distintos órdenes de complejidad mediante la mera suma aditiva. Es decir, el reduccionismo ontológico *“postula que para comprender el todo es necesario analizarlo en sus*

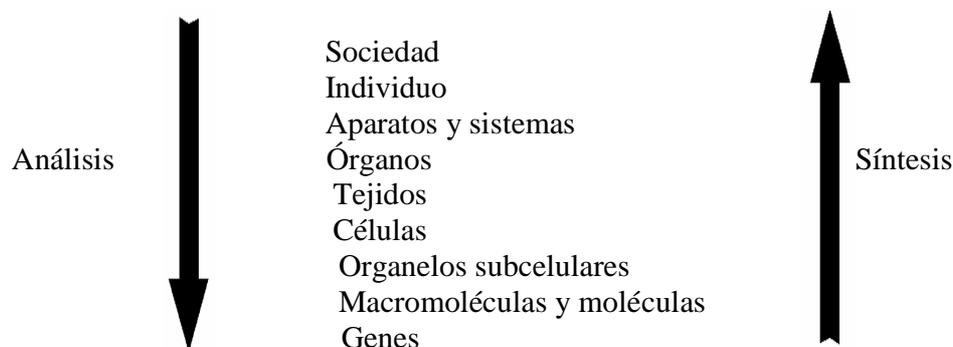
---

83 Rose, S. *op. cit.* pp. 79.

84 Lewontin, R. *op. cit.* pp. 95.

85 En este punto existe todo un debate acerca de si las partes orgánicas son producto de un proceso estricto de adaptación o si algunas características son simplemente consecuencias epifenoménicas de modificaciones que han registrado las especies a lo largo de su evolución. Los trabajos de S. J. Gould; N. Eldredge y el mismo Lewontin analizan ampliamente el tema.

componentes, y cada uno de ellos a su vez en sus partes constitutivas, y así hasta llegar al nivel inferior de organización de la materia”<sup>86</sup>, pero a partir de aquí de manera ascendente ir explicando cada nivel superior hasta entender el todo. Estos niveles jerárquicos podrían esquematizarse de la siguiente manera:



Donde cada nivel es reducible al nivel más básico hasta llegar a la quintaesencia causal de cada uno de ellos. Según John Dupré “una exposición clásica de este tipo de reduccionismo es el que proponen Oppenheim y Hillary Putnam (1958). Ellos proponen una clasificación jerárquica de los objetos, donde los objetos de cada nivel son compuestos enteramente de entidades del siguiente nivel más bajo”<sup>87</sup>. Esta reducción epistémica la visualiza Lewontin de la siguiente forma, “la concepción reduccionista del mundo que domina nuestro estudio de la naturaleza generalmente se desarrolla en dos fases: primero se da un procedimiento analítico con un movimiento que va de arriba abajo y que segmenta el todo en las partes que lo constituyen, luego viene una fase de síntesis en la que se descubren las relaciones causales entre las partes”<sup>88</sup>. De tal forma que “la investigación biológica, parte generalmente de un proceso sintético con un movimiento que va de abajo arriba y en el que los objetos y los fenómenos se ven como partes”<sup>89</sup>.

Esta clara segmentación de los sistemas vivos en niveles de organización diferentes no deja de presentar varios problemas de fondo. Si desde un punto de vista metodológico, facilita la forma de estudiarlos al delimitar claramente el objeto de estudio, también trae como consecuencia una limitada y fragmentada visión de los procesos biológicos; lo que Mario Bunge llama la “falacia individualista”<sup>90</sup>, es decir, la que consiste en identificar un sistema pasando por alto la estructura, el entorno y el proceso. Es cierto que la naturaleza se expresa de múltiples formas y con distintas características, pero todo dentro de un sistema de relaciones globales que le dan sentido, así, pues, esta forma de parcializar el conocimiento si bien resulta eficiente, también resulta ser insuficiente porque le da un status ontológico independiente a cada nivel, por encima de su relación con los demás niveles. Por ejemplo, con el auge de la biología molecular y la genómica, no es extraño

86 Pérez, T. R. (1991). *Ciencia, ética y Sociedad*. El Colegio Nacional. México. pp. 90.

87 Dupré, J. (2000). Reductionism, en Newton-Smith. W. H. “*A Companion to the Philosophy of Science*.” Blackwell Publishers. USA. pp. 402.

88 Lewontin, R. *op. cit.* pp. 93.

89 *Ibid.* pp. 94.

90 Bunge, M. (2004). *Emergencia y convergencia. Novedad cualitativa y unidad del conocimiento*. Gedisa Editorial. Barcelona. pp. 116.

encontrar que los genes tan en boga actualmente no solo expliquen su misma relación funcional, sino que además se asumen como el principio que explica todo lo demás, como el funcionamiento de los órganos, la producción de células, procesos fisiológicos, enfermedades, conductas., etc. Dicho de otra forma, existe la tendencia particular de considerar a los genes “*como las partículas que controlan a los organismos*”<sup>91</sup>.

La tendencia reduccionista de parcializar jerárquicamente a los sistemas vivos trae consigo una serie de problemas a saber, ¿Hasta que punto se puede entender a los organismos partiendo de la subdivisión de sus constituyentes?, ¿Hasta que grado de reducción y simplificación se puede llegar para entender toda una serie de interacciones complejas? y ¿Cada nivel de subdivisión es reducible a otro, o en cada uno se manifiestan propiedades distintas? Estos son algunos de los cuestionamientos más importantes que es necesario analizar. Cuando una estructura biológica se examina en forma exhaustiva sus propiedades funcionales pueden caer en uno de estos dos grupos:

- a) aquellas que son deducibles a partir de las características de cada uno de sus componentes elementales, que se conocen como propiedades resultantes, y
- b) otras que surgen de manera no previsible y pertenecen por completo al nivel de organización biológica representado por X, que se denominan emergentes<sup>92</sup>.

Es precisamente a partir de estas dos posturas en las que tanto reduccionistas como holistas afinarán sus puntas de ataque. Para los reduccionistas como Max Perutz, Richard Dawkins, James Watson, Linus Pauling, Edward O. Wilson o Jacob Moleschott entre muchos otros la reducción teórica no solo es posible, sino que representa la actividad primordial de la ciencia. Frases como “*el cerebro segrega pensamientos como el riñon segrega orina*” y “*el genio es cuestión de fósforo*” de Moleschott, por ejemplo, o el “*solamente reconozco átomos*” de Watson,<sup>93</sup> son una prueba evidente de que la complejidad biológica puede ser interpretada a partir de la reducción de sus elementos mas básicos. Para los reduccionistas a ultranza la actividad básica de la ciencia es ir simplificando cada vez más los diversos objetos de estudio hasta llegar a una ciencia lo más unificada posible, más reducida a los principios básicos de todo el árbol de la vida.

En este sentido, una corriente fuertemente reduccionista que tuvo su auge a principios del siglo XX, a la par de los avances que en biología molecular se tenían, fue el Fisicalismo; impulsado principalmente por los físicos Max Delbrück y Erwin Schrödinger, para los cuales algunas de las principales propiedades de lo vivo, sobre todo las asociadas con la estructura molecular podían ser deducidas a partir de la física y la química tradicionales<sup>94</sup>. A partir de aquí la reducción de la biología a aspectos cada vez más

---

91 Rheinberger, H. J. *op. cit.* pp. 303.

92 Tomado de Pérez, T. R. “*Ciencia, Ética y Sociedad*”. pp. 94.

93 Rose, S. *op. cit.* pp. 82 y 88.

94 A esto añade Victor Díaz y Aracelis Calzadilla en *El Reduccionismo, Antirreduccionismo y el Papel de los Enfoques y Métodos Generales del Conocimiento Científico*. Revista Cinta de Moebio, septiembre, num. 11. Universidad de Chile. (2001); que “el fisicalismo es la concepción del carácter monofundamental de la ciencia que afirma que solo la física posee el carácter fundamental global. Como se conoce, en la historia de las ciencias naturales han pretendido realmente el estatuto de ciencias fundamentales tres disciplinas: la física, la química y la biología. Como resultado del desarrollo de la física y de la creación de la mecánica cuántica, el problema del estatuto fundamental de la química, recibió una resolución denegatoria. Esto solo quiere decir que los conceptos y leyes fundamentales de la química han tenido una explicación física”.

circunscritos en el terreno físico y químico se constituía más fuertemente. Dicho en otras palabras, la escala epistemológica podía ser reducida al conocimiento de las partes subatómicas <sup>95</sup>. Pero como dice Pérez Tamayo “*hasta donde yo sé, ninguna teoría biológica general, como la teoría celular, la teoría microbiana de la enfermedad o la teoría de la evolución, han sido expresadas en términos puramente químicos, y mucho menos físicos*” <sup>96</sup>. Y esto precisamente por la propiedades emergentes que subyacen en los distintos niveles de complejidad biológicas.

Son estas propiedades emergentes las que retoman los holistas o biólogos organicistas para refutar a los reduccionistas y su creencia en que cada nivel de interacción es posible explicarlo a partir del nivel de interacción inferior. Estas propiedades emergentes son básicamente propiedades que son irreducibles a sus partes, entendiéndose por partes, precisamente un nivel inferior de explicación. Por ejemplo, un órgano como el corazón puede ser plenamente explicado a partir de la estructura celular de que se constituye y así sucesivamente hasta desembocar en los genes. Los biólogos organicistas o sistémicos anteponen a esta creencia reduccionista, la idea de que “*las explicaciones mecanicistas nunca pueden llegar a capturar la compleja organización jerárquica de los seres vivos*” <sup>97</sup>. En efecto, el biólogo no reduccionista recurre a las propiedades emergentes como aquellas que se derivan a partir de cada nivel de complejidad y que no pueden ser deducidas de niveles inferiores, ellos no “*solo reconocen que hay explicaciones distintas para cada nivel de organización, sino que se comprometen con la idea de que esos niveles de organización tienen una existencia real*” <sup>98</sup>. Un claro ejemplo de esta problemática se ve expresado claramente en la existencia de la mente, que desde luego no puede predecirse ni por el estudio exhaustivo y detallado de las células, moléculas y átomos que constituyen el cerebro.

Un problema que se origina de la organización jerárquica de los distintos grados de funcionamiento de un sistema vivo, es que las distintas partes y niveles que se suscriben al fenómeno en cuestión, si bien presentan propiedades emergentes irreducibles a sus elementos esenciales, también se encuentran interrelacionados horizontal y verticalmente. Tanto átomos, como genes, moléculas u órganos si bien no son lo mismo, si se imbrican constitutiva y funcionalmente. Los huesos, por ejemplo, “*tienen la función de dar rigidez al cuerpo y sostén a los músculos, pero también son los lugares en donde se acumula el calcio, y la médula ósea es el tejido en cuyo seno se producen los nuevos glóbulos rojos. Según el enfoque que se adopte, los “huesos” pueden considerarse como elementos estructurales macroscópicos, como conjunto de células que segregan calcio, o bien como tejido embrionario del sistema circulatorio*” <sup>99</sup>; siendo claro que ninguno de estos posibles enfoques reducen teóricamente a los otros.

---

95 A esto se deduce según John Dupré, “de que dos grandes motivaciones pueden ser discernidas de dicha concepción reduccionista de la ciencia. La primera de ellas es la opinión de que la historia de la ciencia ejemplifica hechos de reducción entre sus mayores logros. Segundo, la responsabilidad de que el reduccionismo, puede estar basado en una discusión filosófica a priori dada la creencia común de todos los científicos y filósofos de que todo lo que hay está compuesto enteramente de partículas físicas elementarías y la idea de que la conducta de estas partículas está completamente descrita por leyes al nivel más básico”. Newton-Smith, W. H. *op. cit.* pp. 402.

96 Pérez, T. R. “*Ciencia, Ética y Sociedad.*” *Op. cit.* pp. 93.

97 Martínez, S; Barahona, A. (comp.) (1998). *Historia y explicación en Biología.* UNAM. F. C. E. México. pp. 365.

98 *Ibid.* pp. 365.

99 Lewontin, R. *op. cit.* pp. 92.

Aquí es necesario hacer una distinción; si bien, a los reduccionistas se les puede achacar su incapacidad para comprender la unidad de la vida bajo su lógica de investigación, también es importante decir, que esta estrategia metodológica reduccionista se ha granjeado innumerables éxitos por su gran capacidad de sistematización y ordenación de los fenómenos complejos, incluso, despejando de la ciencia misma, principios explicativos fuertemente teleológicos o místicos como el término de “*fuera vital*”, usado por la corriente vitalista, al no poder justificar científicamente los principios básicos del funcionamiento de los organismos, y sobre todo porqué ha permitido a la ciencia avanzar considerablemente; ¿Pero esta fragmentación jerárquica y primordial de los sistemas orgánicos obedece a un esquema epistemológico de cómo estudiamos la naturaleza?, o ¿Realmente estos ordenamientos corresponden ontológicamente a una organización distinta de la materia?<sup>100</sup>

La necesidad humana de explicar el mundo – y de aquí que se asuman lógicamente límites -, no implica que los alcances y limitantes que presenta la ciencia, en este caso reduccionista, se proyecten a la realidad misma pretendiendo verla como un reflejo de lo que el científico espera. La diversidad epistemológica es necesaria en principio porque facilita el conocimiento, la misma división de áreas específicas en biología como – genética, fisiología, ecología – son un reflejo de ello, cada una de estas disciplinas se enfocan a órdenes distintos del fenómeno biológico, es decir, emergentes; pero cada área debe ser vista en función de lo que la biología misma es, como la ciencia que estudia la vida en su conjunto, con toda la gama de sus manifestaciones, más aún, si como ha señalado Rheinberger; en la ciencia, y en particular caso en la biología molecular, se ha trabajado históricamente con conceptos confusos prestados de otras disciplinas y con distintas implicaciones polisémicas<sup>101</sup>. De lo contrario, optar por un reduccionismo a ultranza eliminaría las mismas áreas del conocimiento, derrumbando de tajo todo el edificio en el que se sustenta la biología; dicho en otras palabras, si cada nivel inferior de organización y funcionamiento de la materia explica el subsecuente estrato, entonces, para qué existen tantas escalas epistemológicas. Si lo macroscópico puede reducirse a lo microscópico, entonces, eliminemos todas aquellas manifestaciones que tienen que ver con niveles superiores de organización celular, la conducta puede ser entendida en términos de la fisiología, pero a su vez esta puede ser reducida a la biología celular y molecular, que a su vez se puede explicar perfectamente a partir de los genes. De tal suerte, que al final nos quedaría una única y gran ciencia “*la Genómica*”.

De esta manera, no se debe confundir la relativa simpleza mal formulada de una estrategia metodológica con la complejidad biológica per se, pues se puede distorsionar las explicaciones ofrecidas en biología. Para Lewontin “*los límites metodológicos de los experimentos se confunden con las explicaciones correctas de los fenómenos. La tesis que muchos sostienen, según la cuál son los genes los que determinan las características de los organismos, nace de la facilidad con que pueden producirse importantes modificaciones genéticas en el curso de los experimentos, y así mismo, de las dimensiones de los efectos que estas modificaciones producen en los objetos de estudio*”<sup>102</sup>.

---

100 Rose, S. “*Lifelines. Biology, Freedom, Determinism*” pp. 85.

101 Rheinberger, H. J. (1997). *Toward a history of epistemic things : synthesizing proteins in the test tube*; Stanford University. Stanford. California. pp. 219-236.

102 Lewontin, R. *op. cit.* pp. 92.

Otra de las insuficiencias que se producen al optar por una metodología reduccionista en biología, es que al estar los organismos en constante interacción con su medio, estos van cambiando continuamente de condición, no hace falta mencionar la tesis evolucionista de especiación para entender que un cambio en el medio puede originar transformaciones radicales en un organismo; la característica principal de los seres vivos es que son agentes activos, interactuando directa e indirectamente con su medio y no entes pasivos que solo reciben los estímulos del exterior. Eso los hace extremadamente variantes en cuanto a su constitución y forma de vida, además, de que los vuelve sujetos temporales que van registrando cambios continuamente, lo que sugiere que para poder entender a los organismos es necesario conocer su historia para no correr el riesgo de objetivarlos o estatizarlos, dejando fuera todos sus procesos dinámicos que los caracterizan. Incluso este dinamismo propio de los organismos trasciende hasta el nivel genético, los genes en este caso, no sólo se deben de dejar de considerarlos en este caso como la unidad fisico-química causal por antonomasia, sin necesidad de ser determinados desde el exterior, “*sino que los genes mismo son unidades emergentes resultado de procesos interactivos en las poblaciones. Una vez que es posible mostrar que los genes son producto de las poblaciones, el reduccionismo se vuelve evidentemente vacío de todo contenido*”<sup>103</sup>.

A su vez esto implica que tanto los organismos como el ambiente no sean entes separados ontológicamente los unos de los otros, ni que la relación de causa – efecto sea unidireccional, sino que lo que se establece es una relación dialéctica entre organismo y ambiente, de tal suerte que el organismo es afectado por su medio pero también el mismo propicia las condiciones de lo otro; y el medio al ser también un proceso dinámico es también afectado. Bajo esta perspectiva tanto las partes como el todo tienen una coordinación funcional y no de subsunción. “*En Biología, no podemos escapar a la relación dialéctica entre partes y todo; antes de poder reconocer partes significativas, debemos definir el todo funcional integrado por aquellas, luego reconoceremos topologías muy diferentes unas de otras que dependen de aquello que estamos tratando de explicar*”<sup>104</sup>.

#### **II. 4. La propuesta del holismo.**

Desde el punto de vista del holismo la naturaleza es más que la mera suma de sus partes, algo más se agrega a la estructura total, de tal forma que no puede predecirse ni explicarse partiendo únicamente de sus componentes segmentados. Bajo esta visión, la vida se presenta unificada dejando atrás la fragmentación producto de la visión reduccionista. Pero de la misma manera, si retomamos el planteamiento ya trabajado de que la naturaleza en sí representaba un problema para la ciencia reduccionista debido a su intento de simplificar y atomizar lo que en sí se presenta de manera compleja, el holismo al abarcar toda esta gama de relaciones multivariadas y contingentes no queda fuera de este gran reto. Más aún, si el principio de esta postura filosófica es apostar por estudiar a la naturaleza sin recurrir a mecanismos que la transfiguren.

Así como dentro del reduccionismo ontológico podemos distinguir dos tendencias generales; por un lado, los científicos reduccionistas a ultranza o radicales que creen que

---

103 Rheinberger, H. J. *op. cit.* pp. 307.

104 *Ibid.* pp. 95.

todos los fenómenos orgánicos pueden y deben ser explicados a partir de sus constituyentes más elementales sin más, o que todo puede ser reducido a los principios básicos. Por otro lado, existen también los científicos <sup>105</sup> que si bien creen que la naturaleza es necesario segmentarla para estudiarla más a fondo, no creen que todo se reduzca a estudiar los elementos constitutivos, dejando fuera los demás órdenes de complejidad biológica. De la misma manera dentro del holismo podemos deducir – a reserva de que alguien identifique más – dos tendencias. En primer lugar, tenemos que existe desde su origen una conexión estrecha entre el holismo y el vitalismo corriente que se remonta formalmente a finales del siglo XVII y principios del siglo XVIII con otro nombre (“animismo”), en la ciudad alemana de Halle, en Sajonia, cuyo mejor exponente lo encontramos en la figura de Georg Ernst Stahl, (1659 - 1734) <sup>106</sup>. Curiosamente si revisamos las fechas históricas, vemos que el vitalismo surgió precisamente como respuesta al reduccionismo – mecanicismo que por ese entonces empezaba a tener cierto auge; incluso, entre los debates más importantes que sucedieron a lo largo de la historia de la ciencia, la caracterizaron precisamente las posturas ideológicas de los vitalistas contra la de los mecanicistas. De hecho, existe la tesis de que esta disputa que tuvo su punto de origen en el siglo XVII, mantiene una relación parental en la actualidad entre la discusión entre reduccionistas y no reduccionistas en torno a la respectiva viabilidad de cada programa de investigación <sup>107</sup>.

Este holismo – vitalismo, contenía una fuerte carga y orientación teleológica en sus presupuestos, ya que proponía un “*impulso vital*” que en cierto sentido era el motor interno que dotaba a los animales y plantas de vida y los hacía realizar todas sus funciones. Ruy Pérez Tamayo opina en este sentido “*la conexión entre el holismo y el vitalismo es perfectamente natural: al renunciar a la posibilidad de explicar los fenómenos naturales en función de los elementos constitutivos y materiales que contribuyen a ellos, resulta mandatorio postular un principio inmaterial que lo haga*” <sup>108</sup>. Sin embargo, este holismo – vitalismo no goza de gran éxito debido a lo poco analítico de sus presuposiciones, y no es el caso del holismo que en este caso nos interesa.

Podemos ubicar, en este sentido, otra postura existente en torno al holismo, el cual dejaría de lado explicaciones de carácter animista o enteléquicas, para sustentarse en principios lógicos e integralistas de los procesos biológicos. Este holismo orientado hacia el análisis de sistemas complejos, a su vez que asume la postura dialéctica de entender a la naturaleza en función del flujo existente en los distintos componentes que constituyen el objeto de lo vivo. Sin embargo, con el fin de no caer en fórmulas fáciles tampoco, veamos qué nos ofrece este holismo sistémico – dialéctico con respecto a su propuesta de entender la biología.

Si entramos, entonces, a considerar que el todo no se explica a partir de la suma de sus partes aisladas, ni que ninguna de estas partes por muy elemental que sea tiene la primacía de reducir teóricamente a las demás y al todo en sus generalidad; también es necesario considerar que si definimos el “*todo*” sin recurrir a una serie de determinaciones por

---

105 En este caso el empleo del término reduccionista es delicado, porque un científico puede hacer uso de métodos analíticos como medir para llegar a estudiar un fenómeno, sin necesidad de ser abiertamente reduccionista. Lo reduccionista o no de una labor científica, creo yo tiene más que ver con como se interpreta el fenómeno de la vida.

106 Pérez, T. R. “*Ciencia, Ética y Sociedad*”. pp. 99.

107 García-Deister, V. (2002). *Explicación y estrategias de investigación en la biología del desarrollo*; Tesis de Licenciatura (Biólogo) – UNAM, Facultad de Ciencias. México.

108 *Ibid.* pp. 98.

mínimas que estas sean caeremos en un problema no solo epistemológico, sino de conceptualización. Así como es necesario definir el todo que estemos estudiando para entender el funcionamiento de las partes; es decir, sólo en relación al todo las partes cobran sentido, de la misma manera el todo se entiende a partir de la interacción de las partes debidamente integradas. No hay individuos no relacionados, como tampoco hay relaciones que no contemplen a los individuos. De tal forma, si asumimos al holismo ontológico sin tomar en cuenta estas consistencias lógicas, de la misma manera que un reduccionista ciego arrastraremos también en una visión parcializada de la realidad, arrastrando como consecuencia una incapacidad teórica, metodológica y conceptual de entender la naturaleza.

La postura sistémico – dialéctica de los procesos biológicos, ofrece, pues, una mejor valoración al momento de entender problemas de carácter global, y es a su vez la forma holística mejor capacitada para abordarlos, ya que incluso, dentro de esta perspectiva holista, el reduccionismo mismo, cobra su debida importancia, al brindarle las herramientas analíticas necesarias para llevar a cabo un trabajo científico de amplias miras. *“Una totalidad es tal porque está compuesta por partes interrelacionadas; no hay partes aisladas. Por consiguiente, el reduccionismo y el holismo contienen, cada uno, una pizca de verdad”*<sup>109</sup>. Esta unidad funcional se distingue por contemplar los distintos niveles epistémicos que se derivan del estudio de los seres vivos, tomando en cuenta los procesos y las relaciones que de ellos se derivan, a diferencia del análisis reduccionista el cuál solo reconoce partes componentes ontológicamente aisladas, que determinan causalmente a las otras tantas que se derivan de ellas.

Sin embargo, también en este caso podría objetarse al holismo que a pesar de ser una crítica cierta, tampoco se resuelve ni se propone nada con solo mencionar estas propiedades irreductibles. Como menciona Ruy Pérez Tamayo, *“el problema con el concepto de propiedad emergente es que en realidad no explica nada; simplemente, identifica a los fenómenos propios de cada nivel de organización biológica que no son explicables a partir de sus componentes”*<sup>110</sup>. En esta tónica, se entiende que si el reduccionismo ha triunfado y se ha mantenido tan vigente hasta la actualidad, se debe en gran parte a que ha tenido bien o mal, la capacidad de resolver problemas permitiendo el avance de la ciencia moderna. Según las propias palabras de Ruy Pérez; *“todos los que hacemos investigación sabemos que los problemas susceptibles de reducción analítica son aquellos en los que se progresa mejor y más rápidamente; en cambio, las propiedades emergentes son precisamente aquellos fenómenos que todavía no podemos simplificar, analizándolos en sus distintos componentes, por lo que se han tardado más en ingresar a la agenda de los investigadores”*<sup>111</sup>. Sin embargo, no se trata de desechar, ni de negar, el lugar legítimo que le corresponde al reduccionismo bien formulado en la ciencia y en la Biología; sino lo que se discute es que se extralimite la capacidad reductiva de analizar e interpretar los problemas; bien usado el reduccionismo es una herramienta sumamente útil, pero cuando se asume como la forma única de estudiar los problemas, y más allá, como la manifestación propia de la naturaleza, se cae en un error conceptual y metodológico, en una falacia.

La solución, de esta problemática siguiendo a Ruy Pérez en la que se encuentra inmiscuido el aspecto de las propiedades emergentes, está en función de preguntarnos,

---

109 Bunge, M. *op. cit.* pp. 112.

110 Pérez, T. R. *“Ciencia, Ética y Sociedad”*. pp. 94-95.

111 *Ibid.* pp. 95.

¿Qué es lo que queremos saber?, ¿A qué nivel? y ¿Para qué?<sup>112</sup>. Lo cual, desde luego, implica estar consciente y tener una visión amplia de la problemática en cuestión, ya que si no, podemos simplemente estar realizando trabajo científico sin una noción clara de lo que conlleva dicha labor; limitándonos a reproducir esquemas hegemónicos y tradicionales que también contienen una fuerte carga ideológica. El holismo orientado hacia lo sistémico y dialéctico, lo que permite es poder integrar procesos y relaciones que se asemejan más a como se dan en la naturaleza; si el reduccionismo no es capaz de abordar las propiedades emergentes, es porque no toma en cuenta estos procesos de integración, sino lo que hace es tratar de derivar un fenómeno de otro, sin tomar en cuenta todo un cúmulo de variables que emergen en cada nivel. Ante esta complejidad de los sistemas vivos la propuesta holista toma en cuenta todas las posibles vertientes de un problema, ubicando perfectamente el nivel de estudio al que se esté trabajando, para así poder tomar en cuenta otras estrategias metodológicas que enriquezcan la explicación del fenómeno; solo en este sentido el holismo se vuelve una alternativa viable en Biología y desde luego también, haciendo uso de la multi – e interdisciplinariedad.

Tomando en cuenta que de lo que se trata en biología más que el estudio de las partes aisladas, es el estudio de los procesos y de las relaciones que suceden dentro y fuera de los organismos con su medio, ya que de ellas emerge toda la riqueza biológica que caracteriza el fenómeno de lo vivo. En este sentido, si se toma en cuenta esto, desde luego que se puede tener un acercamiento más profundo del papel que juegan las mismas partes dentro de la intrincada red de relaciones biológicas. *“En particular, por la definición misma de “relación”, no hay relaciones sin elementos relacionados. Más aún, toda entidad emerge y se desarrolla en interacción con otras entidades. Esto es válido para personas tanto como para moléculas, células y otras entidades concretas”*<sup>113</sup>. Dichas relaciones que se establecen en fenómenos biológicos no solo se pueden dar a mismos niveles epistémicos, es decir, las relaciones no solo se pueden dar de lo macro a la macro o de lo micro a lo micro, sino que la interacción también puede ocurrir en términos de lo macro a lo micro y viceversa; eliminándose con ello la visión sesgada reduccionista de que lo micro determina lo macro, y por otra parte, la perspectiva holista radical de que lo macro determina todo lo micro.

Lo que se establece son relaciones orgánicas y sistémicas en la que todas estas variables afectan y a su vez son afectadas a un determinado nivel dependiendo del suceso concreto. La falacia de un holismo ontológico establecería que la prioridad del todo es incuestionable y supondría del mismo modo la imposibilidad de descomponerlo, lo que nos llevaría a una paralización de los esfuerzos científicos; tendríamos que recurrir a una *“intuición filosófica”*, para poder acceder al fenómeno mismo. La concepción holista sistémico – dialéctica rebasa por mucho esta incapacidad conceptual, proponiendo que tanto el todo como las partes van de la mano estableciendo un sistema funcional de cambios y procesos en un espacio y tiempo. De ahí, que un cambio en una parte puede causar un cambio cualitativo en el todo y viceversa, por ejemplo, una modificación o malformación en la producción de una proteína puede desencadenar un cáncer y propiciar la muerte del individuo; pero por otro lado, al ingerir elementos dotamos a cada célula del organismo de los nutrientes necesarios para que lleven a cabo su función adecuadamente. Desde luego que estos niveles de interacción pueden variar en cuanto al grado de importancia; pensemos

---

112 *Ibid.* pp. 91-92.

113 Bunge, M. *op. cit.* 116.

en una relación mutualista o simbiótica en ecología en donde dos organismos se encuentran estrechamente vinculados, de tal manera, que cualquier modificación interna de uno de ellos podría repercutir directamente en el otro, provocando en dado caso una reacción inmediata. Pero también, se da el caso concreto de dos organismos que a pesar de cohabitar el mismo nicho ecológico sus vidas no se intersectan o por lo menos no se afectan demasiado, pensemos tal vez, en un roedor y una mariposa, sin perder de vista desde luego, que son partes componentes y activos del ambiente.

Este enfoque sistémico “*afirma que todo, sea concreto o sea abstracto, es un sistema o componente de uno o más sistemas y que todo sistema posee propiedades sistémicas o emergentes. Analiza los sistemas teniendo en cuenta su composición, entorno y estructura*”<sup>114</sup>. Así, pues, esta visión integral de la biología es necesaria y constituye una forma más completa y real de entender los problemas que se presentan, ya que si somos estrictos ningún fenómeno en la naturaleza se presentó de manera aislado, todo se presenta enmarcado dentro de un contorno situacional; y este mismo entorno, pertenece a un nivel de orden superior al de la cosa en cuestión, con lo cual ningún componente constitutivo por muy básico que sea se escapa a la interacción con otros agentes, ni los genes mismo se encuentran aislados, sino que es a partir de su combinación que codifican algo. Digámoslo de otra manera, “*conocer lo que hace un gen en particular es conocer como interactúa con otros genes y qué proteínas contribuye a sintetizar o qué función regula*”<sup>115</sup>. O como dice Kathleen McAfee, “*lo que llamamos “genes” tienen diferentes funciones en diferentes contextos..... Un corolario importante es que los organismos con genomas idénticos, alterados genéticamente o no, se desarrollarán y comportarán diferente en diferentes lugares o bajo diferentes condiciones*”<sup>116</sup>. Esta misma idea atraviesa en sí todos los niveles biológicos como lo expresa Lewontin de la siguiente manera; “*las relaciones entre genes, organismo y ambiente son recíprocas en las que los tres elementos constituyen tanto causas como efectos. Genes y ambiente son causas de los organismos, que a su vez son causas de los ambientes, de manera que los genes llegan a ser también ellos causas del ambiente mediato de los organismos*”<sup>117</sup>.

De esta manera, pues, esta discusión constituye uno de los aspectos más importantes en tomar en cuenta en biología, ya que a partir de la definición de estas posturas filosóficas podemos entender mejor nuestro quehacer como biólogos y nuestra capacidad para abordar los problemas que se nos presentan. Con esto quiero pasar a tratar ya en un aspecto concreto y central de esta tesis como lo es el académico, cómo es que toda esta problemática tratada en estas páginas tiene una conexión real con la forma actual de concebir la biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM, y así poder determinar cuales son los criterios bajo los cuales se enseña la biología.

---

114 *Ibid.* pp. 142.

115 *Ibid.* pp. 171.

116 McAfee, K. (2003). *Neoliberalism on the molecular scale. Economics and genetic reductionism in biotechnology battles*. Geoforum. 34 (2003). pp. 205.

117 Lewontin, R. *op. cit.* pp. 115.

## **Capítulo III. La vigencia de el reduccionismo en la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM.**

### **III. 1. Origen y desarrollo de la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias.**

La enseñanza formal de las ciencias exactas se inició en México con la creación de la Escuela de Altos Estudios en 1908, uno de cuyos objetivos era el de formar profesores y especialistas de alto nivel para atender los diversos campos de la enseñanza y la investigación. La reorganización de la educación fue promovida por el maestro Justo Sierra, entonces Ministro de Instrucción Pública; por ello la Escuela de Altos Estudios se integró a la Universidad en 1910 ampliando sus estudios en 3 secciones:

- 1) la de Humanidades, que comprendía lenguas vivas y clásicas, literatura, filosofía, pedagogía, psicología, ética, estética, y filosofía e historia de las doctrinas filosóficas.
- 2) de Ciencias Exactas que incluía a las matemáticas, la química y al biología.
- 3) de Ciencias Sociales, que se componía de las ciencias políticas y jurídicas.

Posteriormente, en 1924 la Escuela de Altos Estudios pasa a ser la Escuela de Estudios Superiores, que queda integrada con dos secciones: la de Humanidades con las especialidades de filosofía, letras, historia y antropología, y la de Ciencias Exactas con especialidades en física, matemáticas y biología<sup>118</sup>.

Es a partir de haberse promulgado la Ley Orgánica de 1929, conocida como Ley de Autonomía Universitaria en que la Universidad de México entró a un período de reorganización y reestructuración, y a petición de la Escuela de Estudios Superiores que presentó la primer solicitud de modificación de planes de estudio, fue creada la Facultad de Filosofía y Letras; albergando dentro de ella la sección de Ciencias, donde se concedían los grados de Maestro y Doctor en Ciencias Exactas (Matemáticas), Ciencias Físicas y Ciencias Biológicas. En 1930 los estudios en biología estaban orientados a la preparación de profesores para escuelas secundarias y preparatorias, aunque se tomaba en cuenta la investigación científica, esta labor fue creciendo paulatinamente y fue precisamente en biología donde se hicieron las primeras investigaciones en la Universidad de México, como resultado de esto se fundó un Instituto dedicado a las Ciencias Biológicas<sup>119</sup>, el 10 de julio de 1929, cuyo artífice principal fue el Dr. Isaac Ochotorena, al que incorporó la obra que venía realizándose desde 1888 en la Dirección de Estudios Biológicos.

En 1934 la Universidad volvió a organizarse y se formaron dos facultades: la de Ciencias Médicas y Biológicas, y la de Ciencias Físicas y Matemáticas, que quedan integradas a la Facultad de Filosofía y Letras. Un año después las escuelas profesionales recobraron su autonomía, sólo que la carrera de Biología nuevamente se incorporó como Departamento a la Facultad de Filosofía y Letras, mientras que las carreras de Físico y Matemático se separaban y formaban una escuela aparte.

---

118 Tomado del “*Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la licenciatura de Biología*”. Tomo I. UNAM. 1996. pp. 43-44.

119 Consultar en Antecedentes del Plan de Estudios. FES Zaragoza. UNAM. 1980. pp. 1.

A mediados de 1938 se hicieron gestiones para la incorporación de los estudios biológicos a la nueva escuela. La carrera de biólogo quedó debidamente incorporada a principios de 1939 y la escuela de Ciencias pasó a ser facultad <sup>120</sup>, iniciando sus labores el 2 de enero de 1939. En ese mismo año se aprobó el plan de estudios del Departamento de Biología.

Así la Universidad con la nueva Ley Orgánica aprobada y publicada en 1945 se estructuraba con dos facultades, la de Filosofía y Letras y la de Ciencias, y las escuelas nacionales de Jurisprudencia; Economía; Comercio y Administración, Medicina; Enfermería y Obstetricia; Odontología; Medicina Veterinaria y Zootecnia; Ingeniería; Ciencias Químicas; Arquitectura; Artes Plásticas; Música y la Nacional Preparatoria integraban el elenco de planteles docentes, a los que se sumaban los institutos de Matemáticas; Física; Química; Geología; Geografía; Biología; Estudios Médicos y Biológicos; Investigaciones Sociales; Investigaciones Históricas; Investigaciones Estéticas; Centro de Estudios Filosóficos; el Observatorio Astronómico Nacional y la Biblioteca Nacional, todos estos con un renovado impulso a partir de la creación de las coordinaciones de Investigación Científica y de Humanidades<sup>121</sup>.

De 1939 a 1953, el Departamento de Biología funcionó primero en la Casa del Lago del Bosque de Chapultepec y después en un edificio situado en el número 115 de la calle de Ezequiel Montes, en la Ciudad de México. En 1954, el Departamento de Biología se trasladó a las nuevas instalaciones de la Facultad de Ciencias, en Ciudad Universitaria<sup>122</sup>, la cuál entró en función el 5 de marzo de ese mismo año.

En 1966, se aprueba la penúltima modificación de los planes de estudio de la Facultad de Ciencias de las carreras de actuario, biólogo, físico y matemático. Y en 1977, la Facultad de Ciencias se muda de lugar, dejando el espacio que ocupaba, en donde actualmente se ubica la Torre II de Humanidades y se pasa al espacio que hoy ocupa, en el circuito exterior de la Ciudad Universitaria. La última modificación realizada al plan de estudios de la licenciatura de Biología de la Facultad de Ciencias es aprobada por el H. Consejo Técnico en su sesión del 20 de abril de 1995, así como la incorporación de las modificaciones en sus sesiones del 7 de diciembre de 1995 y el 18 de enero de 1996, dando origen así al actual Plan de Estudios.

### **III. 2. La vigencia actual del reduccionismo en la Facultad de Ciencias de la UNAM.**

Retomando así el objetivo central de esta investigación, la cuál está encaminada a demostrar el grado de vigencia del reduccionismo en el contenido y la forma de la enseñanza de la biología actual en la UNAM. Tomaré para ello, como base de mi investigación los dos últimos planes de estudio de la carrera de biología que se han ejercido en la Facultad de Ciencias, con el fin de realizar un análisis comparativo que permita determinar hasta qué punto la forma reduccionista de concebir la biología ha estado

---

120 *Ibid.* pp. 1.

121 Ver Domínguez, M. R; en el capítulo "Historia de la UNAM 1945-1970". En *La Universidad de México. Un recorrido histórico de la época colonial al presente*; de Renate Marsiske (coord). Plaza y Valdés Editores. México. 2001. pp. 190.

122 "Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la licenciatura de Biología". Tomo I. UNAM. 1996. pp. 44.

presente y, qué tanto ha cobrado relevancia desde el plan de estudios de 1967 hasta el actual, que viene funcionando desde 1996.

Con el fin de brindar una visión panorámica y esquemática de los dos planes de estudio prestos a analizar se muestra (Tabla 1), un mapa curricular del plan de estudios de 1967 y del plan de estudios de 1996. Por otro lado, para poder apreciar con más claridad los cambios ocurridos con la implantación del nuevo plan de estudios aprobado en 1995 con respecto al anterior, y para poder establecer una comparación más precisa entre los dos planes se muestra a continuación (Tabla 2), una tabla de equivalencias entre dichos planes. Ambas tablas son tomadas de el Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura de Biología. Tomo I.

**TABLA 1.**  
**MAPA CURRICULAR DEL PLAN DE ESTUDIOS DE 1967 Y 1996.**

Clave	Créditos	Asignaturas del plan 1967	Créditos	Asignaturas del plan 1996
<b>PRIMER SEMESTRE</b>				
0484	10	Matemáticas Generales I	10	Biología de Procariontes
0205	18	Física General	14	Filosofía e Historia de la Biología
0643	12	Química General	10	Física
0241	9	Geología	10	Matemáticas I
			10	Química
<b>SEGUNDO SEMESTRE</b>				
0485	10	Matemáticas Generales II	10	Biología de Protistas y Algas
0213	12	Fisicoquímica	10	Biología Molecular de la Célula I
0644	12	Química Orgánica	10	Matemáticas II
0050	12	Biología General I	10	Química Orgánica
			8	Sistemática I
<b>TERCER SEMESTRE</b>				
0041	12	Botánica I	10	Biología de Plantas I
0960	12	Zoología I	10	Biología Molecular de la Célula II
0049	12	Biología Celular	10	Biología Molecular de la Célula III
0055	12	Bioquímica	14	Bioestadística
			6	Ciencias de la Tierra

Clave	Créditos	Asignaturas del plan 1967	Créditos	Asignaturas del plan 1996
		<b>CUARTO SEMESTRE</b>		
0042	12	Botánica II	8	Biogeografía I
0961	12	Zoología II	10	Biología de Animales I
0280	12	Histología Animal	10	Biología de Hongos
0016	12	Anatomía Animal	10	Biología de Plantas II
		Comparada	10	Genética
			10	Paleobiología
		<b>QUINTO SEMESTRE</b>		
0043	12	Botánica III	10	Biología de Animales II
0962	12	Zoología III	10	Biotecnología I
0169	12	Embriología Animal	10	Ecología I
0200	12	Fisiología Animal	10	Optativa
			12	Taller Nivel I
		<b>SEXTO SEMESTRE</b>		
0044	12	Botánica IV	10	Biología de Animales III
0963	12	Zoología IV	10	Evolución I
0040	12	Biofísica	10	Recursos Naturales
0240	12	Genética	12	Taller Nivel 2
0045	12	Biología de Campo I	10	Optativa
		<b>SÉPTIMO SEMESTRE</b>		
0216	12	Fisiología Vegetal	18	Taller Nivel 3
0600	12	Paleontología	20	Optativas
0402	12	Ecología General I		
0051	12	Biología General II		
0052	12	Biología Molecular		
0046	12	Biología de Campo II		
		<b>OCTAVO SEMESTRE</b>		
	45	Optativas	18	Taller Nivel 4
			20	Optativas

TABLA 2.

## EQUIVALENCIAS DE ENTRE LOS PLANES DE ESTUDIO DE 1967 Y 1996

Clave	Créditos	Asignaturas del plan 1967	Créditos	Asignaturas del plan 1996
0484	10	Matemáticas Generales I	10	Matemáticas I
0205	18	Física General	10	Física
0643	12	Química General	10	Química
0241	9	Geología	10	Ciencias de la Tierra
0485	10	Matemáticas Generales II	10	Matemáticas II
0213	12	Fisicoquímica		
0644	12	Química Orgánica	10	Química Orgánica
0050	12	Biología General I		
0041	12	Botánica I	10	Biología de Procariontes
0960	12	Zoología I	10	Biología de Protistas y Algas
0049	12	Biología Celular	10	Biología Molecular de la Célula III
0055	12	Bioquímica	10	Biología Molecular de la Célula II
0042	12	Botánica II	10	Biología de Hongos
0961	12	Zoología II	10	Biología de Animales I
0280	12	Histología Animal		
0016	12	Anatomía Animal Comparada		
0043	12	Botánica III	10	Biología de Plantas I
0962	12	Zoología III	10	Biología de Animales II
0169	12	Embriología Animal		
0200	12	Fisiología Animal		
0044	12	Botánica IV	10	Biología de Plantas II
0963	12	Zoología IV	10	Biología de Animales III
0040	12	Biofísica		
0240	12	Genética	10	Genética
0045	12	Biología de Campo I	12	Taller Nivel 1
0216	12	Fisiología Vegetal		
0600	12	Paleontología	10	Paleobiología
0402	12	Ecología General I	10	Ecología
0051	12	Biología General II	10	Evolución
0052	12	Biología Molecular	10	Biología Molecular de la Célula I
0046	12	Biología de Campo II	12	Taller Nivel 2
			14	Bioestadística
			8	Biogeografía
			10	Biotecnología
			10	Recursos Naturales
			14	Filosofía e Historia de la Biología
			18	Taller Nivel 3
			18	Taller Nivel 4

### **III. 3. Consideraciones en torno al grado de reduccionismo presente en las materias que conforman el viejo y nuevo plan de estudios de la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias.**

Con el fin de tener un acercamiento más preciso de los contenidos temáticos de cada una de las materias y su relación o no, con un enfoque reduccionista, se presenta a continuación una clasificación en tres niveles, basada en el grado de relevancia que presenta el reduccionismo en cada materia analizada. Así los niveles de clasificación son tres: 1) Materias de carácter reduccionista; 2) Materias de carácter no reduccionista y; 3) Materias que no se pueden determinar claramente como reduccionistas.

La clasificación respectiva de las materias tiene como criterio principal el tratar de discernir lo más claramente posible las materias con un contenido fuertemente reduccionista, que en dicho caso se encuentran caracterizadas por un énfasis generalizado en el estudio detallado de las partes o micropartes que conforman un sistema orgánico. En segundo lugar, las materias no reduccionistas fueron catalogadas con esta designación en base a que en sus contenidos temáticos muestran elementos de carácter más integral y conceptual, que a diferencia de las materias reduccionistas no se concentran tanto en el conocimiento específico de las partes segmentadas de un organismo, sino que toman preferentemente en cuenta factores que afectan a un nivel más global como, la historia evolutiva, la interacción organismo-ambiente, por ejemplo. Por otro lado, en un tercer rubro se ubicaron las materias que no se pueden clasificar claramente en alguno de los dos anteriores clases, debido a que los contenidos de estas materias presentan tanto aspectos reduccionistas como no reduccionistas, sin poder determinar cuantitativamente cuál de estos dos enfoques es el determinante; además de que en algunos casos específicos se abordan aspectos que parecen no tener una relación tan directa con esta discusión.

Este análisis es aplicado de igual manera a las materias que conforman el plan de estudios de 1967 y el plan vigente de 1996. De tal manera, que se pueda establecer a qué grado el reduccionismo se ha mantenido vigente y qué importancia cobra actualmente en las enseñanzas de la biología, considerando para este caso, que el criterio en base al cual se basó dicha clasificación de las materias, puede variar considerablemente dependiendo del enfoque que le dio y le da actualmente cada profesor a su materia. En primer lugar, se presenta esta clasificación con las consideraciones que permiten agrupar a cada materia en algunos de los tres niveles mencionados, tanto del viejo como del nuevo plan, para mostrar posteriormente un esquema (Tabla 3 y 4), donde se aprecien mejor estos resultados.

#### **PLAN DE ESTUDIOS 1967 Facultad de Ciencias**

##### **Materias de carácter Reduccionista**

###### **Física General.**

La unidad denominada “Propiedades de la materia, la energía y su relación con los sistemas” no presenta temas que contengan algún tipo de reduccionismo; la unidad “Energética, mecánica y termodinámica, su relación con los sistemas biológicos” contiene enfoques reduccionistas (Cinemática) y no reduccionistas (Dinámica de fluidos ó

temodinámica en los sistemas biológicos); del mismo modo la siguiente unidad “Fenómenos ondulatorios”, trata temas que no tienen que ver con el reduccionismo, como por ejemplo, el sonido y sus propiedades físicas, pero por otro lado, trata aspectos importantes para esta metodología como el estudio de la microscopía óptica. Por último, la última unidad “Electricidad y magnetismo”, presenta una carga mayor de la perspectiva reduccionista, sobre todo en lo referente al tema de la Bioelectricidad.

### **Química General.**

Desde la primer unidad denominada “Estructura de la materia”, se aborda de manera amplia los diferentes sucesos que dieron origen a la Teoría atómica, así como aborda por otro lado, las distintas características y diferencias de los tipos de enlace químico. La unidad dos “Estequiometría y Reacciones químicas”, sigue desarrollándose bajo este mismo enfoque reduccionista tomando en cuenta como objeto de estudio las distintas composiciones e interacciones químicas. Con respecto a las dos unidades siguientes “Soluciones” y “Equilibrio”, la tendencia hacia la búsqueda de características y propiedades en unidades cuantificables corroboran la tendencia fisicoquímica en la biología.

### **Fisicoquímica.**

Uno de los aspectos que determinaron con mayor fuerza el auge reduccionista en biología, fue precisamente el intento de explicar los diversos fenómenos biológicos a partir de sus propiedades físicas y químicas. Dicha tendencia denominada “Fisicalismo”, reduce la explicación en el orden biológico a presupuestos derivados de estudios físicos o químicos únicamente. El objetivo, pues de esta manera es el de integrar los conceptos fisicoquímicos a los fenómenos biológicos y del medio ambiente.

### **Química Orgánica.**

En esta materia se considera la molécula como el centro de estudio, integrando directamente los procesos químicos que la acompañan. Unidades como “Estructura de la materia orgánica” e “Interacciones de la química orgánica con la biología”, se centran en un estudio especializado de las estructuras y distintas funciones de las moléculas que conforman la vida.

### **Biología Celular.**

Los contenidos de esta asignatura son fuertemente reduccionistas, empezando por que parten del análisis y estudio de la Teoría Celular, para pasar después a revisar la organización y estructura general de las células en procariontes y eucariontes en la primera unidad. Posteriormente y casi en un 80% de los contenidos de esta materia se centran en estudiar detalladamente los organelos celulares, revisando estructura y función en cada uno de ellos. Por último se trata el tema de la diferenciación e integración celular, para terminar con los métodos aplicados para el estudio de la célula como la microscopía y el cultivo de células.

### **Bioquímica.**

La primer parte está destinada al conocimiento de las principales biomoléculas y su participación en el metabolismo celular, resaltando al mismo tiempo su estructura y procesos evolutivos. A partir de la octava unidad se resaltan los procesos metabólicos anaeróbicos y aeróbicos, fotosíntesis, metabolismo nitrogenado y las perspectivas

evolutivas del metabolismo, todos con un enfoque reduccionista y fragmentario. Por último, este análisis se vuelve más específico en la penúltima unidad destinada a la bioquímica genética y la biosíntesis de proteínas en donde se analiza la estructura y función del DNA, RNA y RNA mensajero.

### **Anatomía Animal Comparada.**

La totalidad de las unidades y temas tratados, tienen o presentan la intención de conocer la organización corporal de los cordados, enfocándose para este caso en el conocimiento estructural de los sistemas y órganos que los componen. El reduccionismo-mecanicismo está presente a nivel menor en cuanto a la especificidad de su objeto de estudio, pero muestra claramente su orientación diseccionista y su énfasis en el estudio de las partes.

### **Histología Animal.**

De la misma manera que la materia de Anatomía Animal Comparada, los contenidos de esta materia se centran en conocer los componentes de los organismos, sobre todo los distintos tipos de tejido (epitelial, conjuntivo, muscular y nervioso), y los distintos aparatos que los constituyen.

### **Fisiología Animal**

En este caso, se trata de un reduccionismo que trata aspectos moleculares, más allá del estudio de los tejidos u órganos, en este caso se analizan las partes de ellos y su función.

### **Biofísica.**

La primer unidad es un repaso de matemáticas, la segunda “Radiobiología”, no plantea un reduccionismo claramente marcado, incluso trata interacciones ambientales como la fotosíntesis y el intercambio gaseoso; la tercera unidad “Bioenergética” a pesar del fuerte enfoque fisicalista, sigue con un planteamiento sistémico. Es a partir de la unidad “Biofísica de las membranas excitables que se introduce al estudiante hacia un reduccionismo más puntual; las siguientes unidades “Propiedades pasivas de las células excitables”, “Bases iónicas del potencial de acción” y “Biofísica del Músculo” siguen este mismo rumbo.

### **Genética.**

Se muestra sin duda, un determinismo biológico en cuanto a la capacidad genética de definir estructuras y patrones evolutivos de los seres vivos. La genética, se muestra como el paradigma que determina la morfofisiología, el sexo, características particulares o especiales, mutaciones de las distintas razas y especies que existen. Esta materia es fuertemente reduccionista y determinista, ya que a partir del estudio de los genes se determinan los distintos órdenes biológicos, como el evolutivo por ejemplo.

### **Fisiología Vegetal.**

Esta materia que está enfocada al estudio del metabolismo de las plantas, no la hace desde un reduccionismo fragmentario, sino que toma en cuenta la relación funcional con el medio, la perspectiva está más orientada a una interpretación más ecológica e integral de la fisiología vegetal, a pesar de enfocarse en algunos temas sobre los componentes estructurales de las plantas.

### **Biología Molecular.**

Los temas de sus unidades muestran una marcada orientación y predominancia reduccionista: 1)La relación estructura-función a nivel de proteínas; 2)Estructura de los ácidos nucleicos; 3)El dogma central de la biología molecular; 4)Código genético, mutación y evolución; 5)Estructura y características del material genético en los sistemas biológicos; 6)Replicación del DNA; 7)Recombinación y reparación del DNA; 8) Transcripción del DNA; 9)Traducción, la biosíntesis de proteínas; 10)Secuencia nucleotídica de un DNA viral; 11)Regulación de la expresión genética de procariontes; 12)Regulación de la expresión genética de eucariontes y; 13)Ingeniería genética.

### **Materias de carácter No Reduccionista**

#### **Geología.**

Definitivamente esta materia no aborda ninguna problemática que contenga una dosis de reduccionismo, al contrario, tiene que ver más con un enfoque global de los distintos fenómenos geológicos externos e internos desde una perspectiva dinámica y temporal.

#### **Botánica I.**

Esta materia se enfoca más en el estudio de la diversidad, distribución y sistematización taxonómica de las plantas, por lo que el planteamiento de una existencia tácita de reduccionismo en esta materia queda fuera de sitio.

#### **Botánica II.**

Esta materia que tiene como fin el estudio de los hongos no presenta ningún enfoque reduccionista, más bien muestra un panorama general de ellos.

#### **Botánica III.**

El enfoque principal de esta materia, es en esencia taxonómica, ecológica y evolutiva. Se aborda así el estudio de las briofitas y pteridofitas, desde un sentido biológico amplio, destacando ciclos de vida, estructura y función, así como características generales, distribución y percepción.

#### **Botánica IV.**

Los contenidos de esta asignatura están más orientados hacia una biología taxonómica y sistemática; su distribución y diversidad.

#### **Zoología IV.**

Aquí se muestra una visión global de los cordados atendiendo a sus generalidades, clasificación, distribución, importancia socioeconómica y métodos de estudio, origen, evolución, locomoción y reproducción. No hay elementos evidentes de reduccionismo.

#### **Paleontología.**

El enfoque en este caso es sobre todo de carácter dinámico, integrando los factores ecológicos, geográficos e históricos que determinan las características de los distintos ambientes y la distribución geográfica de los fósiles y organismos.

### **Biología de Campo I.**

Se analizan diversos aspectos de temas de Edafología, Geología, Ecología, Botánica, Zoología, etc., y en diferentes regiones

### **Ecología General I.**

Aquí se muestra una propuesta más holista, ya que la importancia que cobra el medio con respecto al organismo y viceversa es más fuerte, que la postura meramente descriptiva y fragmentaria del reduccionismo-mecanicismo.

### **Biología de Campo II.**

De la misma manera que en el primer nivel, se analizan diversos aspectos de temas de Edafología, Geología, Ecología, Botánica, Zoología, etc., y en diferentes regiones.

## **Materias que no se pueden determinar claramente como reduccionistas.**

### **Matemáticas Generales I.**

Con la salvedad de que esta materia es el producto de un intento por explicar los fenómenos biológicos con un lenguaje matemático y de aplicar el estudio de estas mismas a los distintos procesos biológicos, no queda claro hasta qué punto está implicada en un enfoque reduccionista.

### **Matemáticas II.**

No se puede establecer claramente qué tanto el contenido de los puntos tratados en esta materia mantienen una relación directa con el reduccionismo.

### **Biología General I.**

El vínculo existente entre la visión reduccionista y la estructura del método experimental, se revela en torno al interés existente por la cuantificación y la medición, que posibilita también el diseño estadístico. Sin embargo, dicho tratamiento estadístico es abordado de manera muy general, de manera que los contenidos de la materia están más cerca de una didáctica de la investigación en biología.

### **Zoología I.**

Al parecer todos los temas de cada unidad contienen elementos de carácter reduccionista-mecanicista, ya que recurren a la disección anatómica (morfológica) y fisiológica (funcional); pero del mismo modo también se plantea en cada unidad la importancia ecológica, médica y veterinaria, paleontológica, filogenética y evolutiva de cada phylum, lo que no permite tener un diagnóstico muy preciso acerca de si es o no reduccionista.

### **Zoología II.**

Debido a lo extenso que implica el estudio de los distintos phyla de invertebrados, los contenidos temáticos por unidades de esta materia abordan una gran cantidad de información, por lo que por un lado se tratan características de tipo reduccionista como la morfología externa e interna, y los aspectos fisiológicos; y por otro lado cuestiones que

tienen que ver con otro tipo de enfoque más integral de los organismos como su reproducción, su ciclo de vida, relaciones filogenéticas y su importancia biológica.

### **Embriología Animal.**

A pesar de que en algunos temas se determinan estructuras a nivel celular, estas se encuentran enmarcadas dentro del estudio de procesos, lo que no permite tener un acercamiento muy seguro de hasta donde existe un reduccionismo estricto.

### **Zoología III.**

En la primera parte, sobre todo en la tercera unidad se determina la estructura morfológica interna y externa de los artrópodos y grupos afines, lo que lleva a separar parte por parte su estructura y a estudiarlos separadamente, además que en las demás unidades dependiendo el phylum y subphylum se siguen revisando sus características. Por otro lado, también se considera la importancia que tienen estos organismos desde el punto de vista evolutivo y ecológico.

### **Biología General II.**

La asignatura se puede dividir en tres partes con enfoques distintos; la primera muestra un contexto histórico de las principales corrientes evolucionistas hasta nuestros días; la segunda parte, que llamaríamos reduccionista, muestra un contexto ecológico y genético del proceso evolutivo dándole más relevancia a este segundo aspecto; y por último la parte que toca temas como la adaptación, la coevolución, el mantenimiento de las especies, la macroevolución, la sistemática, ecología y la evolución del hombre.

## **PLAN DE ESTUDIOS DE 1996**

Facultad de Ciencias

### **Materias de carácter Reduccionista**

#### **Biología de Protistas y Algas.**

A pesar de que en esta materia se pretende estudiar factores como el origen de estos organismos, su ubicación temporal, su reproducción, entre otras de sus características principales. Esta manera de acercarse se basa en gran medida en los elementos moleculares y genéticos que lo hacen posible, o que en cierta manera los determinan.

#### **Química.**

Con excepción de la séptima unidad denominada “Termoquímica”, en la que tratan algunos temas que no tienen mucho que ver con el tipo de reduccionismo a que nos estamos refiriendo, el resto de los contenidos temáticos de la materia son absolutamente reduccionistas, enfocándose al estudio del electrón, de los átomos y los componentes moleculares.

### **Física.**

Es claro el énfasis, que esta materia le da al comportamiento y estructura de la materia, sobre todo en los aspectos más relacionados con la biología; es claro pues, que en esta asignatura se analizan los fenómenos biológicos desde la perspectiva de la física, tomando como elemento central de este esfuerzo la tendencia de la Teoría atómica de la materia.

### **Biología Molecular de la Célula I.**

Prácticamente en todas las unidades de esta materia, resaltan elementos reduccionistas, haciendo hincapié en la estructura y función de la célula, de las principales moléculas que constituyen un sistema biológico (en particular se determina el estudio de DNA y RNA), y más aún las implicaciones que a nivel genético presentan dichas moléculas.

### **Química Orgánica**

Debido a que el objetivo de esta materia es comprender la naturaleza de las moléculas y de las estructuras que se encuentran en las células vivas, así como las reacciones químicas que suceden dentro de ellas; los contenidos temáticos de esta asignatura están fuertemente orientados al estudio de partes específicas que configuran y determinan la forma y función de las moléculas antes dichas.

### **Biología Molecular de la Célula II.**

Nuevamente aparece el enfoque reduccionista con toda su fuerza. La carga temática está orientada hacia el estudio específico de los procesos metabólicos de la célula, haciendo énfasis en los distintos tipos de rutas metabólicas y los organelos asociados a ellos. Las dos únicas unidades que son “La membrana plasmática” y “Mitocondrias y cloroplastos, generación y almacenamiento de energía metabólica”.

### **Biología Molecular de la Célula III**

El nombre de las unidades y su contenido revela que el reduccionismo esta presente de manera importante: 1)Compartimentalización intracelular; 2)Estructura y función del citoesqueleto; 3)Interacciones célula-célula y célula-matriz extracelular; 4)Crecimiento y división celular; 5)Comunicación intracelular y; 6)Diferenciación y muerte celular.

### **Bioestadística.**

Los objetivos de esta materia son conocer y aplicar los métodos estadísticos básicos para describir, analizar e interpretar datos. Por lo que al ser la cuantificación un aspecto central de la metodología reduccionista, la estadística es una más clara herramienta para sus fines.

### **Genética I.**

En su totalidad tanto las unidades como los temas o puntos que contiene esta materia, señala una predominancia general de reduccionismo.

### **Biología de Animales II.**

El reduccionismo-mecanicismo, está muy presente en esta asignatura, la tendencia a evaluar al organismo como un ensamble de partes que se autorregulan es muy fuerte. Temas como la “Comunicación Nerviosa”, o el “Sistema músculo esquelético y movimiento” muestran esta tendencia.

### **Biotecnología I.**

Aquí se puede decir que se enseña un reduccionismo práctico, metodológico y aplicado para desarrollarse en varios ámbitos. Sus vertientes principales son la biología molecular, la bioquímica, la microbiología, la ingeniería bioquímica y la inmunología, todas disciplinas con un enfoque fuertemente reduccionista.

### **Biología de Animales III.**

Aquí están implicados dos niveles en el que el reduccionismo está presente; por un lado en la segunda unidad titulada “Mecanismos de interacción y comunicación celular durante la morfogénesis”, se analizan los mecanismos celulares y moleculares que conlleva dicho fenómeno, con lo cual se puede decir que el orden de estudio es a nivel celular y molecular. Pero ya en la tercera unidad “Mecanismos moleculares del desarrollo”, el nivel de discusión se traslada hacia los mecanismos de expresión génica que operan durante el desarrollo, profundizándose aún más dicha perspectiva. Por lo que respecta a las otras dos unidades “Patrones del desarrollo” y “Diferenciación celular”, muestran los distintos procesos que suceden durante el desarrollo y la diferenciación que si bien, muestran una estructura dinámica, no se salen tampoco de un énfasis orientado en el estudio de las partes elementales.

### **Evolución I.**

El eje temático en esta materia gira en torno a concebir la evolución a diferentes niveles: genes, células, organismos, poblaciones, especies y taxa superiores. Así pues, se asiste a un reduccionismo que va en cuanto a su carácter explicativo de lo micro a lo macro analizando en cada caso el enfoque molecular y genético como herramienta para su estudio.

## **Materias de carácter No Reduccionista**

### **Filosofía e Historia de la Biología.**

Aquí se hace un recuento histórico-social de las principales corrientes de pensamiento en torno a la Biología y al evolucionismo, reconociendo sus conceptos y teorías.

### **Matemáticas I.**

A pesar de que el proyecto reduccionista se encuentra inmerso en el surgimiento de la visión matemática de la ciencia que permitieran conocer e interpretar los fenómenos naturales, permitiendo su manipulación y medición. Tampoco todo lo que se ve en matemáticas pertenece a estas tendencias; en estos contenidos no hay temas que aborden de alguna manera un planteamiento reduccionista.

### **Matemáticas II.**

No hay elementos de reduccionismo por las mismas razones expuestas para la asignatura de Matemáticas I.

### **Sistemática I.**

El enfoque presente en dicha asignatura es de carácter taxonómico, histórico, filogenético y evolucionista, lo que no permite identificar alguna tendencia explicativa relacionada con una visión reduccionista.

### **Biología de Plantas I.**

Se analizan las plantas arquegoniadas (plantas sin flores), tomando en cuenta su estructura y función a la luz de su origen, desarrollo evolutivo e importancia ecológica que presentan.

### **Ciencias de la Tierra.**

No hay elementos que indiquen un cierto enfoque reduccionista, al contrario en esta materia el enfoque es más global y dinámico.

### **Biogeografía I.**

Esta asignatura abarca varios tipos de temáticas: En la primera unidad “Historia de la Biogeografía”, se hace un recuento histórico del desarrollo de esta disciplina. En la segunda unidad “Conceptos, escuelas y enfoques en biogeografía”, se presentan las distintas escuelas y corrientes del pensamiento asociadas a esta disciplina; en la tercera unidad “Métodos de análisis en Biogeografía”; se ven como su nombre lo dice, los distintos métodos empleados para estudiar la distribución de los seres vivos. La última unidad “Biogeografía y conservación de los recursos naturales”, se muestra la utilidad práctica que tiene la Biogeografía en la conservación de las áreas naturales y la biodiversidad. Por lo que se puede decir, que lejos de ser reduccionista, presenta varias orientaciones en el estudio de un fenómeno.

### **Biología de Hongos.**

No se encuentran suficientes elementos para determinar que existe una cierta carga temática de reduccionismo en las interpretaciones de los hongos, ya que aún cuando hay puntos escasos en que tienen que ver con morfología o fisiología de estos organismos, regularmente se subsumen en un enfoque sistemático, ecológico y evolucionista.

### **Biología de Plantas II.**

En esta asignatura, como el título de sus unidades lo señala se estudia el origen, evolución, reproducción, crecimiento, desarrollo, nutrición, metabolismo, clasificación e importancia que tienen las angiospermas para el hombre; lo que sin duda abarca en conjunto cuestiones que rebasan por mucho un enfoque predominantemente reduccionista.

### **Paleobiología.**

No hay elementos de algún tipo de reduccionismo o mecanicismo.

### **Ecología I.**

Esta asignatura es un claro ejemplo de una concepción de la biología diferente, ya que no se enfoca solamente al individuo o a las partes de este y su funcionamiento únicamente, sino que pretende entender los fenómenos orgánicos tomando en cuenta a la relación que presentan con el medio y cómo se repercuten mutuamente. El concepto de interacción tiene un gran peso en esta materia.

### **Recursos Naturales.**

No hay elementos reduccionistas.

### Materias que no se pueden determinar claramente como reduccionistas.

#### Biología de Procariontes.

La primer unidad “Definición de Procarionte”, la segunda “Bacteriología clásica”; la quinta “Los dos principales grupos de procariontes y su estructura taxonómica” y la sexta “Ecología y microevolución bacteriana. Interacciones tróficas y evolución de la fotosíntesis oxigénica”; no tienen un fuerte enfoque reduccionista, tienen una orientación más orientada hacia la clasificación y evolución de ellas. Por otro lado, las unidades restantes como la tercera “El Reino Monera”, la cuarta “Introducción a la taxonomía bacteriana”, la séptima “Diferenciación celular y modelos experimentales en procariontes”, y la octava “Distribución ecológica de las bacterias, transporte horizontal de genes y simbiosis bacteriana”, a pesar de tratar hasta cierto punto los mismos temas que las demás unidades, lo hacen desde una perspectiva reduccionista haciendo hincapié en el funcionamiento de las partes elementales.

#### Biología de Animales I.

En esta asignatura se tocan puntos que tienen que ver con el reduccionismo, enfocándose al estudio descriptivo de las estructuras de estos animales. Por otro lado, también se mencionan algunos aspectos relacionados con la función y con el origen y evolución de todos estos organismos, lo que no permite que sea abiertamente considerada esta materia como reduccionista a pesar de contar con algunos elementos de este enfoque.

TABLA 3.  
CLASIFICACION GENERAL EN TORNO AL GRADO DE REDUCCIONISMO

	PLAN DE ESTUDIOS 1967	
	Facultad de Ciencias	
REDUCCIONISTAS	NO REDUCCIONISTAS	INDETERMINADAS
Física General	Geología	Matemáticas Generales I
Química General	Botánica I	Matemáticas Generales I
Fisicoquímica	Botánica II	Zoología I
Química Orgánica	Botánica III	Zoología II
Biología Celular	Botánica IV	Embriología Animal
Bioquímica	Zoología IV	Zoología III
Anatomía Animal	Paleontología	Biología General I
Comparada		
Histología Animal	Ecología General II	Biología General II
Fisiología Animal	Biología de Campo I	
Biofísica	Biología de Campo II	
Genética		
Fisiología Vegetal		
Biología Molecular		

TABLA 4.  
CLASIFICACION GENERAL EN TORNO AL GRADO DE REDUCCIONISMO

	PLAN DE ESTUDIOS 1996	
	Facultad de Ciencias	
REDUCCIONISTAS	NO REDUCCIONISTAS	INDETERMINADAS
Física	Filosofía e Historia de la Biología	Biología de Procariontes
Química Inorgánica	Matemáticas I	Biología de Animales I
Biología de Protistas y Algas	Matemáticas II	
Biología Molecular de la Célula	Sistemática I	
Química Orgánica	Biología de Plantas I	
Biología Molecular de la Célula II	Ciencias de la Tierra	
Biología Molecular de la Célula III	Biogeografía I	
Bioestadística	Biología de Hongos	
Genética	Biología de Plantas II	
Biología de Animales II	Paleobiología	
Biotecnología I	Ecología	
Biología de Animales III	Recursos Naturales	
Evolución I		

Teniendo en cuenta, que la ciencia en este caso la biología, se construye a razón de la crítica y la conciliación de las diversas posturas que emanan de las distintas disciplinas o áreas en torno a un problema común, dando pie no sólo a la constitución de una estructura científica más rica en conocimientos, también cumple con la difícil labor de integrar la información en un contexto global, permitiendo a la par ensanchar nuestros horizontes epistemológicos y filosóficos.

Del mismo modo al ser la biología una actividad que requiere del constante enriquecimiento de los diversos actores que la constituyen, es pertinente considerar en su justa medida, los diversos puntos de vista que personajes del ambiente académico e incluso administrativo, tienen en relación a las problemáticas centrales de esta disciplina. Así pues, al tener esta tesis como propósito demostrar el grado de vigencia del reduccionismo en los planes de estudio actuales de la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM, llevé a cabo una serie de entrevistas dirigidas sobre todo a un grupo de académicos de distintas áreas, sobresalientes no sólo por el dominio que tienen en su particular campo de estudio, sino también por su preocupación y participación que han tenido con respecto al diseño curricular del plan de estudios de la carrera. Dichas entrevistas, se realizaron con el objeto de saber su opinión acerca de qué tipos de lineamientos determinaron la conformación del plan de estudios actual con respecto al anterior y su relación en este proceso con el enfoque reduccionista de la biología. Estas entrevistas son presentadas de manera completa en el Apéndice de esta Tesis, debido a su extensión y con el ánimo de hacer más fluida la lectura, e ir más pronto a la discusión y conclusión sobre esta investigación.

## **Capítulo IV. El papel de el reduccionismo en torno a la consumación de una biología holística e integral en las enseñanzas de la biología en la Facultad de Ciencias.**

### **IV. 1. La orientación actual de la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM.**

Después de haber examinado los contenidos temáticos de cada materia del viejo y del nuevo plan de estudios de la carrera de Biología y de la Facultad de Ciencias de la UNAM, y de haber realizado las entrevistas a académicos distinguidos; Dr. Alfonso Vilchis Peluyera; Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría; Dra. Annie Pardo Semo; Dra. Elena Álvarez Buylla; Dr. Jorge Llorente Bousquets; Dr. Juan Núñez Farfán; Dra. Monserrat Gispert Cruells; Dr. Victor Valdés López; cada uno digno representante y especialista de su área biológica específica; todo con el afán en primer caso, de poder hacer una clasificación más o menos clara del grado de reduccionismo presente en cada materia y en segundo lugar de saber la opinión que se tiene con respecto a los criterios con los que se construyó el plan de estudios, y si su estructura responde adecuadamente a los requerimientos que la biología exige actualmente. Pase entonces a analizar los resultados arrojados en el capítulo precedente, para darle un mejor sentido a esta problemática.

El Plan actual de Estudios de la Carrera de Biología es producto de una serie de inquietudes en vista de subsanar algunas deficiencias que anteriormente se tenían en el viejo plan de estudios, y que impedían formar en el biólogo una visión más real de la dinámica actual de esta ciencia. La necesidad que llevó a revisar la estructura del plan de estudios de 1967, tuvo como motivo impartir una biología más afín con las nuevas tendencias de la biología, esto queda establecido de la siguiente manera: *”El diagnóstico del Plan de Estudios de la Licenciatura en Biología, puede hacerse desde dos perspectivas fundamentales. La primera está relacionada con el avance que esta ciencia ha tenido en los últimos 30 años, y la segunda con la eficiencia del plan mismo”*<sup>123</sup>. Estos avances como también se menciona más adelante, no solo se han dado de manera clara y evidente en áreas muy especializadas, donde se estudian los organismos a niveles de organización muy finos, sino que también se han generado conceptos integradores que han hecho necesario recurrir a formas teóricas que posibiliten llevar a un plano explicativo más amplio la gran cantidad de información nueva.

Así el Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura de Biología aprobado el 20 de abril de 1995 e iniciado a partir de 1996 y el cual se sigue hasta la fecha, recogió de manera clara estas inquietudes, señalando también varias de las deficiencias que se tenían en los contenidos del plan de estudios anterior. A continuación menciono estos siguientes aspectos:

1. La ausencia de un marco evolutivo que permita desarrollar una concepción histórica e integrativa de la unidad y diversidad de los seres vivos, y que funja como hilo conductor de la carrera.

---

123 Tomado del *“Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura de Biología”*. Tomo I. UNAM. 1996. pp. 46.

2. La omisión de los debates que caracterizan la biología actual sobre los diversos aspectos de la evolución, la clasificación, la ecología, etc.
3. La definición implícita de que la diversidad biológica se limita a las plantas y a los animales, con una concepción sumamente anacrónica de cómo se dividen estos dos reinos.
4. Un desequilibrio que favorece prioritariamente los estudios morfológicos de plantas y animales, sobre los aspectos celulares, moleculares y funcionales, de modo que los procesos que han conducido a la forma y a la función de los organismos permanecen poco claros.
5. La ausencia de un marco histórico que permita comprender tanto el desarrollo de las disciplinas e ideas biológicas como su inserción e impacto en diversos campos de interés nacional. Ello ha impedido que los estudiantes de biología analicen la disciplina que estudian en forma global.
6. La ausencia de conocimientos teórico-prácticos que permitan comprender el papel de la biología moderna en actividades productivas, públicas y educativas.
7. La falta de visiones multi – e interdisciplinarias, tanto entre áreas de la propia biología como de otras disciplinas científicas y humanísticas <sup>124</sup>.

De esta manera, nos podemos dar cuenta que el propósito fundamental de la reestructuración del plan de estudios tuvo como eje central el apostar por una formación del biólogo de una manera más integral, al mismo tiempo que reflejara un mayor y mejor acercamiento a los conocimientos fundamentales que como estudiante de esta disciplina tiene que saber, sin perder de vista que todo este bagaje teórico-conceptual se encuentra dentro de un marco evolutivo que le da sustento. Este aspecto es considerado un problema real. *“La orientación de la carrera no se sustenta alrededor de las teorías integradoras, prueba de ello es el carácter semiopativo de la asignatura Biología General II (Evolución) y optativo de Taxonomía, Biogeografía y Biología Molecular, asignaturas sin las cuales no pueden comprenderse los procesos evolutivos en su concepción actual. Esto además denota, que el plan de estudios vigente, no promueve, ni propicia una formación integral y actualizada del biólogo”* <sup>125</sup>. En este sentido, el reduccionismo sigue estando presente, el interés en hacer patente la importancia y la trascendencia de materias muy orientadas hacia este enfoque es evidente, incluso forma parte sustancial del Proyecto de Modificación de los Planes de estudio, pero es también cierto que la carrera de Biología se encontraba urgida de elementos que permitieran agrupar y de reestructurar de mejor manera el conocimiento que se tenía y se estaba generando en ese momento. En este sentido el reconocimiento de una perspectiva evolutiva como eje rector del discurso biológico estrechamente ligada a un marco histórico de referencia y a una multi – e interdisciplina que le dieran otro sentido a la biología, muestra más una orientación hacia lo holista que hacia lo reduccionista.

Con respecto al perfil del egresado se corrobora que está orientado en este mismo sentido; *“el egresado de la licenciatura en biología es concebido conforme a este proyecto como una persona cuyo bagaje intelectual incluya un espectro de conocimiento básico desde un nivel molecular y celular, hasta visiones integrativas que le permitan comprender*

---

124 Tomado de la Presentación de la Propuesta del *“Proyecto del Plan de Estudios de la licenciatura de Biología”*. Tomo I. UNAM. 1996.

125 *Ibid.* pp. 50.

*los procesos de cambio de la biósfera en el tiempo y el espacio”*<sup>126</sup>. Más adelante se agrega: “*aunque el avance espectacular que la biología contemporánea ha registrado impide que exista una persona capaz de moverse con fluidez en todas las áreas de las ciencias de la vida y, en general, de las distintas áreas del conocimiento moderno, el egresado de la carrera de biología debe contar con los elementos mínimos que le permitan acercarse a los distintos campos de esta disciplina, así como el haber desarrollado la capacidad para incorporarse a equipos multi – e interdisciplinarios que le permitan enfrentar y resolver problemas relacionados con su especialidad*”<sup>127</sup>.

Así, pues, estos planteamientos originales, y en los cuales se basa el espíritu actual de la carrera, deben de ser vistos más allá que impresos en papel, deben corresponder a una realidad en los hechos; además de verificar si actualmente estos objetivos de la propuesta original se siguen materializando a 10 años de su publicación, o si estamos ante una realidad parcial o totalmente distinta. En el caso concreto la opinión que actualmente tienen los académicos acerca de la orientación que actualmente tiene el Plan de Estudios de la carrera de Biología es muy importante para realizar un diagnóstico más preciso de los distintos grados de presencia de reduccionismo en la enseñanza de la biología, o si por otro lado, se ha logrado fomentar una biología más orientada hacia lo holista.

Entrando en el asunto, es cierto que existe un reconocimiento por parte de los académicos entrevistados de la importancia, trascendencia y utilidad que ha tenido el reduccionismo como una de las formas - y quizá la más exitosa hasta el momento – de entender y estudiar los fenómenos biológicos. Incluso los avances más significativos que ha tenido la biología a lo largo de su desarrollo histórico y más actualmente los alcances de la biología molecular, son según una opinión generalizada producto de un reduccionismo ontológico y metodológico que sin duda alguna ha marcado los rumbos de muchas disciplinas biológicas. El estudio y comprensión de estos aspectos reduccionistas se muestra como una condición indispensable para entender la biología y sus objetos de estudio; además de la utilidad única que las herramientas inscritas dentro de este programa conceptual brindan para avanzar en una biología cada vez más especializada y diversificada.

De esta manera el reduccionismo ha formado parte esencial del origen, gestación y desarrollo de la biología como ciencia básica y experimental. En este sentido coincido con Alfonso Vilchis Peluyera, con respecto a que “*la biología ha transitado metodológicamente por las sendas del reduccionismo a lo largo de su historia*”, más aún nos sería sumamente difícil entender la biología actual, si por una especie de capricho filosófico se tratase de obviar la trascendencia inmanente que el reduccionismo ha cobrado con respecto a la forma de concebir la biología. Como señala el mismo Alfonso Vilchis, “*la biología como tal, desde que se constituye como ciencia experimental en el siglo XX, ha tenido principalmente un enfoque reduccionista hacia el análisis de los problemas;* y esto ha dado unos resultados impresionantes”. Me parece además, que para poder profundizar sobre el fenómeno u organismo biológico que se esté analizando, se requiere, delimitar y especificar concretamente qué necesitamos saber; dicho en otras palabras, para abordar un problema en biología, al igual que en física o química por citar algunas otras ciencias, es necesario reducir nuestro objeto de estudio para así poder tener un mejor control de lo que estemos estudiando y podamos profundizar de mejor manera. Epistemológicamente y

---

126 *Ibid.* pp. 65.

127 *Ibid.* pp. 65.

metodológicamente hablando, analizar un fenómeno, sobre todo biológico, partiendo de una totalidad me parece un tanto aventurado, siendo precisamente este uno de los puntos más importantes que el reduccionismo ha tenido a su favor; es decir, el gran éxito del reduccionismo, se debe en gran parte a que ha simplificado de manera eficiente la forma de estudiar a los organismos, ha tenido la capacidad de atomizar a estos, facilitando su estudio, ha podido extraer a cada uno de ellos y a cada parte de ellos de su devenir natural y los ha expuesto bajo la lupa del investigador y su poder indagador de la razón científico – tecnológica<sup>128</sup>.

En este sentido, del mismo modo que la importancia y utilidad que el reduccionismo ha aportado a la biología, fue un punto que unificó los puntos de vista de los académicos que entrevisté, también de la misma manera todos coincidieron en que no basta con sostener una perspectiva reduccionista como la última frontera en la biología; sino que hay que ir más allá, hay que trascender el plano de lo analítico – experimental (reduccionismo), e ir hacia la conquista de un enfoque filosófico – integral (holismo – dialéctica). No basta en este sentido con una visión parcializada, segmentada de la realidad; sino que lo que se pretende es integrar todo este conocimiento básico producto de varios niveles de interacción, dentro de una interpretación integral, que posibilite una biología más completa, dándole sentido y orden a las distintas particularidades de un fenómeno orgánico.

Este elemento integrador que debe tener todo biólogo para entender de mejor manera los problemas a los que se enfrenta, gira en torno a una perspectiva evolucionista y a una postura crítico – filosófica. Siguiendo las respuestas acuñadas en la primera parte de la entrevista, presento los siguientes fragmentos como puntos de coincidencia:

Dr. Alfonso Vilchis Peluyera: *“Ahora lo que se trata es de rescatar esos datos y darles un esquema más integrado, es decir, pasar a un esquema más como se dice hoy día, más holístico, más integrativo, sin perder de vista de los fenómenos en biología al final siempre hay que otra vez rescatarlos en una dimensión estructural y en una dimensión temporal”*.

Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría: *“Yo creo que es muy importante que todos los biólogos estén formados desde una perspectiva evolutiva, es decir, que tiene que, desde mi punto de vista, su información contemplar aspectos filosóficos y sobre todo enfocados particularmente a la Teoría de la Evolución y a las consecuencias que tiene el pensamiento evolutivo en nuestros días”*.

Dra. Annie Pardo Semo: *“En términos generales, creo que el biólogo debe conocer tanto los aspectos moleculares que son básicos en la formación del biólogo, como una serie de aspectos relacionados con la diversidad y la integración desde el punto de vista evolutivo y desde el punto de vista ecológico, o sea, su relación con el medio ambiente”*.

Dra. Elena Álvarez Buylla: *“Yo creo que mi área de estudio, es importante tanto una formación profunda y actualizada de las tecnologías y las herramientas que a nivel*

---

128 A esto añade Steven Rose en *“Lifelines. Biology, Freedom, Determinism”*. Cap. X; que el reduccionismo determinista se basa en una secuencia reductora defectuosa cuyos pasaos son la objetivación, la aglomeración arbitraria, la cuantificación impropia, la creencia en la “normalidad” estadística, la localización espuria, la causalidad fuera de lugar, la clasificación dicotómica de causas generales y ambientales y la confusión de metáfora con homología.

*reduccionista permiten avanzar sobre aspectos muy puntuales del funcionamiento de ciertos elementos del sistema, y luego tener una visión mas integralista que incorpore incluso el uso de herramientas computacionales y formales, que permitan al biólogo integrar y plantear explicaciones acerca de la acción concertada de las partes que han sido de manera reduccionista exploradas a nivel experimental”.*

Dr. Jorge Lorente Bousquets: *“Hay muchas disciplinas para estudiar la biología, hay disciplinas en donde se estudian las micropartes por llamarles de alguna forma, hay disciplinas que estudian los fenómenos de flujo no en términos de especies o poblaciones, sino incluso de componentes funcionales. Yo creo que hay una diversidad de acercamientos a la biología, enorme diversidad y cada vez se nos multiplica más, y cada vez hay posibilidades de vínculos de los distintos enfoques para estudiar la biología”.*

Dr. Juan Núñez Farfán: *“A mi me parece que el biólogo sí efectivamente tiene que tener una visión digamos, amplia de los problemas que pretende resolver, esta exigencia es pertinente en diferentes tipos de investigación, por ejemplo, es muy distinto las personas que trabajan aspectos de laboratorio, por ejemplo, que trabajan a nivel celular o a nivel molecular, con respecto a alguien que trabaja problemas ambientales de naturaleza ecológica, o que incluso tienen que ver con un componente social no, es decir, la interacción de los humanos con el ambiente que serían los recursos”.*

Dra. Monserrat Gispert Cruells: *“Yo creo que el biólogo debe tener un enfoque integral holístico, me parece que es muy importante para poder entender todos los fenómenos orgánicos; seguramente no podríamos profundizar en todos mucho, pero sí podríamos tener una visión general de la problemática biológica”.*

Dr. Victor Valdéz López: *“Como biólogos creo que una ventaja del biólogo sobre otras carreras similares es que tenemos una perspectiva evolutiva muy general de las cosas, esa es una de las grandes ventajas, por supuesto tenemos que entender razonablemente, desde los átomos hasta los ecosistemas, pasando por la historia de la biología que es importante, filosofía de la ciencia o de la biología”.*

Es claro, pues, que en este sentido la inquietud generalizada de estos académicos es de fomentar una biología que contenga elementos de carácter holístico, que el egresado de la carrera tenga la capacidad no sólo de analizar minuciosamente la información que trate en su área específica, sino que además tenga la capacidad de llevar esta información a un plano más integral, que pueda establecer vínculos interdisciplinarios con otras áreas, debatiendo constructivamente con otros enfoques, para así enriquecer su propia labor como biólogo.

Como bien señalan los entrevistados en particular la Dra. Annie Pardo, el Dr. Victor Valdéz y la Dra. Ana Barahona, el eje rector en el cual tiene que girar todo el conocimiento que se genera y se ha generado en biología es el proceso evolutivo, ya que es sólo a la luz de la evolución que la biología cobra sentido, parafraseando la célebre frase de Theodosius Dobzhansky <sup>129</sup>. Sólo tomando en cuenta el plano histórico – temporal en el que se desenvuelven los organismos se puede tener un conocimiento más amplio y más real de

---

129 Ver nota de presentación de: Dobzhansky, T. (1975). *Evolución*. W. H. Freeman and Company. USA.

estos últimos. Por otro lado, el énfasis en construir una Biología de amplios horizontes indiscutiblemente atraviesa por la reflexión filosófica, no sólo desde la perspectiva evolutiva o de la ciencia misma, sino también desde la epistemología, de la historia, de la metodología, de la pedagogía y de la relación sociedad – naturaleza. Es pues, necesario tomar en cuenta todos estos factores si se quiere formar en el estudiante de biología un criterio que esté orientado hacia lo holístico independientemente del área específica a la que esté dedicado o encaminado; inclusive si su campo de estudio contiene una considerable carga de elementos reduccionistas. Es el propio Dr. Alfonso Vilchis el que menciona, “*en la biología como los objetos son históricos el enfoque también debe ser de alguna manera como una narrativa, es decir, no se puede comprender un fenómeno molecular, sin comprender la historia, la evolución molecular que hay detrás de eso*”. De manera que para llevar a cabo cualquier estudio reduccionista o no en biología, es necesario considerar la historia evolutiva detrás del fenómeno en cuestión, pues en la naturaleza ningún fenómeno u organismo se presenta de manera estática o apartada, sino que siempre sucede un dinamismo, un cambio de estado, de posición y de orden. Como dice Richard Lewontin, “*para reparar un automóvil, un mecánico no tiene necesidad de saber cómo funciona una línea de montaje, ni conocer la historia de la invención o del desarrollo del motor de combustión interna. Pero el biólogo no es un mecánico, y es imposible comprender la situación de los organismos vivos sin tener en cuenta su historia*”<sup>130</sup>.

Ahora bien, - retomando el aspecto central de la tesis -, ¿Cómo se pueden transmitir estos criterios mencionados, a la forma de concebir la biología de un estudiante promedio de la carrera?; la respuesta más lógica según mi punto de vista es: *en los contenidos temáticos de sus materias y en la forma en que se imparten las distintas disciplinas de la biología*. En torno a este asunto la diversidad de puntos de vista presenta algunas controversias, pero también puntos en común que lejos de ser negativos para los fines de este estudio, enriquecen la problemática planteada. Coincidiendo con el consejo del Dr. Víctor Valdez de cuantificar de alguna manera la importancia que tienen en el plan curricular las posibles materias de carácter reduccionista con respecto a materias con otro tipo de enfoque, llevé a cabo un conteo de créditos de las materias en los tres rubros en que fueron agrupados, en el segundo capítulo – como reduccionistas, no reduccionistas e indeterminadas -. Es pertinente aclarar, que dichos resultados obtenidos del análisis del contenido y diseño estructural de cada materia, parten de una estimación propia, que en muchos de los casos no es totalmente clara, ni se sustenta bajo criterios totalmente seguros para ubicar perfecta e inequívocamente la orientación de cada materia, aunque si se basan sobre los criterios que se han venido tratando, en torno a la definición del reduccionismo ontológico. Este estudio constituye en esencia una aproximación lo más cercana posible a la orientación general de el plan de estudios.

Así mismo, la clasificación de las materias llevada a cabo en dicho capítulo no es totalmente tajante, pues hay que tomar en cuenta que hay flexibilidad en los temarios, libertad de cátedra y de las formas peculiares de cada profesor, que pueden modificar en algún sentido el carácter del curso.

La investigación arrojó como resultado que el número de créditos, comparativamente hablando, de las materias que considero claramente como reduccionistas en el plan de estudios actual, se mantuvo relativamente igual, registrando sólo un ligero aumento, con respecto a las materias del mismo orden en el plan de estudios de 1967. Pero las materias

---

130 Lewontin, R. *op. cit.* pp. 101.

que ubico como no reduccionistas dentro del plan actual registran un aumento considerable con respecto al plan anterior, llegando casi a nivelarse con las materias reduccionistas, en el plan vigente. Por otro lado, las materias clasificadas como indeterminadas o con una presencia menor de reduccionismo sufrieron una disminución bastante considerable de presencia en cuanto a su número y sus respectivos créditos. Posteriormente, saqué el promedio correspondiente en cada caso, para así tener una estimación más precisa. Las siguientes tablas muestran estos resultados:

TABLA 1.

	Plan de Estudios de 1967	
	Facultad de Ciencias	
REDUCCIONISTAS Total de créditos: 162 Porcentaje: % 43.7	NO REDUCCIONISTAS Total de créditos: 117 Porcentaje: % 31.5	INDETERMINADAS Total de créditos: 92 Porcentaje: % 24.8

TABLA 2.

	Plan de Estudios de 1996	
	Facultad de Ciencias	
REDUCCIONISTAS Total de créditos: 134 Porcentaje: % 49.6	NO REDUCCIONISTAS Total de créditos: 116 Porcentaje: % 43	INDETERMINADAS Total de créditos: 20 Porcentaje: % 7.4

La obtención de estos resultados demuestra, que en cierta medida el contenido reduccionista inmerso en los planes de estudio actuales de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias se ha equilibrado con respecto a otros tipos de contenido de carácter más integral de acuerdo a los contenidos temáticos de cada materia, aunque también sigue teniendo una presencia considerable aún dominante. En este sentido, el plan de estudios de 1967, comparándolo con el plan de estudios vigente, presentaba un mayor sesgo reduccionista y descriptivista, pero también se impartían más materias que, si bien contenían elementos de tipo reduccionista, también abordaban otros aspectos de carácter más conceptual casi al mismo nivel que las materias no reduccionistas. Es decir, tanto las materias clasificadas como no reduccionistas y las que no pueden ser determinadas claramente, tenían una similar representatividad en el viejo plan de estudios, aunque considerablemente menor que las reduccionistas. Lo que ocurrió en el nuevo plan, es que en torno a la Propuesta de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura de Biología, aprobada en 1995, la cual buscó una formación más integral del biólogo como un pilar de su formación, “*el marco rector de la Teoría de la Evolución, y las metodologías de la enseñanza más orientadas hacia la ciencia y su quehacer*”<sup>131</sup>; se hizo más clara la división entre las materias fuertemente reduccionistas y las no reduccionistas o más integrales, quedando relativamente equilibrado el currículo del plan de estudios actual.

Este equilibrio coincide con la siguiente opinión de Víctor Valdez; “*entonces en las diferentes áreas, que se juntaron profesores a discutir que habría qué poner en los planes y*

131 “*Proyecto de Modificación*”. *op. cit.* pp. 1.

*programas yo creo que sí quedó equilibrado”, y más adelante en la entrevista menciona, “la idea fue reducir mucho las cosas, no reduccionistas, sino reducir las cosas y dar los conocimientos básicos fundamentales. El equilibrio ¿dónde quedó?, eso no te lo podría decir, pero creo yo se puede decir, esta materia a qué categoría responde, cuantas horas tiene, esta materia tiene otro enfoque, “Historia de la Biología”, cuantas horas; y creo que ahí se puede ver si el plan anterior al plan actual aumentó o disminuyó el tipo de horas”. En este mismo sentido, el punto de vista del Dr. Juan Núñez Farfán va en esta dirección en torno a los resultados obtenidos; “bueno el plan de estudios actual que tienen los biólogos en la Facultad de Ciencias que es el que conozco más o menos, que finalmente ha sido modelo para otros programas de Biología en el país, considero que sí efectivamente posee un alto grado de reduccionismo por la forma en la que está estructurado, me parece también que el grado de reduccionismo mismo podría ser menor que el anterior plan”, y más adelante concluye, “el nivel de reduccionismo del actual plan de estudios podría ser menor, pero no mucho menor de el que tuvimos en el pasado”. La tendencia en este caso, reafirma que a pesar de que en el actual plan de estudios se logró incertar un enfoque más conceptual, más integral en la formación del biólogo, también demuestra que los elementos reduccionistas siguen estando presentes, y siguen teniendo un poder muy importante en el desarrollo teórico del biólogo. Si revisamos la historia de la biología podemos cerciorarnos que el reduccionismo ha sido parte integral del avance en esta disciplina, y si volteamos la mirada a la impartición de esta ciencia podemos darnos cuenta que el reduccionismo ha permeado en la forma como se ha dado.*

Quizá, un avance que pudiéramos decir fue significativo con respecto al plan de estudios anterior – el de 1967 – fue el haber reducido la gran carga de materias con una fuerte tendencia descriptivista y taxonómica muy apegadas según la opinión de la Dra. Ana Barahona a una historia natural más que a una biología propositiva. Es claramente observable que se eliminaron las cuatro botánicas y las cuatro zoológicas, además de la Anatomía comparada, por ejemplo; que según el punto de vista de la mayoría de los entrevistados, constituía una visión decimonónica de la biología que resultaba obsoleta en relación a los avances que en biología estaban sucediendo sobre todo con respecto a la biología molecular y a distintos marcos integradores.

Este fuerte sesgo descriptivo recaía así, en una concepción de la biología que al final de cuentas resultaba ser un tipo de reduccionismo que si bien no era tan especializado, si contenía un trasfondo notablemente mecanicista; el caso concreto de Anatomía animal comparada es una muestra de la preponderancia de esta tradición que desde Descartes, Cuvier y Bernard, por mencionar algunos, ha tenido una fuerte injerencia en la conformación de la biología. En este sentido la Propuesta de Modificación del Plan de Estudios tomó en cuenta estas deficiencias que contenía el viejo plan, impidiéndole al biólogo tener una visión más actualizada e integral de su quehacer como científico. La Dra. Ana Barahona lo menciona claramente, *“entonces justamente la visión es que ahora se habla de Biología de plantas I, Biología de plantas II, Biología de plantas III, Biología de plantas IV, y cuál es la diferencia, no sólo es el título, sino que el enfoque de antes era un enfoque descriptivista, y un enfoque taxonómico, y ahora el enfoque de las materias pretende ser, no estoy diciendo que se haya logrado, habría que evaluarlo en su momento, pero pretende ser un enfoque que hable más bien de los procesos y de las causas y no de descripciones y taxonomía”*. Aunque para la Dra. Elena Álvarez Buylla el plan de estudios actual sigue aún conservando algunos elementos de este carácter descriptivo, sobre todo en cuanto a la permanencia de algunos profesores muy arraigados a esta forma de ver la

biología, también considera que sí se registró un avance en este sentido; cito, “*si se ha hecho un intento, sobre todo porque ahora se intenta que los estudiantes que están más enfocados hacia las ciencias experimentales tengan un cúmulo de materias mayor en ese sentido. Se ha reducido el sesgo descriptivo porque las botánicas I, II, III, y IV, se han reducido a un número menor, las zoologías I, II, III, IV, etc*”. De igual modo esta inoperancia del viejo plan es notoriamente explicada por el Dr. Jorge Llorente; “*hay muchas materias de tipo holístico que antes no existían, como también algunas de tipo reduccionista, lo que se transformó fue una visión decimonónica, un plan de estudios en donde se revisan con todo detalle o con mucho más detalle que ahora los distintos grupos biológicos, sea animales, sea plantas, sea hongos, sea monera, sea protista. El revisarlos con más detalle implicaba ante tal multitud de estructuras y de grupos una nomenclatura enorme que a los estudiantes se les dificulta. Por otra parte, no se veía dentro de ellas teorías fundamentales dentro de la biología; yo creo que ese era un error muy, muy importante*”.

Con base en estas opiniones por un lado, y por otro en los resultados obtenidos del conteo de los créditos de las materias previamente tratadas en el segundo capítulo, se puede decir, que se avanzó en cuanto a disminuir considerablemente este sesgo descriptivo y sintetizarlo en materias como Animales I, o Plantas II, por ejemplo. Pero si bien, esta característica del plan anterior fue equilibrada con respecto a la estructura total del plan, no por ello se puede decir, que también dejó de ser abiertamente reduccionista, en este sentido se siguieron manteniendo algunos elementos del plan anterior como Biología molecular, aunado a la creación de otras materias que por sus contenidos son fuertemente reduccionistas como es el caso de la materia de Biotecnología.

La complicada medición de estos factores, y sus resultados obtenidos después de 10 años de haberse impulsado el plan vigente es una muestra clara de que existen una diversidad de opiniones en este sentido. Algunos de los académicos entrevistados tiene la seguridad de que en el plan actual no es reduccionista, o por lo menos que no se puede catalogar como tal, como es el caso de la Dra. Annie Pardo - quién incluso considera que debería haber más elementos en este sentido -, y la Dra. Ana Barahona, del mismo modo que el Dr. Víctor Valdez, que no creen que el plan de estudios se encuentre enfocado en este sentido, para ellos la reestructuración del plan curricular tuvo precisamente la característica de eliminar el enfoque reduccionista e impulsar una biología más integral. Por otro lado, el punto de vista de la Dra. Elena Álvarez Buylla, quien considera que incluso el problema no es que se este haciendo una biología reduccionista, sino que además es una biología reduccionista mala, coincide de cierta manera con el Dr. Jorge Llorente, quien considera que el nuevo plan no está tanto enmarcado en un “*reduccionismo ontológico, por que los estudiantes en su formación no adquieren tal profundidad*”, más bien lo que para el Dr. Llorente se desarrolla es un reduccionismo metodológico aplicable a cada área en la que el estudiante se desenvuelve. Siguiendo este mismo rumbo el Dr. Juan Núñez Farfán considera que “*sí efectivamente el plan posee un alto grado de reduccionismo por la forma en la que está estructurado*”, del mismo modo que el Dr. Alfonso Vilchis considera pertinente que en una primera instancia las materias presenten por lógica un enfoque analítico para abordar los problemas, además de que en este sentido, el plan actual contiene según su punto de vista más materias orientadas hacia este enfoque, debido a que, a raíz de la revisión del plan de estudios, se tomaron en cuenta materias de carácter molecular que anteriormente se encontraban relegadas. Este auge de las ciencias experimentales que anteriormente no se daba tan marcadamente o simplemente no se veía tan reflejado en los

planes de estudio, es lo que señala en su intervención la Dra. Monserrat Gispert, pues para ella la falta de elementos conceptuales del egresado de biología, se debe en gran parte a un desequilibrio entre el “boom” de las ciencias experimentales, técnicas y analíticas, con respecto a áreas de estudio más enfocadas hacia el análisis conceptual y social de la ciencia.

Es claro que ninguna de las personas entrevistadas niega la importancia del reduccionismo como herramienta de estudio (como ya anteriormente se ha dicho). También es cierto que todos coinciden en que la biología se constituye de una parte analítica (reduccionista), y otra parte que integre en un horizonte más amplio todo el conocimiento obtenido bajo estudios más especializados (holismo). Tomando en cuenta estos aspectos, ninguno de los académicos bajo mi punto de vista, podría ser catalogado de defensor del reduccionismo, pues todos dejaron abierta la posibilidad de buscar nuevas y mejores formas que nos permitan entender de mejor manera la naturaleza. Sin embargo, respecto al contenido, al cómo se ven reflejadas estas inquietudes y maneras de interpretar la biología en los planes de estudios, la tendencia no es clara. La consideración de unos con respecto a que el plan actual es más reduccionista con respecto a los otros, muestra ciertas inconsistencias en la estructura básica del programa.

Basándonos en el espíritu original de la Propuesta de Modificación de los Planes de Estudio, vemos que lo que esta se propone es fomentar en el biólogo una visión más integral y evolutiva de la biología, retomando los grandes avances que esta ciencia ha tenido en los últimos 30 años. Así podemos ver que el carácter integral del proyecto original, estaba en función de integrar todos aquellos conocimientos básicos reduccionistas en un conocimiento más amplio. *“El proyecto del nuevo plan de estudios plantea la formación del biólogo de una manera integral, partiendo del hecho de que todo profesional de esta disciplina, independientemente del área en la que se desarrolle, debe tener una serie de conocimientos fundamentales sobre la teoría celular, el origen, la evolución y las funciones de las macromoléculas vitales, de los procesos biológicos, de la biodiversidad, del desarrollo de los seres vivos, de la biología de sistemas, de las relaciones de los organismos con el medio en el que se desenvuelven y de los procesos evolutivos”*<sup>132</sup>. Esta definición de los propósitos, es una muestra clara de lo difícil de establecer una tendencia reduccionista clara en los contenidos del plan de estudios, y es también objeto de controversia; pero no por esto no se puede deducir que el reduccionismo ontológico sigue estando presente significativamente en el fondo (contenido) y en la forma (enseñanza), dentro de la impartición de la biología

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación revelan que en el plan actual no existe una clara tendencia reduccionista. También es demuestra que existen otros elementos que compensan estos aspectos reduccionistas dentro de los contenidos temáticos, llegándose incluso a dar estos dos enfoques distintos en una misma materia; sin embargo, el hecho de que casi la mitad de las materias que se imparten tengan como objeto de estudio, el análisis puntilloso de los elementos constitutivos y de las partes celulares, moleculares y genéticas que suceden en un organismo o fenómeno biológico, revela que el reduccionismo como concepción filosófica, como herramienta metodológica y como teoría explicativa sigue siendo hegemónico. Dicho en otras palabras, el hecho de que no se pueda catalogar al plan de estudios como reduccionista, no quiere decir que el reduccionismo no esté presente y que mantenga un cierto dominio todavía sobre otros enfoques distintos. Simplemente hay que voltear un poco hacia los avances que se han logrado en biología molecular para

---

132 *Ibid.* pp. 1.

percatarnos del influjo reduccionista, como bien señala la Dra. Annie Pardo; “no hay que olvidar que los más grandes avances en la segunda mitad del siglo XX, en el área y en la actualidad en la biología, están dados por los aspectos moleculares; esto y la genómica que es una nueva rama de la biología, son lo que ha permitido, lo que ha dado el avance central”<sup>133</sup>.

Ahora bien, el problema del reduccionismo en biología y su injerencia en las enseñanzas en la carrera, no sólo está en función de una serie de contenidos programáticos, en donde se encuentran especificados más claramente los temas a tratar, sino que la impartición misma puede tener distintos matices, distintas formas de enseñar la biología. El hecho de que se traten temas desde el punto de vista estrictamente conceptual o teórico, o no tengan a ciencia cierta un enfoque reduccionista, no representa una garantía de que no puedan ser abordados bajo esta óptica. Si nos atenemos al hecho de que no sólo existe un reduccionismo metodológico, que podríamos describirlo a grandes rasgos como una serie de procedimientos experimentales para llegar a un determinado fin; sino que además existe un reduccionismo ontológico, el cual a su vez podríamos definirlo como el trasfondo teórico – filosófico que permite interpretar conceptualmente una serie de datos específicos, entonces arribamos a la idea que prácticamente cualquier cosa, cualquier problema en biología, cualquier hecho orgánico puede ser visto bajo un enfoque reduccionista. Este problema lo ve muy bien el Dr. Jorge Llorente Bousquets, el cuál nos dice, “*el reduccionismo en biología lo podemos tener, nos dediquemos a cualquier ciencia, y si queremos explicar el fenómeno de lo vivo únicamente a través de un enfoque, de un acercamiento, de una metodología, de una perspectiva, de una combinación de objetos y no de la totalidad*”; de igual manera el punto de vista del Dr. Alfonso Vilchis reafirma este polémico aspecto, “*el reduccionismo no sólo es parte de la biología molecular, la botánica también se puede tratar desde un enfoque reduccionista, la zoología también, es decir, si tú en botánica solamente vez la estructura de un vegetal, si después no hay una relación con las condiciones de vida, con la ecología, pues estás tratando también un enfoque reduccionista en la botánica, en la zoología es igual, si tú ves solamente la anatomía, sin ver todo lo demás, funciones, etc*”. A estos comentarios yo agregaría que en materias, incluso, en donde la perspectiva inicial de los contenidos pudiera ser antirreduccionista u holista en la serie de temas a tratar a lo largo del semestre, la cátedra dispone de una libertad de acción que puede o no estar orientada hacia un reduccionismo dependiendo del enfoque del profesor.

Este aspecto es muy importante, porque si se quisiera demostrar la influencia concreta que tiene el reduccionismo actualmente en la forma de explicar y entender la biología, mediante un estudio más detallado y exhaustivo, se tendría que tomar en cuenta dos ejes fundamentales para llevar a cabo la investigación. En primer lugar, y creo que esta tesis es precisamente una muestra de ello, es de revisar la estructura de los contenidos

---

133 Ruy Pérez Tamayo en su libro “*Acerca de Minerva*”. Cap. XI. Pag. 45; nos menciona tres de los principales avances que se han dado en esta materia; los cuales son 1) la elucidación de la estructura química de los ácidos nucleicos, macromoléculas poliméricas gigantes que desempeñan papeles centrales en algunos de los procesos biológicos más importantes, como la codificación y la transmisión de la información genética y la biosíntesis de las proteínas; 2) el desciframiento del código genético, o sea el lenguaje utilizado por la naturaleza para escribir las instrucciones necesarias para la construcción de todos los organismos vivos, desde los más pequeños hasta los elefantes; 3) el análisis de los mecanismos moleculares que permiten la expresión de los mensajeros cifrados, a través del código, en la estructura química de los ácidos nucleicos, o sea las reacciones químicas celulares que culminan en la síntesis de proteínas.

temáticos del plan o planes de estudio considerados, conociendo además la opinión de quienes se dedican a la impartición de la biología; y por otro lado, quizá con más tiempo y recursos, con una estructura de trabajo mayor, el de sondear directamente las clases, evaluando de alguna forma la información vertida en ellas, conociendo además la opinión de los propios alumnos a lo largo del curso. Solamente al enfocarnos en estos dos aspectos (los contenidos de las materias y el contenido de las clases), podemos tener una visión más amplia y exacta de esta problemática, aunque de las dos partes se puede llegar a establecer conclusiones. Para el Dr. Alfonso Vilchis esta cuestión queda muy clara *“una cosa es lo que esté en el plan de estudios y otra cosa es lo que los maestros expongan, lo que los maestros ofrezcan, porque puede ser, por ejemplo, que una materia sea muy ambiciosa en su currículo, que se aborden muchos temas, que se trate de una visión muy integral de las cosas, pero si el profesor que da estos temas específicos tiene un sesgo profesional en su carrera como investigador, pues de diez temas se va a enfocar solamente en cinco, que son los que maneja, y a lo mejor los va a dar con mucha profundidad y los otros cinco los va a dejar de lado. Entonces aunque los planes estén estructurados en forma muy completa – y lo podemos ver revisando cada una de las materias de los temarios –, ya es como el profesor específico aterriza esto”*.

La importancia, que radica en hacer clara la referencia a un reduccionismo ontológico, está relacionada precisamente con tratar de indagar hasta el fondo de la problemática, de tratar de deducir cuál es la base epistémica que subyace detrás del quehacer científico y académico, no se trata solamente de ver qué herramientas o técnicas de trabajo se usan, ni qué elementos de cuantificación permiten realizar un estudio biológico, ni tan solo de medir el grado de especificidad de un tema con respecto a otro; sino precisamente de hacer un ejercicio de reconocimiento de cuál es la forma común de ver la biología; cómo comprendemos el fenómeno de la vida, de qué carga conceptual disponemos para explicar y explicarnos a nosotros mismos las distintas problemáticas que se presentan en nuestra área de estudio. Es cierto que estos elementos anteriormente mencionados, brindan información valiosa con respecto a una forma determinada de hacer ciencia y que responden a una tradición científica hegemónica que marca tendencias a seguir; pero no es sólo eso, el problema del reduccionismo va más allá de la simple apariencia, este asunto además tiene que ser visto en torno a cómo se comprende y se interpreta el mundo, cómo se interioriza y cómo nos relacionamos con este, en un caso concreto como lo es el de la biología.

Aunque si se analiza más a fondo el problema de cómo se presenta el reduccionismo, podemos notar en principio dos formas básicas. En primer lugar, retomando esta misma idea, el reduccionismo no sólo tiene que ver con las técnicas y metodologías empleadas, que a su vez generan toda una gama de datos particulares sobre el estudio de una parte específica de un organismo o fenómeno biológico (reduccionismo metodológico), sino que además estos datos o elementos obtenidos se interpretan de manera parcializada y segmentada, sin ningún elemento integrador que relacione la información en un esquema más amplio, recayendo en este sentido, en un esencialismo en donde las partes o unidades se presentan ontológicamente previas al todo, constituyéndose en base a ellas todo el conjunto global al que nos estemos refiriendo (reduccionismo ontológico).

En último caso, y en el cual todos los entrevistados coinciden, es que el optar por el uso de estrategias de investigación analíticas no implica tener una base explicativa reduccionista, el uso de técnicas analíticas es sólo un paso necesario, que genera en buena medida conocimiento válido, pero de ninguna manera el trabajo llega hasta ese punto, mucho menos que determine la interpretación de los resultados. Este creo yo es el punto

clave para entender y diferenciar la postura abiertamente reduccionista como la de Edward O. Wilson o Richard Dawkins por ejemplo, y las posturas que están a favor de un tipo de biología más holista, aunque sin dejar a un lado totalmente la utilidad del reduccionismo. Esta idea la vemos reflejada en algunos casos formales de la biología que nos relatan el Dr. Juan Núñez Farfán y el Dr. Alfonso Vilchis respectivamente: *“efectivamente si lo pensamos en términos de lo que hizo Andrea Vesalio, entender digamos la circulación, pues evidentemente, que la abstracción del sistema circulatorio como un sistema hidráulico, evidentemente nos dio pues el entendimiento, pero digamos tampoco nos dice cómo funciona el organismo; que finalmente a todos les circula la sangre, pero no nos dice que eso sea determinante en el éxito reproductivo o en la evolución de los organismos per se”,* ó *“por ejemplo, en muchas áreas el modelo del operón de Jacobi Monod, si se hubieran solamente quedado en los datos cinéticos del modelo, no lo hubieran podido interpretar con una visión más amplia como lo es el modelo del operón, un modelo de regulación de interacción de elementos; entonces ahí tenemos un ejemplo de un enfoque analítico reduccionista, pero una interpretación integrada”*.

Con estas valoraciones volvemos a plantearnos la necesidad de crear métodos de integración y de análisis no reduccionistas que le den una salida viable a todo un cúmulo de conocimiento, pero para que se de este paso de una visión segmentada y parcializada, a una óptica mucho más general que aborde una horizonte más amplio, se tienen que subsanar algunas cuestiones de fondo. En torno a esto el sentir de la Dra. Monserrat Gispert con respecto a la respuesta que obtiene del nivel académico de los alumnos de la carrera es que existe *“una falta de información puntual o profundización conceptual”*. Se presentan de esta manera totalmente descontextualizados de su entorno, no sólo en lo social, sino inclusive de su entorno biológico; esto sin duda, impide que el estudiante integre de mejor manera el conocimiento que tiene, se genera una barrera entre la información por un lado, y su orden relacional mismo. Por mucho conocimiento, datos, información, teoría, que el estudiante obtenga de la carrera, si no existe un fondo filosófico – conceptual, es muy complicado que se logre formar generaciones que sepan darle un mejor y más completo sentido a la biología. La cita de la Dra. Monserrat Gispert es muy clara en este sentido; *“yo lo que siento es que están descontextualizados de muchísima de su información que tienen, esta parcializada, y al estar parcializada, pues no pueden dar una visión de conjunto, eso es una de las cosas que me parecen muy graves, y yo creo que parte de eso es formación, que hay ciertas disciplinas que, o han desaparecido, o se tocan tan rápido que no se penetra en por lo menos los conceptos principales de la disciplina”*. Es cierto que existe un ambiente cultural empobrecido, en donde cada vez es más difícil tener acceso a una buena educación, en donde el costo de la vida cada vez es más caro, y por lo tanto, el acceso a los libros, eventos y distintos medios que favorezcan una mejor educación científica y no científica, va reduciendo cada vez más su campo. Aunado a todo esto a un deterioro académico que se arrastra desde tiempo atrás que se ve sin duda reflejado en una disminución considerable de manejo de información y de herramientas conceptuales.

Pero esta realidad se tiene que ver desde la academia misma, que es lo que se propone directamente en la impartición de la biología en la Facultad de Ciencias, qué tipo de biología se enseña y con qué fines, en este caso es muy importante que se retomem los objetivos centrales de la propuesta de reestructuración de los planes de estudio para ver si de alguna manera, se ha avanzado en enseñar una biología más integral. Por lo que respecta a los puntos de vista generados en las entrevistas, se extrae que existe una enorme inquietud de parte de los entrevistados de generar una biología más orientada hacia lo holista, hacia la

explicación de sistemas complejos que permitan resolver problemas tan graves como el deterioro ambiental o el calentamiento global, que analizados, por ejemplo, bajo una lógica únicamente reduccionista no satisfacen del todo estas problemáticas. Lo que esta tesis demuestra también, es que si por un lado se agregaron algunos de estos elementos integradores en la estructura curricular, - una muestra de ello es la materia de Filosofía e historia de la biología, por ejemplo, - tampoco queda muy claro como esta orientación se ve reflejada en las demás materias, sobre todo en las que contienen un alto grado de reduccionismo, lo más claramente que se puede decir, es que las materias con un enfoque reduccionista se encuentran en un relativo equilibrio con las materias con una perspectiva más integral, lo que ya en sí representa un avance con respecto al mayor sesgo reduccionista que presentaba el viejo plan de estudios, sin embargo la fusión en un contexto más amplio de estos dos enfoques no queda del todo clara.

Para terminar con una visión parcializada de la biología se tienen que complementar tanto el enfoque reduccionista como el enfoque holista, dentro de un sistema orgánico que permita acercarse mejor al fenómeno biológico mismo.

El planteamiento de esta posibilidad en la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias se tiene que ver reflejado en el contenido de cada materia y en cada tema que se imparta, como señala el Dr. Alfonso Vilchis, *“todas estas cosas que cada materia debería de incorporar dentro de sus propios planteamientos y no solamente dejarlo al final, porque al final a la mejor ya no se puede ver, sino a lo largo de toda la exposición de los temas, siempre presentando también estas interpretaciones, esta interpretación crítica de la misma información. Y que los alumnos fueran tomando desde el primer semestre, se fueran embuyendo de esta actitud crítica, de esta amplitud de miras, no irse cerrando el panorama, sino al contrario ir abriéndolo”*. Por ello, es necesario que al alumno que cursa la carrera de biología se le den los elementos suficientes y necesarios que permitan formar en él un criterio que responda de manera adecuada a las problemáticas que actualmente se enfrenta el biólogo. Tomando en cuenta que la biología, avanza cada vez más en la conquista de nuevas y más profundas fronteras del conocimiento, pero de la misma manera se le presentan problemas cada vez más graves y complejos a una escala global sin precedentes en la historia como la extinción de especies, la desertificación en algunas áreas del planeta, el cambio climático, etc; asociados todos ellos a factores sociales es que se vuelve impostergable la revisión de los contenidos generales que se pretenden dar al formar nuevas generaciones de biólogos.

Retomando el tema, si se plantea que el biólogo actual debe tener una visión holista de los problemas en biología, teniendo los elementos que le permitan en cada caso integrar de mejor manera la información que tiene, reestructurando el conocimiento bajo nuevos tipos de enfoque, para dar alternativas viables y mejores formas de abordar los problemas en biología, entonces queda claro que desde la academia misma, ya sea desde los contenidos a tratar en cada materia, o desde la docencia, se debe tomar en cuenta la importancia de tocar aspectos de carácter filosófico, epistemológico, evolutivo y social que permitan enriquecer el bagaje teórico – conceptual del alumno, para así tener un mejor acercamiento a los problemas que cada quien afronte en las áreas que les correspondan. De igual manera este enfoque está encaminado para que la biología, se asuma como una ciencia que estudia la vida, no partes de esta únicamente, que la vida es un todo orgánico en el cuál nosotros mismos nos encontramos, que no sólo somos solo fríos espectadores, sino que nos encontramos dialécticamente dentro de los fenómenos biológicos mismos, afectando y siendo afectados al mismo tiempo.

Esta actitud crítica del biólogo impulsada desde la impartición de cada una de las materias que cursa, independientemente si son de corte reduccionista o no, debe además ser apoyado por la adopción de más materias con un enfoque humanista, filosófico y evolutivo que permitan tener un plan de estudios más completo. No se trata de eliminar, como bien dice la Dra. Monserrat Gispert las otras materias experimentales o más analíticas, por que ellas también son parte integral de la biología, y también ayudan a entenderla, sino de encontrar un equilibrio. Materias como Genética o Biología molecular de la célula, por ejemplo, que son totalmente indispensables para concebir la formación de un biólogo, pero siempre en función de elementos integradores que permitan darle un mejor sentido. No se trata de eliminar el reduccionismo, de negar su importancia, sino de ubicarlo dentro de un contexto más amplio, delimitando sus alcances y sus límites. En este sentido, la opinión vertida por los académicos entrevistados, se acoge al espíritu original de la propuesta de reestructuración del plan de estudios, en el sentido de darle a la carrera una orientación más integral e incluso multidisciplinaria de la biología. No es de extrañar, pues, que de las siete personas que entrevisté, ninguno cerró la posibilidad y viabilidad de que el plan de estudios actual contenga más materias con este enfoque, a pesar de que a comparación con el plan de 1967 sí se logró un cierto avance en este sentido.

Al respecto la Dra. Elena Álvarez Buylla comenta, *“sería muy recomendable incluir materias de índole de filosofía y de análisis crítico en el sentido profundo de la palabra, de los enfoques que se utilizan en biología, así como de metodologías novedosas tanto desde el punto de vista de herramientas formales, como computacionales, como todas aquellas por ejemplo, que se desprenden de los análisis de las ciencias de la complejidad, y los seres vivos son sistemas complejos por excelencia que podrían ser incorporados en el plan de estudios y materias que tienen un corte más integralista como obviamente la biología evolutiva, la biología del desarrollo, que tendrían que ser obligatorias para estudiantes con cualquier inclinación dentro de la biología”*. Es claro que si bien el plan de estudios actual comprende algunas áreas que pretenden tener un enfoque integralista, la propuesta vertida a lo largo de las entrevistas es que aún no se ha alcanzado un nivel aceptable de integración en la biología, todavía los conceptos siguen sin comprenderse totalmente y hasta cierto nivel desligados unos de otros, incluso el nivel de análisis experimental, por no decir reduccionista, sigue teniendo deficiencias e inconsistencias que en este mismo nivel no permiten desarrollar mejores estrategias analíticas. Del mismo modo, que no se puede decir que se imparte una biología enmarcada por un reduccionismo a ultranza, de la misma manera tampoco se podría decir que se ha alcanzado totalmente una biología plenamente integral, holística y sistémica.

Un aspecto que es fundamental para entender este problema, es que regularmente la información que recibe el biólogo, si no tiene los elementos suficientes para relacionar la diversidad de contenidos, se le presenta de manera parcializada, desligada una de otra, sobre todo si estamos hablando de disciplinas distintas. Esto que menciono cobra mayor importancia, si consideramos que la misma especialización y diversificación que han alcanzado las diversas áreas en biología, - cosa que no critico -, también ha repercutido en que cada vez se encuentren más separadas unas de otras, que cada vez el lenguaje se vuelva más específico en cada materia, y por lo tanto el vínculo discursivo común se vuelva menos claro. No es nada raro que una persona totalmente dedicada (o con un alto grado de especialización en) regulación génica, por ejemplo, de pronto no pueda saber mucho sobre sistemas acuíferos, o que simplemente no sepa encontrar las relaciones entre una cosa y la otra. Esta preocupación la comparte el Dr. Jorge Llorente al decirnos que *“la multiplicación*

de disciplinas en biología celular, molecular, biomedicina y especialidades de neurofisiología, fisiología celular, etc; han hecho que se disperse mucho de la interacción propiamente en el campo integrador de la biología que es de donde se desprenden originalmente”<sup>134</sup>. De igual modo esta separación o dispersión de la información repercute directamente en cómo se imparte la biología, en cómo en cierta manera también se estructura un plan de estudios y en cómo se orienta al estudiante. La Dra. Annie Pardo comenta lo siguiente; “como el problema es que probablemente hay un divorcio entre lo que conocen de esta parte de la biología, los profesores relacionados con esta área de la ciencia y lo que conocen de eso mismo profesores de biología que están dedicados a otras áreas de la biología. Entonces eso creo es un problema central, entonces el estudiante se encuentra de pronto de que lo que aprendió de los aspectos de la biología básica, biología molecular de la célula, etc; no se vea reflejado en lo que el estudiante después aprende al nivel de evolución, etc”. Así el problema se presenta bajo dos vertientes. En primer lugar, se tienen que eliminar las barreras entre lo que es propiamente una concepción global u holista de un fenómeno y una concepción reduccionista del mismo o de otros fenómenos, ambos planos de estudio se deben de integrar de manera dialéctica y sistémica, tomando en cuenta los factores que intervienen entre sí y que se afectan comúnmente.

Es lógico pensar que en la medida en que se va profundizando analítica y metodológicamente cada vez en un área de estudio, los alcances conceptuales se vayan acortando cada vez más. Incluso es necesario restringir el campo de estudio para poder abordar los problemas con más profundidad; saber todo de todo es prácticamente una tarea imposible, más si todavía se pretende conocer más allá de las fronteras estrictas de la biología, es una empresa aún más difícil. Pero por ello mismo es que la biología y con más razón la biología actual requieren de la interdisciplina y la multidisciplina como agentes potencializadores de una biología más orgánica y global, que ha su vez pueda tener una mayor injerencia en el ámbito sociedad – naturaleza; ya que los problemas a los que se enfrenta el biólogo actualmente tienen un fuerte contenido social y cultural<sup>135</sup>. En torno a esto la Dra. Ana Barahona menciona; “yo soy de las que opinan que la formación de los biólogos actuales tiene que ser una formación de ese tipo más hacia lo holista que hacia lo reduccionista, ¿porqué?; porque los problemas a los que nos estamos enfrentando y los jóvenes de ahorita lo van a enfrentar en 10 años peor que nosotros, requieren de estudios multi, inter o transdisciplinarios; me explico, el problema del cambio climático, la pérdida de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad, todo lo que tiene que ver con los organismos transgénicos, las terapias génicas, etc”.

Un aspecto que es sumamente importante en el estudio de la naturaleza, son sin duda las relaciones que guardan unos organismos con respecto a otros, o la relación que tiene un medio con respecto a las formas de vida contenidas en el y viceversa, así es como de igual

---

134 Del mismo modo Steven Rose en “*Lifelines. Biology, Freedom, Determinism*”. pp. 83; ve este mismo problema del distanciamiento que ocurre entre distintas disciplinas, relatándonos que “si bien existen publicaciones científicas generales como Nature en el Reino Unido y Science en Estados Unidos, que informan, sobre investigaciones en campos muy diversos, aún el científico de cultura más amplia podrá comprender uno o dos de las decenas de artículos que aparecen en sus ediciones semanales”.

135 Para Mario Bunge, los problemas epistemológicos y metodológicos se presentan en haces, deben ser abordados de modo correspondiente, vale decir en forma sistémica. Esto exige la combinación del análisis con la síntesis, la reducción con la fusión. La coalescencia de diferentes disciplinas para formar interdisciplinas, tales como la bioquímica, la neurociencia cognitiva, la psicología social, la socioeconomía y la sociología política es un triunfo del enfoque sistémico, el cual, sin embargo, es a menudo adoptado de manera tácita.

manera, las distintas disciplinas en biología deben estar más estrechamente relacionadas dentro de un marco de integración evolutivo y filosófico, que por su característica fundamental tiene la capacidad de hacer más coherente discursivamente otros tipos de conocimientos más especializados o particulares.

De esta manera es el marco conceptual rector de la Teoría de la Evolución, como inicialmente se había planteado en la Propuesta Original del Plan de Estudios, en torno al cual tendría que girar todo el discurso biológico, teniendo al mismo tiempo como contraparte y como fuerza motriz que relacione críticamente la diversidad del conocimiento en un ámbito más integral, el análisis filosófico de la biología.

## V. Conclusiones.

De esta manera, después de haber realizado un análisis crítico en torno a la viabilidad del reduccionismo y a otras posibles formas de abordar los problemas en biología, específicamente en este caso y materializado en los planes de estudio de la carrera de biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM; considero necesario tomar en cuenta que el reduccionismo como concepción del mundo o como estrategia de investigación, responde también – como ya se mencionó en el primer capítulo -, a un orden ideológico y discursivo imperante en la sociedad actual. La ciencia reduccionista en este caso se desarrolló de la mano de un sistema capitalista que a partir de su nacimiento en el siglo XVII hasta la época de la globalización característica de nuestros días, ha centrado su poder en el papel de los individuos como entes aislados; lo que en gran medida se entiende porque esta condición atomizada de los individuos permite el libre cambio en los mercados, además de facilitar fuerza de trabajo intercambiable en el proceso de producción. De esta manera, el reduccionismo no sólo respondía a una forma de concebir el mundo, sino que a su vez dotaba de herramientas indispensables para justificarlo. *“Dicha diferenciación tiene como causas las necesidades crecientes de la técnica y de la producción. Las ciencias en esta época se caracterizan por el predominio del método analítico unilateral de investigación de los objetos. Pero en la medida de que esta desmembración de la naturaleza para su estudio se acentuaba, al mismo tiempo, se reforzaba la opinión de que el análisis era el problema final de la investigación en la naturaleza”*<sup>136</sup>. El reduccionismo y su énfasis en el estudio de las partes, el reducir un fenómeno complejo a partir del desciframiento de sus constituyentes más elementales, que explican consecuentemente todos los demás órdenes de interacción, no deja de presentar un paralelismo con la visión burguesa del mundo, en donde el individuo es presentado de forma descontextualizada de su entorno social, asumiéndose del mismo modo, como el núcleo en torno al cual gira lo “otro”, la colectividad. De esta manera, la ciencia reduccionista no sólo brindó las herramientas y las explicaciones que se requerían para reproducir un sistema de producción debido a su gran capacidad analítica y de cuantificación, al estudiar los distintos fenómenos que se le presentaban; sino que además naturalizó esta forma peculiar de ver la vida, lo que al mismo tiempo, desembocó en la forma de ver y asumir los problemas sociales.

En la actualidad, este giro conceptual de ver a los organismos ya no como parte integrante y actuante de un entorno dinámico, sino como punto de gestación de todos los factores que intervienen en un contexto global, se encuentra ejemplificado en el resurgimiento del determinismo biológico a partir de la década de los setenta, en donde la condición humana, por ejemplo, es reducida a su mera biología, trasladando una serie de problemas sociales por antonomasia – como la pobreza, la violencia, la frustración -, a la estructura psíquica y genética del individuo. En este sentido Steven Rose y Hilary Rose definen al biologismo: *“el biologismo es el intento de ubicar la causa de la estructura actual de la sociedad humana, y de las relaciones de los individuos dentro de ella, en el carácter biológico del animal humano”*<sup>137</sup>.

Se entiende, así, como se ha venido discutiendo, que un problema social en este caso, dentro de la escala jerárquica reduccionista, puede ser explicado a partir de niveles

---

136 Díaz, V; Calzadilla, A. (2001). *El Reduccionismo, Antirreduccionismo y el Papel de los Enfoques y Métodos Generales del Conocimiento Científico*. Revista “Cinta de Moebio”. Septiembre. Num. 11.

137 Rose, S; Rose, H. (1979). *Economía política de la ciencia*. Nueva Imagen. México. pp. 151.

inferiores, de tal manera, que aspectos originados a partir de una compleja relación social – que en el caso de la sociedad capitalista es una estructura francamente opresora y desigual – pueden ser explicados a partir de las leyes biológicas, genéticas, químicas y por lo tanto físicas, que subyacen en el individuo. De esta forma, en biología la forma reduccionista de hacer ciencia, se ha constituido como la forma hegemónica predominante en la investigación y la docencia, además de que se concibe como la forma natural de entender los procesos biológicos, al mismo tiempo que ha desplazado otras perspectivas más integradoras, que analizan el problema no sólo como un ensamble de partes sino como sistemas dialécticos que permitan desentrañar una mejor interacción entre todos los componentes. Las posturas enfocadas más al estudio de procesos y de sistemas complejos, pueden brindar una explicación más integral de las cosas, además poseen el peligroso antídoto que subierte todo el edificio hegemónico, ideológico y conceptual en el que se sustenta el reduccionismo ontológico. A este respecto Steven y Hilary Rose añaden; “*se ha hecho más complicado desenmascarar la ideología reduccionista ya que los modos de pensamiento del reduccionismo se han hecho tan dominantes en años recientes que llegan a constituir lo que podría casi describirse como una ideología de la ciencia en sí, en la que se afirma que el reduccionismo tiene importancia universal, invalidando todas otras formas de conocimiento*”<sup>138</sup>.

Este “*optimismo*” reduccionista que se abandera como la estrategia de investigación y por consiguiente, como la forma idónea de enseñanza, cuya misión se encuentra encaminada a hacer progresar la ciencia hasta sus últimos límites, y en cuya confianza pretende crear la “*ilusión*” del arribo a una nueva era, en donde, los enigmas de la naturaleza pueden ser develados totalmente (Proyecto del Genoma Humano), además de que todos los problemas asociados a una terrible desigualdad social, pueden ser vistos y resueltos bajo la lupa reduccionista. Sin embargo, esta desmedida confianza apoyada en el proyecto reduccionista, no se encuentra sustentada íntegramente sobre términos exactos y precisos de sus objetos de estudio, como por ejemplo, “*el comienzo espectacular de la biología molecular ha llegado sin una definición coherente, exacta y rígida de lo que es el gen*”<sup>139</sup>.

El auge que presentan actualmente áreas como la ingeniería genética, la biotecnología y la neurobiología, entre otras áreas fuertemente genéticas y moleculares, se encuentran íntimamente ligadas a intereses económicos ligados a la producción y venta de distintos productos destinados principalmente a las áreas de la química farmacéutica, la industria alimentaria y la industria agronómica, como lo dice Francois Gros; “*El mundo de los negocios está extremadamente interesado en el desarrollo de estas líneas de investigación, y los biólogos obviamente tienen que tomar este interés en cuenta*”<sup>140</sup>. No es de extrañar, que los promotores del paradigma biotecnológico sean al mismo tiempo prominentes ejecutivos, los cuales se embolsan millones en base a la fluctuación de sus acciones en este rubro. “*La industria todavía vende ilusiones: cura para el cáncer, diseño de bebés, clonación y otros medios para alcanzar la inmortalidad. Saca provecho de la enfermedades y ansiedades inherentes a una sociedad dominada por la ciencia reduccionista*”<sup>141</sup>.

---

138 *Ibid.* pp. 152.

139 Rheinberger, H. J. *op. cit.* pp. 222.

140 Gros, F. (1998). *The Gene Civilization*. Mc. Graw Hill. Ney York. pp. 69.

141 Mae-Wan Ho. (1998). *Ingeniería genética. ¿sueño o pesadilla?*. Gedisa. Barcelona. pp. 74.

Así, pues, toda esta industria biotecnológica caracterizada por un fuerte enfoque neoliberal, se sustenta primariamente sobre un reduccionismo genético, el cual como ya se ha dicho, presenta erróneamente como principio básico que los “genes” o “códigos genéticos”, son la esencia más fundamental de los organismos, en donde la función que realiza cada uno de ellos puede definirse independientemente de la de todos los demás; ignorando las mismas evidencias científicas que revelan que los genes y genomas son inherentemente fluidos y dinámicos, que no permanecen estáticos de una vez y para siempre y que funcionan en una red compleja de causalidad multidimensional. *“Básicamente, los ingenieros genéticos creen que manipulando los genes se pueden resolver todos los problemas importantes del mundo. Razonan que, dado que los genes determinan los caracteres de los organismos, al cambiar los genes apropiados es posible diseñar organismos capaces de satisfacer todas nuestras necesidades”*<sup>142</sup>.

Inclusive con la producción a escala mundial de alimentos transgénicos, la ciencia reduccionista se ha asumido como la mejor estrategia para el combate a la pobreza y el hambre que arrastra un amplio sector de la población mundial, desresponsabilizando al mismo tiempo a las políticas de los Estados, y a la gran desigualdad que en materia de comercio internacional presentan los países en vías de desarrollo con respecto a los del primer mundo, que curiosamente – y principalmente Estados Unidos – bajo el auspicio de la Organización Mundial de Comercio, son los principales interesados de llevar a buen término los intereses de las firmas biotecnológicas. Este optimismo engañoso lo ilustra claramente la opinión de Francois Gros: *“ahora que gracias a la ingeniería genética, nuevos procedimientos son disponibles para modificar las propiedades de los microorganismos, plantas e incluso animales, ahora que las formas de plantas hechas a la orden pueden ser reproducidas en una muy amplia escala, hay una tentación de ver en esas habilidades una solución a las dificultades económicas que enfrentan los países en desarrollo”*<sup>143</sup>. En este sentido, a este reduccionismo genético que *“conceptualiza los genes como entidades discretas, como unidades funcionales de información que pueden ser precisamente caracterizadas, contadas, añadidas o sustraídas, alteradas, intercambiadas, o trasladadas de un organismo o especie a otro por medio de la ingeniería genética”*<sup>144</sup>; se asocia al mismo tiempo que posibilita, un reduccionismo económico *“otorgando apoyo conceptual al tratamiento genético como productos comercializables, los cuales son sujetos al intercambio comercial y a las suposiciones de la economía neoclásica”*<sup>145</sup>, basándose en el supuesto de que sólo esta lógica de mercado beneficiará a todos. Así, además de que tanto el reduccionismo genético – molecular, como el reduccionismo económico mantienen una alianza estrecha en los debates multilaterales en diversos foros internacionales; *“el reduccionismo genético y económico comparten los mismos errores fatales: la abstracción de la especificidad de la naturaleza espacial y temporal y del ambiente y contextos sociales en los que la naturaleza se desarrolla”*<sup>146</sup>. Además de esta reducción económica, promovida por la idea de “libre comercio” propia del neoliberalismo, los cultivos tradicionales, las costumbres culturales, los recursos naturales y toda la variedad biológica existente en cada localidad, son desvalorizadas por no ser partícipes de la racionalidad

---

142 *Ibid.* pp. 80.

143 Gros, F. *op. cit.* pp. 59.

144 Mc. Afee. *op. cit.* pp. 204.

145 *Ibid.* pp. 204.

146 *Ibid.* pp. 204.

tecnológico – científica, por no poseer el “valor que se agrega cuando estos recursos son “desarrollados” por tecnociencia formal”<sup>147</sup>, y por no ser patentables. Dicho en otras palabras, “la especificidad del lugar de los organismos y sus conductas, y la significancia inmanente del medio ambiente en el desarrollo e identidad de todos los organismos, es precisamente lo que es negado por el discurso del reduccionismo genético – molecular”<sup>148</sup>.

Ante esta problemática que surge a partir de una visión sesgada de la realidad, la ciencia debe de ser cuestionada seriamente, tomando en cuenta los mecanismos de análisis que desarrolla y qué clase de intereses promueve, si es que se quiere impulsar una ciencia que lejos de servir a un pequeño grupo de apoderados, rescate su función de servir al bienestar humano permitiendo su libre desarrollo, además de favorecer una educación que cuente con herramientas metodológicas, además de disponer también de herramientas críticas que permitan formar estudiantes con enfoques más cercanos al dinamismo y complejidad propios de los fenómenos biológicos. De igual manera, el sesgo reduccionista existente en la ciencia hegemónica, debe supeditarse a formas más integrales y holistas de estudiar la naturaleza, que permitan una mejor convivencia entre el ser humano y su medio, en donde las relaciones entre estos sean de reciprocidad, y no bajo la lógica del mercado, en donde la riqueza ecosistémica no sea fácilmente valorizada en términos monetarios, y del mismo modo, fácilmente comercializable. Así, pues, como dice Mathleen McAfee, “una ciencia más moderna ve a los organismos como sistemas complejos con propiedades emergentes que frecuentemente no son sujeto de cálculos avanzados, y rechazan las distinciones categóricas idealizadas entre partes y unidades y entre causas internas y externas”<sup>149</sup>. Tomando en cuenta esto, desde la academia misma, como centro formador de futuros profesionales del área, se debe promover este debate existente en la ciencia biológica actual. La oposición holista sistémico – dialéctica a una ciencia reduccionista que se ha caracterizado por ser incompetente al abordar las interacciones orgánicas, las interrelaciones ecológicas y sociales, no debe quedar confinada dentro de la agenda de un pequeño círculo de científicos expertos “capacitados” para abordar esta problemática, sino que debe ser un debate abierto al interior de las aulas universitarias, y hacia la sociedad en su conjunto.

La Universidad ante los retos que le depara el nuevo siglo, se encuentra en la necesidad de repensar el cúmulo de investigación y enseñanza superior que se produce en ella, por ser la institución en donde se concentran en mayor y mejor medida, y por que ante los embates de una política privatizadora impulsada principalmente por los centros económicos mundiales<sup>150</sup>, se encuentra seriamente amenazada en cuanto a sus principios humanísticos y sociales fundamentales. El neoliberalismo enfoca sus esfuerzos a todo aquello donde pueda obtener beneficios rentables para reproducir la lógica del mercado. Todo, desde la cultura, la alimentación, hasta la educación se encuentra enmarcado dentro de la agenda neoliberal. Esta estrategia de adelgazamiento de la educación como función pública la

---

147 *Ibid.* pp. 212.

148 *Ibid.* pp. 214.

149 *Ibid.* pp. 209.

150 Podemos citar a los “célebres” Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco Mundial (BM), la Organización Mundial de Comercio (OMC), en relación a tratados internacionales como el Tratado del Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA), el Tratado de Libre Comercio (TLC) e incluso, el Plan Puebla-Panamá (PPP); entre otros tratados que plantean la necesidad estratégica de fomentar la inversión privada en las instituciones de educación media y media superior, así como la investigación.

menciona José Guadalupe Gandarilla de la siguiente manera; “*el neoliberalismo, en sus versiones fundamentalista o de tercera vía, se estructura como un proyecto destinado a privatizar y mercantilizar todo lo que aparece como servicio público (la educación no es la excepción), y reconvertirlo en partes de mercado para el usufructo y la obtención de beneficios por parte del empresariado mundial – local. En tal sentido, las políticas de gobierno en dicho patrón de poder procuran el adelgazamiento del Estado, en su función social*”<sup>151</sup>; y más adelante menciona, “*las tendencias a la mercantilización y los procesos efectivos de privatización obedecen a una gran variedad de políticas estatales que buscan convertir a la institución universitaria en una organización que define sus acciones en función de relaciones mercantiles, y de operaciones del tipo compra – venta de productos educativos. Este significado se agudiza en un contexto social en el que la juventud de nuestros países está siendo cada vez más encaminada a un futuro de exclusión social*”<sup>152</sup>.

Esta tendencia asociada al rápido crecimiento de instituciones privadas de educación media y superior, - bachillerato, licenciatura y posgrado – en los últimos años, en donde además de su dudosa certificación, otorgada para dar estos “servicios” y su fusión integral con consorcios económicos<sup>153</sup>, nos hace reflexionar en torno a qué tipos de criterios deben guiar la educación pública universitaria y desde luego la educación científica y biológica. En este sentido, el problema del reduccionismo en la ciencia, en los planes de estudio de la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias, no es un caso aislado confinado a un espacio de discusión “*metaproblemática*”, sino que se encuentra asociado a toda esta problemática global en donde se ponen en juego, políticas educativas, diseño de programas de estudio, proyectos de investigación, herramientas culturales y recursos económicos que determinan el rostro de la Universidad y de lo que se pretende de ella en el tiempo venidero.

Para Pablo González Casanova, “*en el terreno de la educación, el neoliberalismo globalizador derivó en un proyecto general en que no sólo busca privatizar los servicios y los materiales didácticos, sino determinar cuantitativa y cualitativamente las necesidades y los objetos del saber y el saber hacer. Al efecto, señala los lineamientos generales para adaptar planes y programas a las necesidades de las empresas y a su objetivo fundamental de acumulación de riquezas y maximización de utilidades*”<sup>154</sup>. Este proyecto educativo, que sin ánimos de caer en un exceso del empleo del término, es francamente reduccionista, en el sentido de que para la lógica neoliberal y empresarial, la educación científica y no científica, ya no constituye un espacio único para formar profesionales como seres humanos íntegros, tomando en cuenta su labor de “*transmitir el saber formado hacia la sociedad, difundiendo la cultura más allá del campus universitario*”<sup>155</sup>, sino que ésta se reduce a formar cuadros que puedan ser fácilmente absorbidos por el mercado y que sirvan como medio de producción altamente especializada para dar viabilidad y validez a una estructura económica global. Este reduccionismo económico claramente notable, por ejemplo, en la producción de alimentos transgénicos, se vincula con el proyecto privatizador de la educación superior y su lógica de consumo. A este respecto González

---

151 Gandarilla, S. J. G. (comp) (2007). *Reestructuración de la Universidad y del conocimiento*. UNAM. CEIICH. México. pp. 59-60.

152 *Ibid.* pp. 61.

153 Ver, “La educación superior transnacional en México. El caso Sylvan” de Roberto Rodríguez Gómez, en Gandarilla, S. J. G. (comp) (2007). *Reestructuración de la Universidad y del Conocimiento*. UNAM. CEIICH. México. pp. 157-178.

154 González, C. P. (2001). *La universidad necesaria en el siglo XXI*. Era. México. pp. 25.

155 Gandarilla, S. J. G. *op. cit.* 35.

Casanova se pronuncia; “*hoy corresponde a un proyecto hegemónico de transformación de la educación en mercancía y de conquista del sistema educativo como mercado*”<sup>156</sup>. No es raro en este sentido, de que constantemente se quiera mermar a el sector público nacional con un recorte de presupuesto, que si en el caso de la UNAM, no se han llevado a cabo más recortes, no se debe tanto a la buena disposición gubernamental, sino a la presión que se ha ejercido desde esta misma institución.

Esta tendencia neoliberal mundial que se ha caracterizado por un ataque frontal a toda estructura que se sustente sobre una base social, promueve al mismo tiempo un tipo de conocimiento para sus intereses. “*Hoy día se busca un conocimiento útil, gestado en la acción orientado a “resolver problemas.” Frente al contemplativo, un conocimiento operativo*”<sup>157</sup>. Con el alto desarrollo tecno – científico que han alcanzado las ciencias duras, y entre ellas la biología en el ámbito de lo genético – molecular; las barreras entre intereses económicos y mercantiles y la ciencia biológica de punta parecen diseminarse y dar pie a un gran sector de científicos inmiscuidos en procesos mercantiles. “*Este proceso, culmina en la figura del científico empresario (de biotecnología) que, al patentar sus descubrimientos, consagra definitivamente el conocimiento como propiedad individual accesible al mercado*”<sup>158</sup>. En este sentido, el proyecto reduccionista sin un trasfondo integral que permita una práctica más conveniente de él, se establece como un tipo de conocimiento transferible, para ser aplicado en un mundo industrializado. A este respecto opina Perinat; “*por debajo de esta pulsión por un conocimiento operativo, impaciente por conseguir resultados inmediatos y rentables, se amaga una idea del conocimiento calcado sobre el de las ciencias duras. Es un proyecto radicalmente reduccionista*”<sup>159</sup>.

Que el conocimiento debe ser útil, y sobre todo el científico, no es algo que se cuestione, lo que se debe de poner en tela de juicio es ¿Para quién?, ya que es a partir de esta pregunta que el concepto cobra distintos sentidos. Como ya se ha dicho, el reduccionismo como concepción del mundo ha sido inherente al desarrollo capitalista, y sin embargo, también se han reconocido sus alcances y su utilidad; lo que es preocupante es que ante el gran deterioro ambiental que estamos sufriendo aunado a otros problemas de carácter biológico, producto de una sociedad de consumo, la biología puede ser un área más de las áreas en la que la lógica del mercado se imponga, y deje de lado, su función más orgánica y su capacidad de asociarse a otras áreas de conocimiento. En este sentido, la visión evolutiva de los distintos sucesos que acontecen en biología, debe revalorarse oportunamente retomando su aspecto central como eje rector de la impartición y construcción de esta disciplina.

Desde la Universidad, y en particular, desde la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias se debe contrarrestar esta tendencia que amenaza con reducir el conocimiento biológico a una serie de operaciones básicas únicamente, que lejos de permitir al biólogo afrontar integralmente los problemas lo desorienten en la búsqueda de mejores soluciones, volviéndolo fácilmente cooptable a los intereses monetarios. Antes que científicos somos seres humanos, y en este sentido, deben estar orientadas la enseñanza y la investigación. En este sentido, un mal empleo del método científico reduccionista también puede ser copartícipe del deterioro ecológico, económico, social y cultural al que las políticas

---

156González, C. P. *op. cit.* pp. 35.

157 Perinat, A. (2004). *Conocimiento y educación superior. Nuevos horizontes para la universidad del siglo XXI*. Pai dos. Barcelona. pp. 139.

158 Perinat, A. *op. cit.* pp. 143.

159 *Ibid.* pp. 141.

neoliberales pretenden llevar a la humanidad. Como dice Franz J. Hinkelammert, “*esta globalidad de la tierra que se nos impone por las amenazas globales, es producto del método científico parcializado y de la aplicación de sus resultados en el desarrollo técnico guiado por un cálculo costo – beneficio totalizado*”<sup>160</sup>. A este fenómeno, que transforma las actividades científicas y académicas en medios para obtener bienes, González Casanova lo define como “*capitalismo académico*”, el mismo que lo define como “*el conjunto de actividades que tienden a la capitalización sobre la base de la investigación universitaria o del conocimiento experto universitario que se realiza en busca de solución a problemas públicos o comerciales; o también como “los esfuerzos institucionales y del profesorado por obtener fondos externos a la manera del mercado o como parte del mercado*”<sup>161</sup>. Desde esta realidad, es de esperarse como consecuencia lógica, que no solo la investigación de punta esté orientada en este sentido, sino todas las demás funciones y lineamientos que hacen posible la Universidad, como el rango de la matrícula, los planes y programas de estudio, la libertad de cátedra, la redistribución y asignación del presupuesto a distintas áreas científicas y no científicas, los estímulos e incentivos a proyectos, los criterios de evaluación, etc .

Ante esto, es por lo que cobra más importancia, el preguntarse qué tipo de biología se enseña en la Facultad de Ciencias de la UNAM, y qué implicaciones tiene, ya que si se quiere recuperar y reforzar el espíritu original de el Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura de Biología; es decir, dotar la biología de un enfoque más integral y evolutivo, es necesario que se reflexione sobre la base filosófica, científica, política e histórica que subyace a la actividad estrictamente biológica. Para González Casanova, “*el especialista que hace explícita la filosofía que está detrás de su investigación o que deduce reflexiones teóricas y epistemológicas de su propia investigación es todavía excepcional*”<sup>162</sup>. Esta actividad crítica es indispensable en cualquier disciplina que se cultive, y constituye además, uno de los principales aspectos que se debe fomentar en la academia, de tal suerte que no sólo se tenga una mejor comprensión de lo que propiamente se estudia, sino que además permita ubicarlo en un contexto más amplio, permitiendo al mismo tiempo tender puentes con otras disciplinas para hacer un análisis más estructural de todas las implicaciones existentes en un problema específico.

Tomando en cuenta esta preocupación, la conclusión que se deduce del análisis del contenido de las materias del viejo con respecto al nuevo plan de estudios de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, a raíz del Proyecto de Modificación, y de las distintas opiniones recabadas de distinguidos académicos de esta institución; demuestra que existe un interés por dotar a la biología y a las enseñanzas de esta de un cuerpo más integrador y evolutivo, que permita darle una mejor funcionalidad dentro de este mismo complejo a estudios, incluso, de carácter más específicos y aplicados; sin asegurar, desde luego, que este objetivo se haya logrado aún o que la tendencia actual esté dirigida completamente en este sentido. Más aún, el sesgo reduccionista contenido en los planes de estudio sigue teniendo una presencia dominante.

Como respuesta a la lógica de mercado que pretende reducir la educación y la investigación a un proceso de instrumentalización tecno - científica únicamente,

---

160 Hinkelammert, F. J. (2007). La Universidad rente a la Globalización, en Gandarilla. S. J. G. (comp.). *Reestructuración de la Universidad y del Conocimiento*. UNAM. CEIICH. México. pp. 50.

161 González, C. P. *op. cit.* pp. 102.

162 *Ibid.* pp. 146.

descontextualizada y fácilmente cooptable, “se le opone la consideración de los bienes culturales y educativos como productos sociales, esto es, la consideración del campo educativo con objetivos que buscan la construcción de subjetividades libres que edifiquen otro tipo de socialización en oposición a la que gira en torno al exclusivo criterio de la rentabilidad y el mercado” <sup>163</sup>. Para ello, desde la impartición de la biología se debe de fomentar una visión más holista e integral que responda de mejor manera a los diversos aspectos que en biología se presentan, y a toda esta serie de problemáticas que se han mencionado, y que sin duda alguna, tienen una relación directa e indirecta con el ejercicio de esta disciplina.

Esto implica que el estudiante, académico o científico, enfocado a su área de estudio trascienda su propia actividad hacia un enfoque más integral de lo que hace. “A los filósofos ya no les toca hablar sólo de lo general ni a los investigadores científicos ocuparse sólo de los problemas particulares, nomológicos o idiográficos. La vieja división del trabajo intelectual de principios del siglo XX se abandona para ir al encuentro de otra nueva, que reformula a la clásica y que permite tanto subir como bajar de nivel de abstracción con crecientes vínculos entre lo experimental, lo práctico, lo histórico, lo político y lo teórico” <sup>164</sup>. Tomando en cuenta que en la biología se ha registrado un mayor avance y crecimiento de las áreas especializadas con respecto a aquellas que tienen un sentido más filosófico o integral <sup>165</sup>; es decir, aquellas que tienen un fuerte enfoque reduccionista con respecto a aquellas que tienen un contenido más holístico, es necesario impulsar la multi – e interdisciplina en la Facultad, en los institutos de ciencias biológicas y otros, a fin de acercar los distintos grados de conocimiento. “El objetivo interdisciplinario, con nuevas formas de especialización y de cultura general, tiene implicaciones muy grandes no sólo en la investigación sino en la educación y la difusión de las ciencias. Del diálogo se pasará al acercamiento institucional y a formas de comunicación interdisciplinaria básica en que se facilite el entrenamiento teórico y metodológico en campos de intersección de dos o más disciplinas para la investigación de un problema o fenómeno en variantes niveles de abstracción” <sup>166</sup>.

Así, pues, para lograr una concepción más holista e integral de la biología ya sea en la forma de enseñanza o en la estructuración de los planes de estudio, es necesario tomar en cuenta que se debe reflexionar no sólo en los aspectos generales propios que se presentan en cada área, sino en general de toda la problemática en la que se ve envuelta esta actividad científica; problemas tanto filosóficos, como evolutivos, históricos, epistemológicos, políticos, económicos y culturales. Por otro lado, y en estrecha relación con esto, se debe fortalecer la inter y multidisciplinaria para así vigorizar y darle un mejor sentido a la actividad propiamente teórica (integral) como a la experimental (analítica). Como ya se ha dicho, el alumno de la carrera de Biología necesita de un enfoque holista de los problemas en biología y una actitud crítica, que haga uso de la ciencia reduccionista, pero un uso como herramienta útil y limitada, no como conceptualización de la vida en sí. De esta manera, el reduccionismo, debidamente formulado y contextualizado cobra un mejor sentido a la luz de una biología holista e integral más propia de los nuevos tiempos.

---

163 Gandarilla, S. J. G. *op. cit.* pp. 8.

164 González, C. P. *op. cit.* pp. 146.

165 Díaz, V; Calzadilla, A. “El Reduccionismo, Antirreduccionismo y el Papel de los enfoques y Métodos Generales del Conocimiento Científico”. pp. 146.

166 González, C. P. *op. cit.* pp. 146.

De esta manera, después de haber tomado en consideración la problemática que implica saber hasta que grado se puede hablar de una vigencia del reduccionismo ontológico en los criterios académicos tanto en la forma en como se imparten los conocimientos, como en el contenido temático de las materias que constituyen el plan curricular de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, y su relación con varios aspectos, entre los cuales figura la posibilidad de llevar a cabo otro tipo de acercamiento que fortalezcan el ejercicio de esta disciplina, podemos concluir lo siguiente:

- El plan de estudios actual de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, no se puede catalogar clara y determinantemente de reduccionista, sin embargo, sí tiene un grado elevado de presencia.
- El sesgo reduccionista presente en el plan de estudios actual de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM (1996), disminuyó con respecto al plan de estudios anterior (1967), de tal manera, de que además de que se eliminaron contenidos fuertemente descriptivistas, se logró un relativo equilibrio con otros enfoques de carácter más integral, dentro de los que destaca el enfoque evolutivo.
- Siendo fieles a los lineamientos considerados en “*El Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura de Biología*”, para llevar a cabo el cambio de los planes de estudio, que dio origen al que actualmente se imparte en la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en el sentido de fomentar en el estudiante una visión más global e integral de la biología, no se puede decir que se haya logrado del todo, a pesar de alcanzar ciertos avances en este sentido. Del mismo modo que no se puede decir tajantemente que actualmente se enseña una biología enmarcada dentro de un reduccionismo a ultranza, tampoco se puede decir que se ha conseguido enseñar una biología totalmente enmarcada bajo conceptos integradores.
- Si bien, el enfoque reduccionista es actualmente considerado como un aspecto indispensable en la forma de entender y estudiar la biología, también se critican sus límites, sobre todo con respecto a los procesos de integración de la información que subyacen en esta disciplina. Con lo que existe una tendencia a asumir una postura de carácter más holista en biología.
- El hacer uso de herramientas metodológicas reduccionistas, no necesariamente implica tener una base explicativa en este mismo sentido. Dicho en otras palabras, optar por un reduccionismo metodológico en el plano experimental, no obliga irresolublemente a asumirse como un reduccionista ontológico, ni elimina la posibilidad de tener un enfoque holista o integral de los problemas en biología.
- Si se pretende tener un enfoque global de la biología y en específico de la enseñanza de esta, sobre todo y a raíz de las políticas neoliberales que tienden hacia la privatización de la educación superior en México, es necesario tomar en cuenta no solo los aspectos propios que se presentan en cada área en específico de la biología, sino que además se debe reflexionar sobre todas las implicaciones que suceden hacia fuera de esta área científica. Factores tanto filosóficos, como históricos, evolutivos, epistemológicos, políticos, ideológicos, económicos y culturales, deben ser considerados, impulsando la multi- e interdisciplina en la misma Facultad de Ciencias de la UNAM.

## Apéndice.

### **Entrevistas realizadas a distintos académicos con el objetivo de saber su punto de vista en torno al papel que juega actualmente el reduccionismo en la enseñanza de la biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM.**

**Alfonso Vilchis Peluyera.**

**Maestro en Ciencias. Laboratorio de Biología Molecular y Genómica.**

1. ¿Qué tipo de enfoque piensa debe tener el biólogo para afrontar las distintas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Bueno, históricamente la biología ha transitado metodológicamente por las sendas del reduccionismo, es decir, el analizar los problemas desde el punto de vista cada vez más profundo en el sentido de relacionar la estructura y la función. En este sentido la biología como tal, desde que se constituye como ciencia experimental en el siglo XX, ha tenido principalmente un enfoque reduccionista hacia el análisis de los problemas; y esto a dado unos resultados impresionantes. El reduccionismo como tal, como metodología, es una forma de abordar los problemas por partes dada la complejidad del fenómeno biológico, si tú lo vez desde el punto de vista, por ejemplo, de la física, y tú dices, bueno, la física el enfoque reduccionista, pues, es difícil separar en un experimento físico, por ejemplo, los experimentos de Galileo sobre el péndulo o sobre el plano inclinado ¿Qué es reduccionismo o qué es holismo?, al final el enfoque en las ciencias físicas, el enfoque experimental ha sido también el analizar los problemas por partes, es decir, tratando de separar si lo incidental de lo que es prácticamente la raíz del problema. Los enfoques, por ejemplo, de los experimentos de Newton, por ejemplo con el prisma, fueron enfoques analíticos y reduccionistas; la biología como su campo de estudio son fenómenos difícilísimos, el reduccionismo tuvo y ha tenido una lógica desde el punto de vista epistemológico, es decir, tú no puedes analizar un fenómeno biológico desde el enfoque holista o integrista como punto de partida, sí; entonces desde el punto de vista en las ciencias físicas como, por ejemplo, la biología molecular, la biotecnología, las ramas ya experimentales de la biotecnología, pues, su enfoque fue reduccionista.

Ahora bien, una cosa es quedarse en el reduccionismo, en el dato aislado, y otra cosa es ya la interacción de estos datos en un esquema conceptual teórico más amplio. En este sentido yo creo que actualmente, por ejemplo, la biología molecular, la fisiología, la genética, tratan ya de integrar esos datos en esquemas más amplios. Ahora bien, como análisis se cayó en el reduccionismo porque era la vía más fructífera y los logros de la biología en el siglo XX, la biología molecular, pues ahí está la lista.

Ahora lo que se trata es de rescatar esos datos y darles un esquema más integrado, es decir, pasar a un esquema más como se dice hoy día, más holístico, más integrativo, sin perder de vista de los fenómenos en biología al final siempre hay que otra vez rescatarlos en una dimensión estructural y en una dimensión temporal. La biología como tal, es una ciencia que estudia fenómenos históricos, fenómenos evolutivos, no es como la física, un experimento es igual ahora que la galaxia de Andrómeda, y las leyes de la física desde el origen del universo siempre han sido las mismas; entonces, en este sentido, la física es una

ciencia no anti-histórica, sino es ahistórica, es decir, su objeto puede ser el mismo hoy que hace cinco mil millones de años y en la biología no, la biología como los objetos son históricos el enfoque también debe ser de alguna manera como una narrativa, es decir, tú no puedes comprender un fenómeno molecular, sin comprender la historia, la evolución molecular que hay detrás de eso.

2. ¿Hasta que punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

Yo creo que el plan de estudios trata de alguna manera de dar elementos que antes no se contemplaban, es decir, si vemos los planes de estudio de la Facultad de Ciencias a partir de la segunda mitad del siglo XX, qué es prácticamente cuando se desarrolla como tal, se consolida la biología, vemos que el plan de estudios anterior, estaba basado principalmente en la influencia del Instituto de Biología, si; había cuatro botánicas, cuatro zoologías, más aparte una fisiología vegetal, más aparte una anatomía comparada, y había solamente una materia de biología molecular y era optativa. O sea, una de las áreas más fructíferas de la biología del siglo XX, la biología molecular estaba representada por una materia optativa que muchos estudiantes la podían o no tomar. Entonces eso desde el punto de vista de varios académicos crea un sesgo muy fuerte u una deficiencia muy fuerte metodológica y conceptual en la información que el egresado de la carrera tenía. Entonces sabía mucha Botánica cuando la sabía, sabía mucha zoología, pero sin embargo, en biología molecular, en bioquímica, en genética, sus conocimientos eran pobrísimos; porque el mismo plan de estudios relegaba estas materias, no les daba el peso específico suficiente, y fue hasta esta nueva revisión de los planes de estudios donde ahora sí se vio que estas materias que antes eran como los patitos feos, debían de tener una presencia básica a lo largo de toda la carrera, y por eso es que se crean tres biologías moleculares de la célula, se sigue conservando biología molecular, y se genera una materia de biotecnología. Es decir, se pretende que la carrera de Biología ya tuviera un enfoque además de actualizado evidentemente, que también hubiera esta información de la que antes se carecía, porque si uno dice, bueno, el reduccionismo no solo es parte de la biología molecular, la botánica también se puede tratar desde un enfoque reduccionista, la zoología también, es decir, si tú en botánica solamente vez la estructura de un vegetal, si después no hay una relación con las condiciones de vida, con la ecología, pues estás tratando también un enfoque reduccionista en la botánica, en la zoología es igual, si tú vez solamente la anatomía, sin ver todo lo demás, funciones, etc.

Desde ese punto de vista yo creo que en la Facultad la propia índole de las materias tiene que también seguir un enfoque analítico; el problema está en que solamente se quedaran en ese enfoque al exponer, por ejemplo, la biología molecular de la célula en donde solamente se viera el fenómeno como un dato aislado otra vez, moleculares sin haber una integración. Se pretende que el nuevo plan integre en varias materias estos enfoques, por ejemplo, Biología de procariontes, Biotecnología, en donde se da a la mitad de la carrera, en el quinto semestre, y donde, por ejemplo, los temas como ingeniería genética que pudieran ser considerados muy reduccionistas, pero al fin y al cabo, tenemos que alimentar al alumno con la información que el mismo ya trae, o que supuestamente el ya debe de traer de las tres biologías moleculares que previamente a de ver cursado. En este sentido, las materias por su propia lógica deben de tener primero un esquema de presentación totalmente basado en un enfoque analítico de los problemas, y ya es después de que ya se ha digerido esta

información que se puede dar un enfoque ya integral. Y sobre todo sin perder de vista que es muy importante que materias, por ejemplo, más integrativas como la biotecnología, que no se pierda mucho el enfoque crítico de esa información.

El caso específico de la materia que yo doy, que es la biotecnología con énfasis en ingeniería genética, eso, transgénicos, en fin todo eso, yo lo puedo plantear simplemente como una serie de experimentos de una transferencia de genes y la expresión de un gen en otro organismo. Si yo me quedara ahí no estaría diciendo ninguna mentira puesto que así son los esquemas experimentales, sin embargo, y es una opinión muy personal, desde mi punto de vista siempre he tratado de marcar eso dentro de una visión crítica de lo que eso significa, ya no solamente como una serie de metodologías de herramientas muy poderosas, sino también el papel que están jugando hoy día en el desarrollo ya no solamente de las ciencias sino en el desarrollo también social.

Entonces, desde ese punto de vista, tú no puedes hacer una crítica, por ejemplo, de los transgénicos o de la ingeniería genética, si antes no manejas el dato científico, el dato técnico, el dato genético, pues entonces, si no manejas eso tú crítica, es una crítica que desgraciadamente hoy día se observa muchísimo, es muy hueca, es muy vacía. Por ejemplo, dicen ¡hay que estar contra los transgénicos!, pero la pregunta es, bueno, ¿Porqué?, sí, ¿Porqué son malos los trasgénicos o porqué son buenos?, ¿Qué beneficio o que perjuicio ocasionan los trasgénicos?. Entonces, desde ese punto de vista la información que se da, debe ser completamente amplia en todos los detalles técnicos, con todos los detalles científicos, pero también con la otra parte del problema, es decir, ver como esas metodologías están incidiendo en muchos aspectos hoy día de la sociedad, y que aparentemente, permanecen para nosotros o para mucha gente invisibles. Pero no se ven para los alumnos, si tú no les haces ver esto, a lo mejor toman y captan un concepto de la ingeniería genética como la gran panacea; lo que va a resolver todos los problemas. Eso sería dar una información desde mi punto de vista sesgada y no estoy diciendo que sea incorrecta, un alumno puede saber precisamente como hacer un protocolo de ingeniería genética y ya quedarse ahí, sin ver todas las consecuencias que esto puede tener.

¿Hasta que grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?

Yo creo que lo que se pretendía con este nuevo plan de estudios era dar una visión más integral, una visión más integrada, sin embargo, he notado que en algunas materias la información quedó reducida. Entonces es ahora sí un reduccionismo cuantitativo, y eso yo así muy sinceramente una cosa es lo que este en el plan de estudios y otra cosa es lo que los maestros expongan, lo que los maestros ofrezcan, porque puede ser, por ejemplo, que una materia sea muy ambiciosa en su currículo, que se aborden muchos temas, que se trate de una visión muy integral de las cosas; pero sí el profesor que da esos temas específicos tiene un sesgo profesional en su carrera como investigador, pues de diez temas se va a enfocar solamente en cinco, que son las que el maneja, y a lo mejor los va a dar con mucha profundidad y los otros cinco los va a dejar de lado. Entonces aunque los planes estén estructurados en forma muy completa - y lo podemos ver revisando cada una de las materias de los temarios - , ya es como el profesor específico aterriza esto. Entonces ahí yo creo que sería interesante hacer una especie de diagnóstico de evaluación con calidad como se está presentando esta información, porque la idea era precisamente abrir el panorama de temáticas, presentaciones, en conceptos inclusive respecto al plan anterior. La cuestión es

¿Se está haciendo o no?. Entonces yo creo que ahí sería interesante hacer esta evaluación partiendo, no se, de cuestionarios tal vez a los alumnos, y tratando de ser sensible a lo que el propio alumno percibe de la materia, es decir, lo que el alumno espera antes de meterse a la materia y como la ve después de que tiene la última calificación. Yo creo que eso sería importante hacerlo porqué, desde mi muy personal opinión otra vez, como profesor yo lo que siento es que los alumnos cada vez piensan con menos información, manejan cada vez menos información, y en mi materia que debían de saber ya los fundamentos bioquímicos, genéticos, moleculares, simplemente tengo otra vez que retomar muchas cosas; entonces parto de la idea de que no hubieran tomado esas materias, eso es muy grave, porqué entonces, tú dices, bueno, entonces para que están las materias, si en cada nueva materia hay que empezar a llenar esos huecos. Y eso sí es un problema muy serio que yo he notado, ya llevo 27 años de profesor en esta facultad y he visto si un decremento, un declive en el nivel de información y la cultura biológica de los muchachos. Un biólogo no puede ser un egresado completo si no tiene una cultura biológica de su disciplina, entonces hoy día yo le puedo asegurar que el 90% de los egresados carecen de esa cultura biológica mínima, ya no digo yo ¿Quién fue Shakespeare?, o que me diga cinco obras de teatro de William Shakespeare o de Cervantes ¡no!, sino de su propia disciplina; eso yo veo que es un gran problema cultural, que habría que buscar una solución, y yo por lo pronto en mi materia trato en el poquito tiempo que puede ser un cuatrimestre de aportar elementos culturales de la biología, hacerles ver cosas, darles capítulos del libro, ampliándoles su horizonte cultural; pero pues eso es prácticamente tratarle de poner puertas al mar, como se dice, si no hay esta cultura biológica enraizada desde el inicio de la carrera, es muy difícil que al final el muchacho tenga interés en conocer esto porqué su misma dinámica de las materias, de las clases, de los trabajos semestrales, de los exámenes, prácticamente lo van limitando en su margen de lecturas, y si aparte no sabe que leer, todavía está peor.

### 3. ¿Qué piensa acerca de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo, la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales....El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia.”

Yo creo que a Wilson le faltó la segunda parte, es decir, el reduccionismo metodológicamente es una forma de abordar los problemas complejos como son todos los problemas biológicos; tú no puedes abordar los problemas sin reduccionismo, el problema es quedarte en el reduccionismo, o sea interpretar los datos desde el punto de vista reduccionista, y por eso digo que a Wilson le faltó la segunda parte. Es decir, a Wilson le faltó esa segunda parte, el enfoque reduccionista otra vez es un enfoque analítico, metodológico, pero la interpretación debe ser integrada. Si uno interpreta los datos reduccionistas desde el punto de vista reduccionista, está perdiendo yo creo toda la riqueza biológica; se está quedando con los árboles sin ver el bosque, como se dice. Entonces, claro ahí están los logros de la biología molecular, el enfoque reduccionista, sin embargo las interpretaciones reduccionistas de los fenómenos lo que nos lleva es a una visión muy parcial de la comprensión de los mismos fenómenos.

Esto está claro, por ejemplo, en muchas áreas donde si por ejemplo, el modelo del operón de Jacobo Monod, se hubieran solamente quedado en los datos cinéticos del modelo no lo hubieran podido interpretar con una visión más amplia como lo es el modelo del

operón, un modelo de regulación de interacción de elementos; entonces ahí tenemos un ejemplo de un enfoque analítico reduccionista, pero una interpretación integrada. Entonces la cita de Wilson, evidentemente es una cita coja, es una cita que inclusive a Wilson yo le pediría un ejemplo de interpretación reduccionista de muchos fenómenos que se hallan quedado y que pueden explicar desde el punto de vista estrictamente reduccionista eso. Veo con el ejemplo del operón de Jacobo Monod, en donde si bien los esquemas metodológicos fueron reduccionistas porque no podía ser de otra manera, la interpretación, la integración de estos datos no se quedó simplemente en los datos moleculares, sin ellos después integrar todos estos datos en todo un esquema de fisiología bacteriana, y este esquema de fisiología bacteriana fue lo que le dio sentido precisamente a esos datos moleculares.

Entonces, yo creo, que es una falsa dicotomía la que se quiere dar a entender cuando se dice “*el enfoque reduccionista es el único ó el enfoque holista o integrista es el único.*” Yo creo que no, que los dos son totalmente complementarios y son necesarios, no son suficientes ninguno de los dos, son necesarios los dos, pero son suficientes los dos a la vez para tener una visión integral, una comprensión de los fenómenos. Y por ejemplo, en relación a esto una rama hoy día que se empieza a desarrollar mucho es la de los sistemas complejos, si es decir, el de los sistemas biológicos como un sistema de interacción; muchas partes en donde si hay que analizar, fraccionar los fenómenos, pero después la integración, la explicación no puede ser a partir de los postulados reduccionistas, porque entonces no explicarías nada. Desde el punto de vista inclusive, un ejemplo así muy traído y llevado, si tú juntas el cloro y el sodio, son dos elementos que por sí son totalmente venenosos, los juntas y te da la sal de mesa, con unas características que no puedes deducir a partir simplemente de las propiedades químicas, inclusive por mecánica cuántica del átomo de cloro y del átomo de sodio, un ejemplo tal vez muy burdo, pero es un ejemplo ilustrativo de lo que tú no puedes predecir, ni derivar, ni inferir las propiedades organoeléctricas, químicas, bioquímicas del cloruro de sodio a partir de sus elementos constitutivos, del átomo del cloro y del sodio; y estamos hablando de una interacción de dos átomos. Ahora cuando esto lo extrapolamos a fenómenos biológicos aparentemente más sencillos, vemos que la complejidad aumenta muchos órdenes de magnitud. Entonces el enfoque reduccionista de análisis no puede ser llevado al nivel de explicación o de interpretación.

Entonces esta nueva rama de la biología, los sistemas complejos pues nos da un nuevo punto de arranque conceptual en la interpretación de los fenómenos, propiedades emergentes que van surgiendo en niveles de organización y que tu no puedes de un nivel de organización explicarlos desde el punto de vista más elemental de la mecánica cuántica, por decir algo, como en el ejemplo este del cloro y del sodio.

4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

Yo creo que es totalmente necesario, indispensable, esencial que se de esto, yo creo que las interacciones en los fenómenos biológicos, eso es lo que genera esa riqueza y esa complejidad, entonces, desde mi punto de vista es muy necesario que en materias en donde se dan estos casos específicos, pero no solamente en una materia que sea “*Interpretación de los fenómenos complejos I*”, o “*Fenómenos complejos II*”; si no que cada materia, cada temario debe de incluir estos enfoques integrativos, estos enfoques de interpretación

conceptual de los fenómenos biológicos y no solamente verlo al interior de la Biología, sino también al exterior; como todas estas interpretaciones también tienen un componente social, un componente ideológico, un componente histórico socialmente determinado muy importante. El porqué interpretamos hoy día ciertos fenómenos biológicos con un esquema y no con otro, porqué se investigan ciertas cosas y no se investigan otras; por ejemplo, por que no se ha desarrollado la vacuna contra la malaria cuando ya está prácticamente, metodológicamente y técnicamente disponible. Todas estas cosas que cada materia debería de incorporar dentro de sus propios planteamientos y no solamente dejarlo como usted decía al final, porqué al final a la mejor ya no se puede ver, sino a lo largo de toda la exposición de los temas, siempre presentando también estas interpretaciones, esta interpretación crítica de la misma información. Y que los alumnos fueran tomando desde el primer semestre, se fueran embullendo de esta actitud crítica, de esta amplitud de miras, no irse cerrando el panorama, sino al contrario ir abriéndolo.

Y eso no hace falta, vuelvo a decirlo, una nueva materia, sino que en cada una de las materias se debería de incorporar esto, por lo menos esa es mi visión, y es lo que yo en lo personal en mi materia trato de incorporar. Y nuevamente como le dije desgraciadamente tenemos el handi cap, tenemos la desventaja de el nivel cultural bajo, entonces este nivel cultural habría que hacer un esfuerzo los alumnos y los profesores, para tratar que estas lagunas se fueran cada vez cerrando más.

¿Esa disminución que usted percibe digamos en el nivel cultural, tendrá alguna idea del porqué se ha venido dando ese declive?

Yo creo que esto es también parte de un fenómeno global, social, yo creo, no le hecho la culpa a los alumnos, sino es un resultado, una consecuencia de también un deterioro social, cultural en nuestra sociedad. El acceso tal vez más limitado a los libros, distractores como la televisión, la radio, el cine, un ambiente cultural cada vez más empobrecido en este país. Todo esto de alguna manera se refleja desde que el alumno entra en la primaria; entra en la primaria y ve esta pobreza conceptual, regresa a casa y ve la televisión mexicana que da horror verla, o el radio, entonces este contexto cultural cada vez más empobrecido, pues se va a reflejar en ese horizonte cultural cada vez más empobrecido. Y si después vemos que no hay una política editorial para que los libros sea más accesibles, pues, todo eso se destila en que un alumno que llega a la universidad, que de por sí es ya una fracción minoritaria, pues llegue totalmente sin armas culturales; y aunque nosotros como profesores tengamos, yo por lo menos siento esa obligación de tratar de compensar eso de alguna manera, pero luchamos contra un contexto cultural, social, familiar muy difícil. Pero yo creo que no hay peor lucha que la que no se da, entonces no soy pesimista, soy todavía optimista en que los muchachos si uno les da los estímulos adecuados lo saben; yo creo que no se vale bajar la manos, o resignarse a decir bueno pues yo no puede hacer nada, yo creo que cada uno, cada profesor, cada estudiante, desde su actividad puede hacer una trinchera para combatir esta mediocridad y este entorno social tan empobrecido, y es una percepción que la e visto reflejada en 25 años de labor académica, no es una percepción así esporádica, sino que es algo que desgraciadamente e visto que cada día se va confirmando más esto, este deterioro, y no solamente por parte de los alumnos, también en el cuerpo de profesores se ve esto también. No es un fenómeno aislado, es un fenómeno global social y que la Universidad es una caja de resonancia, en donde de alguna manera también se amplifican muchas de estas deficiencias, y es nuestra labor como universitarios que cada quién tome conciencia de

cómo puede incidir en tratar de rescatar todo lo bueno que hay en la juventud, de una forma crítica, de una forma seria, pero de una forma también divertida; la información no tiene que ser así pesada, ni rígida, ni dar miedo, la cultura debe ser algo agradable, el conocimiento debe ser una aventura, en donde los muchachos se sientan felices de haber nacido en una época como la nuestra, en donde estamos viviendo una gran revolución científica, una gran revolución técnica, una gran revolución cultural.

Sin embargo si nuestra visión como padres, como profesores y como mismos alumnos es una visión conformista, es una visión muy mezquina, pues de verdad nos estamos perdiendo una época única prácticamente en la historia del conocimiento.

**Ana Rosa Barahona Echeverría.**

**Dra. En Ciencias (Biología) del Departamento de Biología Evolutiva.**

**Dedicada a los estudios sociales de la ciencia y la tecnología.**

**Prof. Titular “C” de T. C.**

1. ¿Qué tipo de enfoque piensa debe tener el biólogo para afrontar las distintas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Pues mira, yo creo que es muy importante que todos los biólogos estén formados desde una perspectiva evolutiva, es decir, que tiene que, desde mi punto de vista, su información contemplar aspectos filosóficos y sobre todo enfocados particularmente a la teoría de la evolución y a las consecuencias que tiene el pensamiento evolutivo en nuestros días.

2. ¿Hasta qué punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

Bueno para empezar tendríamos que ver que significa desde mi punto de vista de lo que me estas preguntando el reduccionismo ontológico, yo pienso que la carrera de Biología que ya tiene actualmente como diez, once años de haberse cambiado, del antiguo plan del 67, fue un gran avance con respecto obviamente al plan anterior, pero sobre todo un gran avance con respecto a la enseñanza de la biología en México, porque incluyó aspectos evolutivos en diferentes materias, al incluirse por ejemplo, la historia y filosofía de la ciencia, la sistemática, la biogeografía, la genética evolutiva, etc; que hacen que según yo no existe tal. Si estoy entendiendo bien la pregunta desde mi punto de vista de esta inclusión, abriría las puertas justamente a una perspectiva no reduccionista.

¿Por ejemplo las materias de carácter muy molecular, como la Biotecnología, no estaría digamos inciertas dentro de un enfoque reduccionista?

A no si, si, pero si ves en general la carrera el plan de estudios, justamente es lo que te decía, al haber incluido toda esta parte de todo este grupo de materias que tiene un enfoque evolutivo, se abre la puerta a una perspectiva diferente, que es esa precisamente la que tu mencionas, no que si la carrera fuera puras materias como antes bioquímica, biología molecular de la célula, pues obviamente que esto si sería reduccionista pero según yo ese

sesgo se quitó cuando fueron incluidas estas materias con una perspectiva completamente antirreduccionista.

¿Hasta qué grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?

Hasta qué punto .....

¿O sea, aumento digamos esa visión de materias reduccionistas, por lo que usted me está diciendo al parecer no, no se, sería cuestión de que usted me dijera si hubo un aumento de materias de carácter reduccionista o no con respecto al viejo plan?

No mira, yo participé en la transformación del nuevo plan, y por ejemplo, materias que se tomaban antes, que fue lo que yo estudié, tomabas una materia que era hongos, otra materia eran , bueno de animales no me acuerdo, pero de plantas yo me acuerdo que veíamos en Botánica I, Botánica II, Botánica III, Botánica IV, y lo que veías es los diferentes grupos taxonómicos y sus características. Entonces justamente ahora la visión es que ahora se habla de Biología de plantas I, Biología de plantas II, Biología de plantas III, Biología de plantas IV, y cuál es la diferencia, no solo es el título, sino que el enfoque de antes era un enfoque descriptivista, y un enfoque taxonómico, y ahora el enfoque de las materias pretende ser, no estoy diciendo que se haya logrado, habría que evaluarlo en su momento, pero pretende ser un enfoque que hable más bien de los procesos y de las causas y no de descripciones y taxonomía. O sea yo creo que el gran paso fue, pasar de una biología al estilo de la historia natural, que fue con la que yo estudié, que era describir y clasificar, a una biología que como escribe Mayr de las cosas últimas, o sea meter realmente un sesgo en toda la carrera, en el aspecto de los procesos, de las transformaciones, de la historia.

¿Y bueno con respecto al reduccionismo, si digamos, se puede decir que hubo, hay reduccionismo, no hubo reduccionismo, está presente, no estuvo presente nunca, que podría decir pues?

Es justo lo que estamos diciendo, según yo si hubo un reduccionismo en el plan anterior, y digo no me he puesto a meditar mucho, o sea lo tendría que meditar para contestarte si en el actual. Desde luego que a la mejor podríamos encontrar algunas áreas donde si sigue siendo una biología reduccionista, pero te digo el espíritu fundamental de toda la transformación de la carrera de Biología fue justamente evitar ese sesgo reduccionista, incluir el aspecto contrario. Ahora obviamente que vas a tener materias como Biología molecular, como Biotecnología, que por su carácter disciplinario, pues son reduccionistas, ¡por qué!, porque la explicación se reduce a lo que está ocurriendo a nivel genético, pero por otra parte y esto es parte importante de la biología, tienes disciplinas integradoras que por supuesto que se están dando de otra forma.

3. ¿Qué piensa acerca de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo, la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales.... El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia”

Lo que pasa es que aquí no se está refiriendo a un reduccionismo ontológico. Wilson se está refiriendo a un reduccionismo metodológico, hay diferentes clases de reduccionismo, el reduccionismo ontológico y el reduccionismo metodológico, y el reduccionismo epistemológico. Al que se está refiriendo aquí según yo creo haber entendido y habría que checar también la fecha en la que lo dijo, se refiere al reduccionismo metodológico, que efectivamente para hacer ciencia como se está haciendo ahora necesitas adoptar una visión reduccionista, pero metodológicamente, lo cuál no quiere decir que no pudieras tener una visión holista de todos los procesos naturales, es lo que opino de la cita.

¿Bueno pero su opinión es que entonces no hace alusión a un reduccionismo?

Si aquí lo dice, pero según yo es un reduccionismo metodológico no del que hemos hablado, del reduccionismo ontológico. O sea, la diferencia entre estos dos reduccionismos, es que un reduccionismo ontológico, lo que supone es que tu tienes una base explicativa única, por ejemplo en el caso de los genes, si estudias los genes te van a proveer explicación de todo de los ecosistemas, de la biosfera, etc. Pero eso es diferente, a decir que hay un reduccionismo metodológico porque que quiere decir un reduccionismo metodológico, que tú escoges separar en sus partes un proceso biológico o un individuo, o una especie o una población, la separas en sus partes, entonces estudias una, dos, varias de ellas, y luego vuelves a explicar el todo, pero son diferentes y aquí lo que yo creo que Wilson está hablando es de un reduccionismo metodológico, pero bueno yo no soy Wilson, y hay que ver en que contexto lo escribió.

4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

Yo soy de las que opinan que la formación de los biólogos actuales tiene que ser una formación de ese tipo más hacia lo holista que hacia lo reduccionista, porqué, porque los problemas a los que nos estamos enfrentando (y los jóvenes de ahorita lo van a enfrentar en 10 años peor que nosotros), requieren de estudios multi, inter o transdisciplinarios; me explico, el problema del cambio climático, la pérdida de la capa de ozono, la pérdida de la biodiversidad, por ejemplo, todo lo que tiene que ver con los organismos transgénicos, las terapias genéticas, o sea, todos esos problemas requieren de la interdisciplina, la multidisciplina. Entonces es necesario dar una visión de ello y por eso yo creo que es necesario introducir materia humanistas en la carrera de Biología, así como se introdujo Historia y filosofía de la biología, o otras materias que dieran una idea de los problemas a los que nos estamos enfrentando.

¿Faltarían pues, más materias en este sentido?      Sí.

**Annie Pardo Semo.**

**Biol. Doctora en Bioquímica, dedicada al estudio de las bases moleculares de la patogénesis de enfermedades crónico-degenerativas de pulmón.**

**SNI Nivel III. Prof. Titular “C” de T. C.**

1. ¿Qué tipo de enfoque piensa debe tener el biólogo para afrontar las distintas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Yo pienso que la formación a nivel profesional del biólogo debe contemplar un conocimiento básico de todos los aspectos de la biología. En términos generales, creo que el biólogo debe conocer tanto los aspectos moleculares que son básicos en la formación del biólogo, como una serie de aspectos relacionados con la diversidad y la integración desde el punto de vista evolutivo y desde el punto de vista ecológico, o sea, su relación con el medio ambiente. Esos conocimientos básicos, le permitirán poder después abordar cada uno o digamos, más que cada uno cualquiera de estos aspectos según su interés general, pero creo que también la formación del biólogo debe ser integral considerando, repito la parte molecular, que es lo relativo a la unidad de los sistemas vivos, la diversidad vista desde un punto de vista evolutivo, que esto es la diferencia fundamental de un biólogo con cualquier otro profesional que aborda sistemas vivos y su relación con el medio ambiente. Estos son los aspectos que creo debe contemplar una carrera de Biología.

2. ¿Hasta qué punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

No, no creo que el plan se pueda enfocar desde ese punto de vista. No hay que olvidar que los más grandes avances en la segunda mitad del siglo XX, en el área, y en la actualidad en la biología, están dados por los aspectos moleculares; esto y la genómica que es una nueva rama de la biología, son lo que ha permitido, lo que ha dado el avance central. De hecho yo diría así como la física en los principios del siglo XX, fue la ciencia que revolucionó una serie de conceptos, en este aspecto creo que la biología molecular ha traído una serie de modificaciones conceptuales grandes en la ciencia, y desde ese punto de vista, inclusive, en el desarrollo de la tecnología que ahora esta basada en aspectos de la biotecnología. De manera que no creo que tenga una visión reduccionista, creo que tiene una serie de elementos; y esto va ligado con la siguiente pregunta que comparándolo con el plan de estudios anterior, ¿hasta que grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?; creo que ahora hay más elementos de biología molecular, creo que el problema es que probablemente hay un divorcio entre lo que conocen de esta parte de la biología, los profesores relacionados con esta área de la ciencia y lo que conocen de eso mismo profesores de biología que están dedicados a otras áreas de la biología. Entonces ese creo es un problema central, el estudiante se encuentra de pronto de que lo que aprendió de los aspectos de la biología básica, biología molecular de la célula, etc; no se ve reflejado en lo que el estudiante después aprende a nivel de evolución, etc; y todo esto está ligado y la biología moderna está basada en gran parte en la base de esos aspectos.

Entonces a tu pregunta, no creo que la carrera sea reduccionista, si creo que todo conocimiento científico debe tener un elemento de reduccionismo, es decir, no es posible aprender una disciplina cualquiera que esta sea, sino se hace una reducción y entonces

aprender de una forma más profunda de estos aspectos. Lo que sería un error, es pensar que esto es toda la biología o que esta es cualquier otra ciencia, el estudiante debe tener elementos de poder integrar los distintos aspectos que está viendo en la carrera. Esto no es sencillo, y en parte creo, como te decía, es que hay un divorcio entre las partes que dominan cada uno de la académicos, y entonces, debería de buscarse aspectos que pudieran integrar. Pero de hecho, me parece inclusive que hay pocos elementos moleculares, debería haber mucho más todavía en la carrera, dado el conocimiento y el avance de la biología, hoy en día. No hay que descuidar los otros. Es decir, el alumno no debe de conocer toda la biología eso es imposible, pero si debe tener los elementos básicos integradores. Básicos desde este punto de vista reduccionista y luego una serie de elementos integradores que le permitan comprender la complejidad de los sistemas vivos.

3. ¿Qué piensa acerca de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo, la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales....El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia”

Bueno, es una frase muy totalitaria, en efecto yo diría el reduccionismo es una parte necesaria e indispensable, pero hasta ahí. Te voy a poner un ejemplo dentro de las áreas que yo manejo, es decir, se necesita conocer una serie de aspectos moleculares, sin embargo cada día, más hoy en día, esto debe de estar integrado dentro de la biología celular, es decir, conocer simplemente el comportamiento molecular de un proceso metabólico no es suficiente, es ver dentro de la célula como está esto integrado, y después en la célula en efecto como se comporta en relación a otras células en su medio ambiente, como es que el medio acepta el comportamiento de todo esto e ir integrando. Es imposible tener un panorama del comportamiento biológico conociendo nada más una de las partes, pero es imposible conocer el todo si no se conoce una serie de particularidades de cada una de las partes, entonces la frase es parcial, tiene elementos que podrían ser considerados pero evidentemente le falta, o no considera la complejidad del organismo y entonces en ese contexto, pues la integración de cada uno de estos aspectos. Para decirlo de manera más clara, el reduccionismo solo no te lleva a la complejidad, lo que pasa es que un estudiante eso sí, debe tener aunque sea instantánea cada uno de los aspectos de la Biología de la parte reduccionista una serie de conocimientos y de la parte integral, y ya el eligirá que es lo que más le interesa. Pues desde el punto de vista de la gente que se dedica a la filosofía de la ciencia evidentemente tendrá que manejar y trabajar con la parte integral de una serie de aspectos, pero aquél bioquímico o biólogo molecular que está interesado en la fosforilación de la vía X del organismo, pues tendrá que tener una visión reduccionista de una serie de aspectos, si no no puede abordarla, y después, integrarla dentro de la complejidad del organismo que analiza.

4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios actual a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

La pregunta es muy inespecífica, es decir, tendríamos que sentarnos con el proyecto del plan, y decir que es específicamente lo que se está proponiendo, a qué nivel y como. En efecto, todo aquello que mejore la comprensión del estudiante en cuanto al sistema

biológico que está estudiando, pues es bienvenido, pero habría que ver en particular que aspecto, es decir en principio no digo no, ni digo sí, me gustaría ver más en particular la propuesta.

**Elena Álvarez Buylla.**

**Dra. en Ciencias (Biología) con especialidad en Genética Molecular del Desarrollo y Evolución de Plantas.**

**Prof. Titular “C” de T. C.**

1. ¿Qué tipo de enfoque piensa debe tener el biólogo para afrontar las distintas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Yo trabajo en genética molecular del desarrollo y evolución, es decir, nuestro interés es entender cuales son los mecanismos de interacciones genéticas y otros niveles de interacción entre la variación genotípica que determinan este mapeo. Entonces nuestra disciplina es muy importante o ha sido muy eficiente el enfoque reduccionista para ir avanzando sobre el conocimiento de la función de genes particulares, muchas veces trabajando a un nivel “muy” metodológico con diferentes herramientas de la genética molecular, para ir caracterizando la función de genes con todas las restricciones que implican los diseños experimentales que muchas veces traen detrás un supuesto de linealidad y de dependencia. Sin embargo, esta información detallada para genes particulares que es de índole netamente reduccionista, es muy útil para después con una visión más integralista y de sistemas no lineales complejos, en donde inclusive, se puede utilizar herramientas matemáticas tener una visión mas completa, mas holista o mas integral que nos permita no solamente entender cuál es el papel de genes aislados que en la naturaleza realmente nunca lo están, sino de entender también cuál es la acción concertada de estos elementos genéticos, en determinar este mapeo que es complejo y no lineal entre la valoración genética y la variación genotípica, y entender de manera explícita estos mecanismos que subyacen este mapeo, que es fundamental para eventualmente entender la evolución de las formas, y no solamente la evolución de genes aislados que están de alguna manera modelados así; por ejemplo, en toda la teoría de la genética de poblaciones.

Entonces redondeando y concretando la respuesta a tu pregunta, yo creo que mi área de estudio, es importante tanto una formación profunda y actualizada de las tecnologías y las herramientas que a nivel reduccionista permiten avanzar sobre aspectos muy puntuales del funcionamiento de ciertos elementos del sistema, y luego tener una visión mas integralista que incorpore inclusive el uso de herramientas computacionales y formales, que permitan al biólogo integrar y plantear explicaciones acerca de la acción concertada de las partes que han sido de manera reduccionista exploradas a nivel experimental.

2. ¿Hasta qué punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

Yo creo que en ciertos aspectos del plan de estudios, todos los que tienen que ver con las materias fundamentales de biología celular, biología molecular, todos los que son los niveles de estudio suborganísmicos, creo que ciertamente hay un sesgo reduccionista, que

tiene que ver con el hecho de que el reduccionismo ha sido muy exitoso hasta cierto punto en las ciencias experimentales, aunque esto está cambiando en la biología muy recientemente y en estos temas que ciertamente deberían de ligarse entre sí para tener una visión más integral; por ejemplo, la biología del desarrollo que está prácticamente carente en el plan de estudios, tendría que haber un componente mucho más integral, un conocimiento mucho más conceptual y con otros marcos teóricos, como el de la biología evolutiva, con todas sus discusiones que tiene; y esto está deficiente, esto está deficiente ciertamente en el plan de estudios.

Sin embargo, todavía hay un sesgo que puede ser igualmente importante reflexionar, que tiene que ver con la descripción, la que en la biología no solo hay un componente de reduccionismo, sino descriptivo; quizás tan fuerte, o tan grave como el enfoque reduccionista, de hecho yo creo que algunas de las materias en donde debería de haber un rigor de reduccionismo, en términos de enseñar al estudiante a hacer una buena ciencia positiva reduccionista, está carente. Entonces ahí hay una preponderancia de maestros formados en la tradición muy descriptiva de la biología, que es igual o más preocupante, porque si un estudiante aprendiera a hacer cosas muy, muy simples en ciertos aspectos reduccionistas, ciertamente tendría una visión muy restrictiva que podría ser peligrosa o muy restrictiva para tomar decisiones acerca, por ejemplo de la introducción de genes transgénicos al ambiente; y ciertamente eso abriría que atenderlo en la formación de los biólogos, pero tendría una capacidad técnica que también es carente, entonces hay un cierto sesgo reduccionista en la carrera, pero todavía con una base en técnicas de calidad de aprendizaje de la parte experimental deficiente, o sea, no está bien logrado ni siquiera en ese aspecto.

¿Es un reduccionismo malo?

Es un reduccionismo malo, blandón, o sea porqué no enseñan a los estudiantes. Yo creo que de alguna manera es hacer prácticas un poquito de a mentiras, o sea, ser un científico reduccionista y aprender a ser una buena ciencia analítica experimental puede ser una herramienta poderosa que no hay que desdeñar, y eso no se logra del todo bien en el plan de estudios de la carrera de Biología. Ahora eso sí lo otro puede convertirse en una herramienta a veces en términos de repercusiones que puede tener la sociedad en el ambiente, no deseables. Entonces, desde luego pienso que el biólogo debe tener una formación más integral, más contextualizada, no solamente en términos de los marcos conceptuales a discusión en la biología evolutiva, por ejemplo, o en la filosofía de la ciencia, sino actualmente lo que demanda la gran cantidad de información que se ha producido con enfoque reduccionistas, por ejemplo, de nivel molecular, que son herramientas, marcos teóricos por ejemplo, importados de las llamadas ciencias de la complejidad, para poder integrar toda esa gran cantidad de información y hacer sentir o ayudar a entender la naturaleza de los seres vivos.

¿Hasta qué grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?

Si se ha hecho un intento sobre todo, porque ahora se intenta que los estudiantes que están más enfocados hacia las ciencias experimentales tengan un cúmulo de materias mayor en ese sentido. Se ha reducido el sesgo descriptivo por que la botánicas I, II, II, IV, se han

reducido a un número menor, las zoologías I, II, III, IV etc. Y si hay más materias así como más de corte reduccionista, y si creo que hay carencia de algunas materias muy necesarias en la Biología actual que son de corte de marcos de integración. En Estados Unidos, las están llamando biología de sistemas o biología teórica, biología del desarrollo, en fin se ocurren varias materias que están fuertemente desatendidas en el plan de estudios.

### 3. ¿Qué piensa acerca de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo, la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales.... El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia”

Yo creo que el reduccionismo ha sido muy eficiente, en producir resultados importantes que no podemos desdeñar y seguirá siendo, ha sido una herramienta ante la complejidad. Implica sobre todo las ciencias biológicas, porque está es una cita que da referencia a las ciencias en general, pero en particular en las ciencias biológicas el reduccionismo dada la complejidad de los sistemas de estudio es una herramienta ciertamente efectiva para sacar resultados que analíticamente y bajo ciertas restricciones o supuestos, funcionan los resultados que se extraen de este enfoque reduccionista.

Entonces yo creo que no hay que desdeñarlo y en algunas áreas de la ciencia seguirá siendo una fuente muy importante de resultados a integrar; pero un reduccionismo analítico sin una integración queda muy cojo cuando ya queremos decir o transformar, es decir, bajo ciertas restricciones espacio temporales el comportamiento de los seres vivos, y por ejemplo, en medicina a quedado muy claro que cuando se atacan muchas de las enfermedades que tienen una base compleja con enfoques reduccionistas no hay éxito, o en la biotecnología, por ejemplo, el usar el conocimiento reduccionista para crear una planta resistente a una plaga con base en la manipulación de un solo gen, de un solo locus, leva rápidamente a un problema de generación de plagas resistentes, y eso se sabía ya del mejoramiento tradicional de las plantas, entonces, es muy claro hasta donde está el límite de esta capacidad de generar conocimiento científico del reduccionismo. Y ahora en biología como te decía hace rato se acumulan los datos que ha producido la ciencia reduccionista, se está viendo con mayor claridad la necesidad de herramientas de integración y análisis más holísticos y más contextualizado en términos de los ambientes o inclusive de las circunstancias sociales.

En fin para cualquier aplicación de la biología y para cualquier generación tecnológica a partir de este conocimiento se está muy muy claro, inclusive para entender cabalmente la acción concertada de muchos de estos componenetes que han sido caracterizados con métodos reduccionistas, se esta viendo claramente la necesidad de métodos de integración y de análisis holísticos.

### 4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

Sería muy recomendable, y ahí podría acabar mi respuesta, pero para darle más contenido a la respuesta, creo que sería muy importante incorporar en el plan de estudios materias que tanto desde el punto de vista filosófico, como desde el punto de vista metodológico le dieran al estudiante una formación más sólida para ser capaz de plantear

integraciones y análisis holísticos, también con visiones bien informadas desde el punto de vista filosófico. Entonces sería muy recomendable incluir tanto materias de índole de filosofía y de análisis crítico en el sentido profundo de la palabra, de los enfoques que se utilizan en biología, así como de metodologías novedosas tanto desde el punto de vista de herramientas formales, como computacionales, como todas aquellas por ejemplo, que se desprenden de los análisis de las ciencias de la complejidad, y los seres vivos son sistemas complejos por excelencia que podrían ser incorporadas en el plan de estudios y materias que tienen un corte más integralista como obviamente la biología evolutiva, la biología del desarrollo, que tendrían que ser obligatorias para estudiantes con cualquier inclinación dentro de la biología.

**Jorge Llorente Bousquets.**  
**Dr. en Ciencias (Biología).**  
**Prof. Titular “C” de T. C.**

1. ¿Qué tipo de enfoque piensa debe tener el biólogo para afrontar las disciplinas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Cuando hablamos de un biólogo estamos hablando de una generación o de varias generaciones de biólogos, cada una de las personas tiene intereses, capacidades, aptitudes, habilidades, proclividades muy distintas. Yo creo que esta generación le tocó una ampliación de la biología que no teníamos, que es muy importante, que no viene a ser la piedra filosofal de resolver todos los problemas, sino que solamente viene a ampliar y viene a proveernos de herramientas muy importantes para la reflexión del mundo biológico.

Por otra parte, creo que en México de acuerdo a las circunstancias, en tradición en la misma UNAM, no se cultivan todas las disciplinas biológicas, desde las mismas que ya tienen tradición a las nuevas que se están gestando. Sin embargo, es la universidad latinoamericana más rica en expresiones de distinta naturaleza con respecto a la Biología, de acuerdo a lo que yo conozco. Tal vez la única que compite en este sentido es la universidad de Sao Paulo, donde además tienen una tradición europea con respecto a la biología muy importante, mucho más rica de lo que existe en México, y que de aquí de ser una tradición muy cercana a la francesa, nos hemos acercado demasiado a la norteamericana y nos hemos apartado demasiado de la formación europea. No está por demás decir, pues que la carencia de centros de información de colecciones para el desarrollo de la biología organísmica, lo reciente del desarrollo de la ecología aquí en México, pero su preponderancia y su importancia en los últimos quince años, mucho mayor que la vieja tradición que la biología de organismos y el desarrollo propiamente de la biología celular y molecular fuera de los ámbitos o por lo general mucho mayor que en otros ámbitos distintos a los propiamente de la biología. La multiplicación de disciplinas en biología celular, molecular, biomedicina y especialidades de neurofisiología, fisiología celular, etc, han hecho que se disperse mucho de la interacción propiamente en el campo integrador de la biología, que es de donde se desprenden originalmente. Y desde luego, el amplio interés que tiene actualmente la tecnología, hace que, pues, muchos estudiantes y una necesidad en un país emergente como el nuestro haya intereses en desarrollar, en

conectarse a la industria en su formación profesional, pero para mi realmente no existen las condiciones sociales todavía como para que esto ocurra. Aquí en México no se han dado.

Ahora bien, las propias tradiciones antiguas, llamemos estas a las de la ecología organísmica relacionadas con el estudio de la historia natural, taxonomía, la biogeografía, aún las modernas, no han alcanzado realmente las fronteras que actualmente se discuten, porque hay en México una combinación de tradiciones de gentes que han llegado a desarrollar las tradiciones por analogía de lo que está ocurriendo en otros países, más las que ya se vienen aquí de tres o cuatro generaciones desde que nace esta universidad, y lo querer de esta universidad napoleónica, de los distintos institutos y centros de investigación que convergieron en la formación universitaria.

Los estudiantes actuales tienen un gran reto por esta ampliación de la biología, y tienen una gran posibilidad en esta universidad por los centros especializados que existen para desarrollarse; desafortunada o afortunadamente para generar nuevo conocimiento uno tendrá que seguir ciertas preguntas con frecuencia especializadas, y que bueno que hay centros para desarrollar esto. Sin embargo, los desarrollos y centros integradores del conocimiento en donde hay preguntas más globales, enfoques incluso holísticos o con lenguajes más abstractos o preguntas más generales, esto ocurre siempre en muy poquitos centros con interacción de unos cuantos grupitos. Lamentablemente esto no se ha desarrollado lo suficiente en México. Ha habido desde que yo estoy aquí en la universidad, hace ya 34 años, intereses pero que no logran integrarse en algo interdisciplinario, multidisciplinario para afrontar una serie de preguntas, inquietudes intelectuales respecto a la biología.

2. ¿Hasta qué punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

Desde luego que mucho del interés que pudiéramos prever a la aceptación del plan de estudios que ya tiene 10 años con nosotros, no es tanto un reduccionismo ontológico, por que los estudiantes en su formación no adquieren tal profundidad, a pesar de que muchos quisiéramos, lo deseáramos vamos. Es más una parte de un reduccionismo metodológico, existe esto y lo pueden utilizar independientemente de las disciplinas a la cuál se acerquen y con inquietudes en donde se puedan formar como investigadores.

Hay alternativas en este plan de estudios que antes no existían en el plan de estudios previo, los famosos talleres yo creo que son una nueva modalidad innovadora dentro del quehacer docente en la formación de los biólogos. La introducción de tres materias con mayor número de horas, en algunos solamente el cambio, en biología celular y molecular, pues vemos parte de las fronteras, las fronteras muy amplias que se han abierto están en este campo. Lamentablemente son fronteras en las cuales no hay mucha formalidad en los aspectos o ligas o vínculos con los aspectos de la biología organísmica y biología un poco más amplia, biología ecosistémica. Ahí todavía estamos, pues, en pequeños balbuceos y ojalá que esto lo logremos integrar más, si es que nos referimos al mayor desarrollo de la biología molecular y celular como reduccionismo en biología. Pero el reduccionismo en biología lo podemos tener, nos dediquemos a cualquier ciencia y si queremos explicar el fenómeno de lo vivo únicamente a través de un enfoque, de un acercamiento, de una metodología, de una perspectiva, de una combinación de objetos y no de la totalidad. Desgraciadamente para el análisis no nada más en biología, en cualquier campo es necesario estudiar sus partes y las partes de las que está compuesta la biología. En biología

molecular y biología celular, actualmente son muy, muy importantes, sin embargo no es lo único, y a veces se tiende a reducir ontológicamente las cosas, todo a genes y de lo que están conformados los genes.

Algunas de estas ideas yo ya las he publicado en algunos de mis libros, y en particular en un artículo de sistemática molecular que está en el libro de "*Taxonomía biológica*", publicado en 93 en el Fondo de Cultura Económica, y desde luego también en otro capítulo con una persona con la que he trabajado mucho últimamente en aspectos de historia de la filosofía de la biología, en particular de la taxonomía y la biogeografía, el último capítulo de ese libro con el doctor Nelson Papaver, en donde hace 65 años reconocemos que ha habido una preocupación sobre lo poco claro que es el lenguaje biológico para el análisis formal, exigente de algunos fenómenos en biología. Muchas veces el uso de palabras que son polisémicas y con un significado poco claro enturbia las discusiones profundas que se pueden dar en biología, y eso ocurre con mucha frecuencia.

Ahora bien, yo creo que este plan de estudios debería evaluarse, ahora después de diez años con mayor profundidad, y desde luego hay que reconocer que materias de tipo holístico, que antes no existían en el plan de estudios, ahora están, pero yo creo que el haberlas colocado en los primeros semestres ha sido un error, hoy tenemos que reconocer y me refiero a taxonomía y biogeografía.

¿Hasta qué grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?

Vuelvo a repetir que hay muchas materias de tipo holístico que antes no existían como también algunas materias de tipo reduccionista, lo que se transformó fue una visión decimonónica, un plan de estudios en donde se revisan con todo detalle o con mucho más detalle que ahora los distintos grupos biológicos, sea animales, sea plantas, sea hongos, sea monera, sea protista. El revisarlos con más detalle implicaba ante tal multitud de estructuras y de grupos, una nomenclatura enorme que a los estudiantes se les dificulta. Por otra parte, no se veían dentro de ellas teorías fundamentales dentro de la biología, yo creo que ese era un error muy, muy importante.

Desde luego que la introducción de las nuevas materias reduccionistas, esperamos que no solamente se incluyan las nuevas teorías, sino de lo que se trataba y no se ha logrado es de que el biólogo tuviera mayor entrenamiento experimental. Por tradición la formación de los científicos en México, menos un poco los biólogos, pero aún en ellos la formación experimental ha sido pues bastante reducida, yo creo que esa ha sido mucho más exitosa a las gentes que se dedican a la biomedicina, o a la fisiología que propiamente los experimentos en biología, incluso biología organísmica. Yo no creo que haya un total reduccionismo o un viraje al reduccionismo en el plan de estudios, eso es un mal entendimiento, que si hay materias mal colocadas, que si todavía seguimos arrastrando una mala formación de los mismos profesores que no tienen una formación sólida, como científicos y sobre todo en campos más amplios de su especialidad, eso si lo adolecemos, yo creo que este es un fenómeno social, no es de esta sociedad, no es nada más aquí en México, sino que uno lo puede ver en otros países, en otras universidades, no nada más de México, en Sudamérica yo lo he visto, en Norteamérica, y en Europa. Uno no puede esperar que haya si no profesores e investigadores omnisapientes, si con un conocimiento tan amplio de lo que es el vasto conocimiento actual de la ciencia y propiamente de la biología.

### 3. ¿Qué piensa acerca de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo, la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales.....El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia.”

Hay muchas disciplinas para estudiar la biología, hay disciplinas en donde se estudian las micropartes por llamarles de alguna forma, hay disciplinas que estudian los fenómenos de flujo en términos de especies o poblaciones, sino incluso de componentes funcionales. Yo creo que hay una diversidad de acercamientos a la biología, enorme diversidad y cada vez se nos multiplica más, y cada vez hay posibilidades de vínculos de los distintos enfoques para estudiar la biología.

No me sorprende que una afirmación como la que hace Wilson la pudiéramos referir en otros términos, y que para el análisis de una ciencia pues tenemos que descomponer en partes, no es suficiente con descomponer en partes y analizar cada una de las partes, para después integrar y ver como funciona este como mecanismo, hay otro tipo de leyes en ciencia que nos interesa ir explorando, que son meras correlaciones, hay otro tipo de enfoques que nos permiten explorar mejor otras manifestaciones de los fenómenos en particular de lo vivo. Tardamente se ha abordado el estudio de la historia evolutiva de los seres vivos, es decir de la filogenia en cuanto un método riguroso, este método riguroso es muy reciente, es de los últimos 50 años y propiamente su desarrollo generalizado en los últimos 25. En biogeografía las metodologías rigurosas existentes que se han aplicado en los últimos 25, 40 años, han permitido descubrir interrelaciones de las biotas que son muy importantes y antes no se conocían, se ha avanzado en métodos y técnicas. Pero todos estos pues, solamente estudian partes de un fenómeno vivo, aunque estudian partes ya no micropartes. No creo que podamos hablar de un reduccionismo ontológico si no hablamos también de un reduccionismo metodológico, o al menos no lo creo tan fácilmente. Ahora lo que es importante reconocer es que para avanzar en el conocimiento, el reduccionismo metodológico es fundamental, es fundamental para entender el todo, distintas manifestaciones del todo, distintas manifestaciones de las partes dentro de un todo, o de las partes independientes del todo. Y eso que Wilson es uno de los biólogos más destacados del siglo XX; tuvo mucho éxito al formular sus teorías, fuera la Teoría del equilibrio insular o de la sociobiología, que son para mí más teorías heurísticas en el sentido de hacer avanzar el conocimiento, invitar, cinergizar también el conocimiento aunque no comparta sus resultados, desde luego no los comparto respecto a estas dos teorías, a mí la Teoría del equilibrio insular, respecto a la biogeografía no explica nada, y la sociobiología, pues, trata de explicar o reducir aspectos de las sociedades a sociedades biológicas en las cuales pues podría tener un interés en la investigación por sí mismo, pero extenderlo a las poblaciones sociales humanas yo creo que es a veces exageración, porque hay otras herencias de naturaleza cultural, otro tipo de componentes importantes en las sociedades humanas que no podemos reducirlo ontológicamente a los componentes de las sociedades de insectos que estudió Wilson. No quiere decir que estas no sean importantes, y que en algunos casos pueda haber algunas constantes de relevancia, yo no soy especialista en esto, pero para mí el reduccionismo metodológico es una herramienta importante pero no definitiva, es un elemento más para comprender el fenómeno de lo vivo.

4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

Yo no se si pueda responder esta pregunta, yo a veces con el tiempo hablo de mis inclinaciones, tal vez no resueltas, una de ellas y sigo pensando en que sería muy prudente desarrollar entre los biólogos, es el desarrollo del lenguaje formal. Una mayor calidad de sus conocimientos en matemáticas, así también de la filosofía e historia de la biología. Yo tengo un gran sentido de reconocimiento sobre las personas que se dedican a esto, simultáneamente desarrollando una disciplina biológica, digo simultáneamente, porque pues el conocimiento matemático, filosófico, histórico hay que desarrollarlo también respecto a una disciplina en particular, o sea, la genética, la evolución, la biogeografía, la sistemática, la fisiología, muchas disciplinas que existen en biología. Creo que este tipo de herramientas si no holistas, si analíticas, son importante desarrollarlas entre los biólogos, el conocimiento de la historia de sus principios filosóficos, metodológicos, pero para poder reflexionar mejor sobre los resultados de nuestros compañeros y de nosotros mismos, o de los que se producen más ampliamente allende nuestras fronteras, es importante para poder asimilar o recrear mejor el conocimiento, que es una tarea importante dentro de una universidad.

El tiempo que uno tiene como individuo, como investigador es muy pequeño para producir muchas observaciones o experimentos, pero para estudiar con mayor profundidad las que producen estos, estar dotados de mejor formación histórica, filosófica y matemática sería muy importante. Creo que ahí podemos ser, podemos acceder a opciones bastante creativas.

**Juan Nuñez Farfán**  
**Dr. en Ciencias (Biología).**  
**Investigador Titular “C” de T. C. del Instituto de Ecología.**

1. ¿Qué tipo de enfoque debe tener el biólogo para afrontar las distintas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Bueno, a mi me parece que el biólogo si efectivamente tiene que tener una visión digamos, amplia de los problemas que pretende resolver, por supuesto esta exigencia es pertinente en diferentes tipos de investigación, por ejemplo es muy distinto las personas que trabajan aspectos de laboratorio, por ejemplo que trabajan a nivel celular o a nivel molecular, con respecto a alguien que trabaja problemas ambientales de naturaleza ecológica, o que incluso tienen que ver con un componente social no, es decir, la interacción de los humanos con el ambiente que serían los recursos.

2. ¿Hasta que punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

3. ¿Hasta que grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?

Bueno el plan de estudios actual que tienen los biólogos en la Facultad de Ciencias que es el que conozco más o menos, que finalmente ha sido modelo para otros programas de biología en el país, considero que sí efectivamente posee un alto grado de reduccionismo por la forma en que está estructurado, me parece también que el grado de reduccionismo mismo podría ser menor que el anterior plan, en el cual las materias realmente estaban separadas unas de otras aún dentro de una misma temática; por ejemplo, la fisiología, la histología, la embriología, la anatomía misma se veían en materias diferentes, eran cuatro semestres distintos y ahora digamos lo que ocurre es que se han tratado de verlo de manera más integrada en una o dos materias, las zoologías mismas también involucra una sola. Sin embargo, creo que siguen existiendo materias o programas de estudio que no están digamos integrados, por ejemplo, la ecología que es una disciplina, pues por excelencia que involucra una gran multitud de factores ambientales que afectan a los organismos, se sigue viendo separada, por ejemplo, de evolución o de cuestiones que tienen que ver con la diversidad, pues se necesita conocer todos los aspectos que afectan su origen, mantenimiento o desaparición. Nuevamente los efectos humanos se ven de manera muy tangencial y eso si acaso en materias como recursos naturales por ejemplo.

Creo que una conclusión podría ser esa; de que el nivel de reduccionismo del actual plan de estudios podría ser menor, pero no mucho menor de el que tuvimos en el pasado.

### 3. ¿Qué piensa acerca de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo, la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales..... El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia”

Bueno, yo creo que esta cita de Wilson tiene mucho de verdad y también tiene mucho de una especie de miopía acerca de cómo abordar los problemas. Yo creo que tiene verdad en el sentido de que muchos de los fenómenos, o la comprensión de muchos de los fenómenos se han alcanzado gracias a ese reduccionismo, las velocidades de reacción de las enzimas, el funcionamiento de los sistemas biológicos, la regulación genética, pues se ven a ese nivel, a nivel de expresión de genes por ejemplo. Y no necesariamente esto tiene que ver con como se comporta el fenotipo, en condiciones ecológicas en factores ambientales que van más allá de los que están digamos a nivel intracelular o de los cofactores que regulan la expresión.

Yo mencionaba antes de que, por ejemplo, decía Erns Mayr, “*uno de los grandes avances en la ciencia por ejemplo lo constituyó el estudio de la circulación sanguínea por Andreas Vesalio*”, quien digamos al tratar el sistema circulatorio de los mamíferos como un sistema hidráulico, digamos se pudo entender mucho de esto, digamos reduciéndolo a una bomba que sería el corazón y todos los conductos que tiene, digamos el cuerpo humano para llevarlo a diferentes órganos, tejidos. Entonces este es un caso en el que digamos se reduce, pues, una función a las partes que lo constituyen, sin embargo no siempre es así, en la Biología por ejemplo, una crítica muy clásica es, la forma de entender las adaptaciones de los organismos, y hay dos citas que me parece que son pertinentes; una viene de Stephen Jay Gould y Richard Lewontin al analizar la adaptación biológica y la otra viene de Janis Antonovicks, también es inglés que ahora trabaja en los Estados Unidos.

Los primeros dijeron que los biólogos evolutivos en general para entender las adaptaciones generalmente partían a los organismos en pedazos, esos pedazos son

obviamente las diferentes adaptaciones o diferentes estructuras y comenzaban a hacer digamos, pues historias o cuentos acerca digamos de la función de los organismos. Esta atomización, que sería esa fragmentación de los organismos para entenderlos ha llevado, digamos a cuestiones a veces hasta ridículas; si no uno se pregunta por ejemplo, dice Lewontin, sobre la función adaptativa del mentón, este, pues puede inventarse un montón de hipótesis todas de ellas absurdas, considerar por ejemplo que el mentón es persé digamos una de las estructuras que ha sido seleccionada es absurdo cuando se da cuenta que los patrones de crecimiento de las zonas alveolares de los molares, al reducirse digamos de los primates a nosotros hace que se alargue digamos el mentón u otras cosas absurdas como se hacía este de pensar que, por ejemplo, la nariz o el tabique nasal es para sostener los lentes, es otra de esas cosas absurdas, cuando se empieza a preguntar sobre los pedacitos.

El otro ejemplo interesante lo hacia Gould en el sentido de que por ejemplo, los apéndices anteriores de los Tiranosaurios, no se sabe porqué eran tan pequeños o para qué servían, y eso puede producir según una de las hipótesis por relaciones alométricas entre los caracteres, de tal manera que la ganancia en unos, por ejemplo los apéndices posteriores podría producir la reducción de los anteriores, digamos eso es simplemente una hipótesis, pero digamos otros procesos de correlación entre partes que el mismo Darwin alguna vez ya habló de ellos en "*el Origen de las Especies*", el se refería a las misteriosas reglas de la correlación, entonces podría producirnos cosas en las cuales no tienen una explicación última, es decir que la selección favorezca per sé esta característica; y en este sentido es importante distinguir entre lo que es la adaptación desde el punto de vista evolutivo o la adaptación como un órgano benéfico, que no necesariamente fue creado en su origen para servir en esa forma. La otra cosa viene por esta crítica que le denominaron al programa adaptacionista. También la hizo el biólogo Janis Antonovicks, en el cuál decía que los evolucionistas, en general jugaban al "*play graund*", el "*play graund*" es el lugar en donde los niños salen al recreo, y hay columpios, hay resbaladillas, etc; y decía que los taxónomos, los paleontólogos, los genetistas invertían buena parte de su mañana en trabajar cosas serias, cosas en las cuales cada uno se dedica. Pero hay momentos de la mañana cuando salen al "*play graund*", metafóricamente hablando y entonces en ese momento empiezan a hacer estas historias adaptativas no, a imaginarse que todo tiene una función, que tiene todo una explicación por selección, es era digamos reducir el origen y mantenimiento de las adaptaciones a partir de los organismos en pedacitos.

Entonces volviendo a la cita de Wilson, efectivamente si lo pensamos en términos de lo que hizo Andreas Vesalio, entender digamos la circulación, que la abstracción del sistema circulatorio como un sistema hidráulico, evidentemente nos dio pues el entendimiento, pero digamos tampoco nos dice como funciona el organismo; que finalmente a todos los organismos les circula la sangre, pero no nos dice que eso sea determinante en el éxito reproductivo o en la evolución de esos organismos per sé. Finalmente cuando uno posee una adaptación común como tener dos ojos, o tener corazón, tener venas, arterias, pues no nos dice mucho más, no nos dice que es lo que está determinado, en ese sentido tendríamos que ir más arriba o quizás más abajo para tratar de entender que cosas determinan finalmente lo que es importante, por ejemplo, en evolución que es dejar los genes no. Y esto se logra pues, con interacciones ecológicas, interacciones sociales, resistencia a enemigos a competidores.

Entonces nuevamente tratando de retomar la idea original, me parece que sí, que efectivamente el entendimiento de un fenómeno se puede lograr, cuando uno asume

digamos, la filosofía del “*cheteris parigus*”, que significa siendo las demás cosas iguales yo estoy digamos describiendo este fenómeno, tratando de aislar los factores, lo mismo hacemos hoy día en los experimentos. En los experimentos, por ejemplo, y los mismos análisis estadísticos cuando uno hace una regresión múltiple generalmente digamos extrae el efecto de una variable sobre el rendimiento o el crecimiento o la reproducción haciendo constante las otras variables. Entonces es una forma de entenderlo, sería digamos, difícil de otra forma no; entonces hay avance, pero también hay cosas que no podemos todavía partir finalmente, no conocemos todos los factores, también Richard Lewontin mencionaba el ejemplo de la cápsula espacial, en el que si uno por ejemplo quisiera predecir la posición de una cápsula espacial en dos tiempos, y sabemos que la cápsula espacial tiene un impulso en una dirección, tiene fuerzas en sentido contrario, tiene fuerzas laterales y también en profundidad, pues tendríamos entonces un sistema de vectores bastante complejo que sería imposible predecir. Pero digamos que con unas cuantas variables podría uno acercarse a hacer una predicción más o menos precisa de la posición de la cápsula. Entonces eso habla de la complejidad de tratar de entender los sistemas como un todo, si es que ese cambio de posición de la cápsula fuera la evolución de los organismos, porque no podemos tomar todo en cuenta, pero nos damos cuenta al mismo tiempo de que con algunos factores podríamos hacer algo; entonces trabajamos con lo que es posible.

4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

Sin duda que sería muy bueno que las generaciones de biólogos tuvieran una perspectiva holista de los fenómenos biológicos, más holista de lo que tenemos hasta ahora, sin embargo, yo creo que seguimos teniendo dos problemas; uno es el innerente a los sistemas persé, que yo ya mencionaba hace rato con la analogía de la cápsula de que generalmente aunque conozcamos digamos todas las posibles fuerzas que pueden afectar a algún sistema, que tratamos de entender a veces no son mesurables, por una parte, y bueno siempre vamos a tener la duda de si estamos incluyendo todas las cosas que son relevantes para entender ese fenómeno, por otro lado, también necesitamos a este tipo de profesor que tenga o simplemente guía que tenga toda esta capacidad de recoger, o que tenga una visión holista de los problemas. Y o mencionaba también como ejemplo que George Williams, que está en la Universidad de Stone Brock en Estados Unidos decía que a veces también asumirse como holista, sin que necesariamente esto sea malo, a veces tenía una connotación un poco pedante no, diríamos el holista contra el reduccionista suena como, pues incluso, como el demócrata y el reaccionario; y decía que a veces el como se catáloge uno como científico si holista o reduccionista tiene que ver con el tipo de recipientes con los que trabaja, decía, en sus tiempos los reduccionistas eran todos aquellos que trabajaban con las cajas de Petri y *Escherichia coli*, los fagos no, mientras que los holistas trabajaban en peceras; en un laboratorio también, pero tenían digamos más cosas, tenían *Parameciums* y los tenían con depredadores, o tenían rotíferos también y dafnias, etc. Entonces esto tiene que ver exactamente con el tipo de investigación digamos, yo diría que en nuestros tiempos una persona que trabaja ecosistemas obviamente se acerca a ser más holistas, que uno que trabaja ecología de poblaciones que es el reduccionismo a ultranza.

Mencionaba que desde la perspectiva que yo conozco académica, podríamos decir que los que trabajan ecosistemas efectivamente se acercan más digamos al holismo porque ellos analizan a veces componentes sociales, bueno en primavera analizan los flujos de energía

en el ecosistema que está digamos dado por interacciones biológicas, por la parte biológica y el ambiente físico y en ocasiones también analizan como el componente social puede de alguna forma afectar estos flujos naturales, o lo que muchos tienden a decir en equilibrio, lo cuál digamos el equilibrio es muy muy difícil de alcanzar, pero bueno analizan esto con perturbaciones humanas o naturales cuando hay catástrofes, cuando hay huracanes, terremotos lo que sea. Y de esa forma, de una forma se aproximan, sin embargo a una visión ecosistémica. Por ejemplo, no me sirve tampoco para entender para mí, las tasas de crecimiento, o la evolución de las historias de vida de los organismos y trato de entender porqué en una localidad en particular una población es protándrica, mientras que en otra no, difícilmente voy a poder hacer uso de la teoría ecosistémica, es decir en el sentido de que si ciertos flujos o ciertas rutas podrían afectar o no la estructura poblacional y por lo tanto, los tiempos de emergencia de los hechos ya sea en plantas o animales.

Entonces sí, tenemos realmente un divorcio entre lo que es una concepción global holista de un fenómeno y una concepción reduccionista aunque más fina de lo que podría ser la evolución de un carácter. Yo creo que de todos modos en ambos casos uno puede de alguna forma buscar, analizarlos de manera dialéctica, analizando cuales son los factores que recíprocamente se afectan entre sí, por ejemplo, que tiene que ver la disponibilidad de un recurso que en este caso pueden ser las hembras para un insecto, con la respuesta en comportamiento con los organismos. En la misma forma, los organismos afectan a su ambiente y esto a veces se nos olvida de medirlo, aunque sabemos que ocurre. De alguna forma cuando se definió la teoría del nicho por Jochinson, el tenía pues, desde mi punto de vista una perspectiva dialéctica, sin embargo muy pronto la gente se dio cuenta que el concepto de nicho era una visión un tanto cuanto estática, en el sentido de que uno define los ejes que afectan la vida de un organismo, y por lo tanto pensaba uno que teniendo todos los ejes o todos los factores que afectan la vida, podía tener una representación hipervolumétrica de lo que era el nicho ecológico de una especie, pero nos hemos dado cuenta que en primer lugar, desde ese punto de vista, podríamos crear un número infinito de nichos, y que por lo tanto, podría haber también un número infinito de nichos vacíos. Entonces, esto es un absurdo porqué de alguna forma uno esperaría pues que la evolución llenara pues esos nichos que verdaderamente están vacíos, pero generalmente los nichos los definimos a posteriori, es decir, una vez que vemos que hay un organismo que hace una función en el ecosistema tendemos a definirlos, entonces, esa parte dialéctica pues se desvanece muy rápido.

Yo creo en resumen, que por supuesto estaría muy bien que nuestros estudiantes, los biólogos del futuro tengan una perspectiva mucho más holista de los problemas y de los fenómenos que analizan porqué digamos que hasta ahora lo que se ha hecho es trazar los fundamentos teóricos y metodológicos para su análisis, pero creo que existe un montón de camino por recorrer con el fin de entenderlos mejor, sobre todo a la luz de los problemas ambientales y de destrucción de hábitat que enfrentamos hoy día. Pero yo creo que ya tenemos las herramientas, pero también creo que estamos descubriendo cosas nuevas en este camino.

**Montserrat Gispert Cruells.**

**Maestra en Ciencias (Biología) del Departamento de Ecología y Recursos Naturales.**

**Prof. Titular "A" de T. C.**

1. ¿Qué tipo de enfoque piensa debe tener el biólogo para afrontar las distintas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Te refieres a que tipo de filosofía o que....

¿Qué tipo de perspectiva filosófica, científica o biológica debe tener el biólogo para, digamos, dar un carácter explicativo a sus problemáticas específicas, en zoología por ejemplo, o en biología molecular. En este caso como la tesis es de reduccionismo quisiera yo ver, bueno, en torno a ese reduccionismo que perspectiva debe tener el biólogo, si debe ser reduccionista o a la mejor puede haber otro enfoque más holista, más dialéctico?

Yo si creo que el biólogo debe tener un enfoque integral holístico, me parece que es muy importante para poder entender todos los fenómenos orgánicos; seguramente no podríamos profundizar en todos mucho, pero si podríamos tener una visión general de la problemática biológica.

2. ¿Hasta que punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

No se como te podría decir que yo ahora estoy dando clases, es optativa tengo 33 estudiantes, yo encuentro que no es tanto el reduccionismo que hay en la carrera de Biología, sino lo que tienen es una falta de información puntual o profundización conceptual. Yo me encuentro con que doy etnobotánica y de repente pregunto cosas conceptuales de zoología, de botánica, por que nosotros tenemos que partir de ahí; no vamos a retomar esa parte por que ellos ya han llevado esa materia, y me encuentro con que hay una absoluta carencia conceptual, inclusive no solo conceptual, sino que si profundizo más, con cosas de tipo relacionadas a sus materias entre sí, o de sus materias con otras materias de otras áreas, bueno la ignorancia es fatal, no se han tan siquiera puesto a pensar en eso. Pues bueno, cuando yo le hablo de la etnobotánica que es la conjunción de las ciencias naturales con las ciencias sociales y humanísticas, pues claro, yo se que toda la parte humanística y social es difícil, porque nunca la han tenido no, nosotros claro nos encargamos de formarlos muy bien, pues parte de las ciencias naturales que es la física, matemáticas, la biología, lo cuál es obvio que tienen que manejarla, nos encontramos que tiene grandes vacíos conceptuales, y después yo creo que esos grandes vacíos, también se deben a que no han llevado una formación de algunas disciplinas que son muy importantes para la concepción, por ejemplo, conceptualmente la paleontología es indispensable para que entiendan muchísimas de las problemáticas; y como que yo no los siento identificados en esas partes, la otra es que están un poco mejor que es la historia de la biología y después la parte de filosofía de la ciencia que no saben nada, que no tienen ni idea, y por lo tanto, no pueden tener un concepto filosófico de muchas de las materias, y la otra es que no ubican los conceptos que tienen. Entonces si pregunto, bueno ¿Todos ustedes conocen el Origen de las Especies?, pues sí, ¿Saben todos ustedes quien es Darwin?, cosas de este tamaño en los dos semestres, ¿Por qué Darwin en un momento dado puede explicar su teoría?, y no saben

en que contexto histórico y coexistió en ese momento. En Londres, bueno en Inglaterra, pero en el mundo para que esa pudiera salir a la luz, con todo y lo atacada que fue, golpeada y todo, pero salió, sabes hay contextos que te permiten comprender conceptos, luego como sabemos en la historia mucha gente fue a la hoguera por no seguir conceptos científicos anclados.

Entonces yo lo que siento es que están descontextualizados de muchísima de su información que tienen está parcializada, y al estar parcializada, pues no pueden dar una visión de conjunto, eso es una de las cosas que me parecen muy graves, y yo creo que parte de eso es formación, que hay ciertas disciplinas que, o han desaparecido, o se tocan tan rápido que no se penetra en por lo menos los conceptos principales de la disciplina, y entonces bueno, pues yo siento que vienen con muchas carencias. Sobre todo sabes cuál es la carencia más grande, el estudiante que se va a enfrentar el día de mañana de manera profesional a su carrera, no el estudiante o el estudiante que va a seguir una carrera científica, es decir los que van a seguir en la maestría o el doctorado, yo creo que tienen menos carencias, porque ya saben cuál es la línea de investigación que van a seguir, y entonces ya se han ido preparando un poco más. Pero si tu enfrentas a un chico como yo lo decía, pues bueno hoy en día para los biólogos en especial para los etnobotánicos, hay muchos campos de trabajo, cosa que no había antes, porque ahora hay secretarías ambientales, bueno pues en todos los estados está la Semarnap. Entonces necesitamos biólogos que contengan conceptos, que tengan una comprensión de que papel juega la sociedad y los biólogos....., sabes no tienen ni idea.

Entonces lo que te quiero decir, el hombre ha destruido la naturaleza, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿En qué épocas?, ¿Qué es lo que ha pasado?, sí, ¿Qué hombre?, “todos los hombres”, porque no todos los continentes están igual de perturbados, erosionados, y sus culturas, su naturaleza, entonces hay que ser muy cuidadoso en saber lo que es la relación sociedad-naturaleza, es decir, no saben que quiere decir eso; entonces yo creo que es muy grave no tener esa noción de que papel juegan las sociedades sobre la naturaleza, y la naturaleza sobre las sociedades, yo creo que eso lo desconocen, y claro cuando salen y por ejemplo los enfrentan, no saben.

¿Hasta qué grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?

Mira yo considero que en la ciencia en general hay modas. Yo me acuerdo que yo estuve en el “boom” de la ecología y la pobre ecología se acabó, y luego vino el “boom” de la bioquímica, luego vino el “boom” de la biología molecular, y entonces todo eso influye mucho dentro de la ciencia, y las personas que no están en el “boom” o una de la currícula de una carrera que no esté en la cuna del “boom”, es una currícula vieja no, no hay dos. Yo creo que eso influyó mucho, o un poco en un sesgo, en tirarse mucho hacia todas las ciencias experimentales, yo digo que todas las ciencias experimentales son indispensables para entender conceptualmente la biología, desde luego, pero lo que debemos hacer es comprender toda esa parte experimental conceptual, con toda la parte relacionada con la sociedad-naturaleza, por ejemplo, la botánica, las zoologías y todas las materias que tienen que tener como soporte la ecología. Bueno pues, los ecólogos dudo que tengan un estudio de poblaciones, no poblaciones humanas, poblaciones vegetales o animales, que es indispensable, sí, sí; pero no es solo, por que sí tu tomas a la planta en cualquier medio, hoy en día por desgracia yo creo, no hay nada prístino, no hay nada virgen, todo tiene una

relación con las sociedades y con los seres humanos, entonces no se puede hablar de muchísimas cosas si no se toma en cuenta esta relación. Por ejemplo, en México se vienen haciendo estudios que vienen avanzando cada vez más, estudios fitoquímicos y zoomatológicos de plantas, para poder entender y saber que principios activos tenían frutos, hojas, etc. Bueno ahora resulta que ahora todo esto se está haciendo, cosa que antes no. Entonces yo siento que como que el papel que muchas de las disciplinas o las ramas científicas, se tendrían que fortalecer y no se fortalecen, entonces los chicos salen muy desequilibrados en sus conocimientos. Y yo siento sobre todos los que se van a ir a la parte laboral.

¿Y digamos así como para redondear un poco con la idea, digamos que hay una descompensación en la carrera de cuestiones digamos más de carácter social, digamos están más disminuidas, que con respecto a las experimentales?

No es solamente eso, sino que la relación, porque no es que sean sociales, sino es la relación con la naturaleza, no, aunque estemos dentro de una construcción estamos dentro de la naturaleza, entonces si no entendemos eso y de ahí partimos yo creo que nos es muy difícil. Entonces si creo que debemos tener una parte conceptual de la ciencia, reforzar mucho la parte de la historia de la ciencia, haciendo mucho hincapié en los hechos más importantes que revolucionaron en este caso las ciencias biológicas.

¿Y con respecto al viejo plan, se puede hablar de una constante más o menos, o digamos que ha mantenido un mismo nivel?

Mira el viejo plan era una transformación mal hecha de todavía el antiguo plan, que desde que me toco a mí, porque creo se desvaneció no se veintitantos o treintitantos años no se, no me acuerdo cuanto. Ese podríamos decir que carecía de muchas cosas pero las que tenía eran excelentes, en el sentido de la continuidad, la profundidad, la parte conceptualista, que por ejemplo, les pregunto a los chicos ¡Oigan!, ustedes cuando llevan, ahora les llaman animales I, II, III, IV, bueno no se cuantos animales hay..... bueno hasta tres. Entonces les pregunto bueno, cosas conceptuales, que como se llama esto o lo otro, pero por ejemplo una cosa apasionante, ¿Cómo se llega al brazo?, ¿Cómo?, ¿Cuáles son todos los pasos por los que pasa el Amphioxus para llegar al brazo humano?, y digo no se da donde se da mamíferos, un grupo tan grande sin poder entender como se llega al brazo humano; como vas pasando por los diferentes grupos evolutivos para ir a entender que el brazo humano que relación tiene con las demás partes.

Ahora, la nueva propedéutica de las plantas, que no tienen ni idea, como cuál es la importancia brutal del paso de las plantas que eran acuáticas a las plantas terrestres, todas las modificaciones conceptuales que hubo en este paso, todos los tipos de adaptaciones; no te estoy diciendo que me digan que el grupo de artrópodos, que que patita de la cuarta..., etc; no podemos meter a los muchachos en una competición de saberse todos los tipos. Ahora, si hay cosas que tienen que saber de botánica y zoología, como tales, yo no digo que se tienen que aprender toda la botánica ni toda la zoología, ni que se van a aprender grupo por grupo, pero sí las familias botánicas más importantes desde el punto de vista ecológico, desde el punto de vista cultural, y desde el punto de vista socio-económico. Digo son cosas mínimas, o por ejemplo, ¿Qué es lo que comes?, si alguien te pregunta de que país provienen la mayoría de las cosas que comes, ves tu, que ninguno de los estudiantes me

puede contestar, pues es cultura biológica, y ahora que estoy yo dando el curso con uno de mis colegas de la Universidad de Barcelona, sobre los grandes mitos de la domesticación, ¿De donde viene que pasemos del nomadismo al sedentarismo? ¿De donde?, de la domesticación de las plantas, ¿Cuáles fueron creciendo?, ¿Cómo han cambiado? sí. Qué por lo menos las plantas que comemos diario, bueno, tengamos una idea, o de las flores, ¡no es que los nardos, que la canción!, no puede ser, bueno no solamente como biólogos, sino que eso tendría que permear a la sociedad, ¿Porqué? Porque es conocimiento.

Toda la sabiduría que había ancestral en México, no la conoce nadie, más que la conocemos tres gatos, o sea toda la domesticación en los continentes, bueno pues resulta que nadie sabe, no conocen ni tan siquiera el pasado histórico de la domesticación en nuestro país y en Mesoamérica. Hay cosas que no pueden ser, digo eso es tan importante como aprender Química Orgánica I.

Ahora tu me dices no estudiemos para nada química orgánica e inorgánica ¡No!, esa no es la proposición, sí que balanceemos esas materias, pues para que el estudiante salga con una información mucho más integral de esa relación con la naturaleza, por que si no hubiera habido el sedentarismo no hubieran habido las grandes civilizaciones, las grandes culturas, etc. Entonces si no sabemos eso, no lo sabemos, decimos eso sí como periquitos pasamos del nomadismo al sedentarismo, ¿Cómo?, ¿Porqué?, ¿Cuáles fueron los factores que influyeron?, ¿A través de cuantos siglos?, ¿Cuántos años?. Sabes me preocupa por que el día de mañana salen y les dices, ¿Qué planta me recomienda usted que siembre y dicen barbaridad y media, porque ni conocen las plantas, ni conocen cuales son las endémicas. Si dijeran que reforestaran aquí en frente en el pedregal, pues no podrían, pero no podrían por que son tontos, ¡No! ¡No!. No podrían porque no tienen los elementos.

Ahora hay una discusión muy fuerte, entonces, los chicos salen capaces de saber pensar, lo cuál yo estoy de acuerdo, lo más importante es pensar, y después ellos solitos van a poder ir, si mano, pero estudiaron en una carrera, hay que darles una manita en esa carrera, para que no encuentren todo solitos no.

Yo vivo con una franja grande de conocimiento básico conceptual y holístico; y ahí habría que discutir si o no es importante que después se busque algunas materias que puedan llevar a la gente hacia la profesión no hacia el abismo. Por que la carrera como yo la conocí, el pensamiento de esta carrera está muy bien pensada para la vida académica no para la vida profesional del estudiante. Dentro de la vida académica se presenta un muy pequeño porcentaje, más bien la mayoría de los estudiantes se enfrentan a la vida profesional.

### 3. ¿Qué piensa acerca de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales..... El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia”

Bueno yo no concuerdo, yo creo que al revés que hacer ciencia es integrar, no compartamentalizar, en estos días la gente tiene que una visión holística, no tiene que tener una visión muy unilateral, multifactorial, para nada, porque si no entonces vamos es a lo que bueno hemos peleado que es el extremo de la especialización.

Que me paso una vez más que me invitaron a un Instituto en Cuernavaca, en un Instituto que acababan de abrir, de punta, la ciencia de punta, importantísimo, y de repente, estudian

una cosa tan específica como la fijación del nitrógeno, entonces se les ocurrió que querían saber un poco más, porque había gente interesada y entonces me dijeron porqué no les daba una plática sobre leguminosas, y les dije ¡Oigan!, claro yo encantada, bueno no tenían ni idea, ni de que cosas comían, pero eso sí eran unos buenísimos en la fijación de nitrógeno, que se encuentra en las células de las raíces de las leguminosas y de eso sabían muchísimo, pero muchísimo, pero lo que era de la planta, que papel jugaba la planta en la naturaleza y la planta en su relación con la sociedad ni idea, ni idea. Claro yo me fui cada vez horrorizando, horrorizando, y claro me aplaudieron, me dijeron que si yo podía ir a dar mas pláticas. Yo dije no es posible que llegemos a estos absurdos, eso es para mí un reduccionismo. Que esas personas tienen que hacer eso, sí, es necesaria esa investigación, sí, pero sabiendo con que planta es con la que estás tratando, cuál es la relación de esa planta en sus ecosistemas, cuál es la relación de esa planta y sus ecosistemas con la sociedad, y a mi me parece que es estupendo atenderlo. Yo quiero que me comprendan, yo nunca quiero quitar cosas que son necesarias, y que se ha llegado a la ciencia por muchos caminos, y que una de ellas es la especialización, lo que no puede ser es la especialización por la especialización propia, por que entonces te lleva a un reduccionismo totalmente, y eso es lo que yo no estaría para nada de acuerdo.

4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

Yo creo y por cierto tenemos un apoyo institucional del Consejo Universitario, acaba de aprobar de que cada seis años como máximo los contenidos de las materias que hay en cada una de las disciplinas, yo creo que sería muy importante que en la Facultad de Ciencias se discutiera esto; entonces si me parece que es muy importante el poder abrir a la discusión la carrera, desde los puntos de la carrera, cuales creemos que deben ser. Y aquí debemos englobar, claro, sería la característica de englobar totalmente un concepto que podamos en un momento dado plasmarlo en programas que estén armonizados, que estén muy bien sopesados, en todas las partes informativas, y no irnos hacia un lado, e ir tampoco en contra. Así como soy una defensora porque soy etnobotánica, de la relación de la sociedad con la naturaleza, creo que tampoco sería que el mayor número de materias, o tal fuera relacionado con eso ¡No!, porque tenemos que tener las bases sólidas de los conceptos biológicos, pues tampoco propondría eso si abriéramos la discusión a la carrera. Ahora si propondría mas materias en el sentido de poder compensar un poco esa desigualdad que existe hasta ahora en la carrera y desde luego la visión más holística, y bueno la palabra dialéctica, tiene una connotación marxista muy fuerte, y desde la destrucción de los países del este que así le llamaban la Unión Soviética una perdida, es mas cuando yo hablé de las iniciales entre naturaleza y sociedad, entonces siento que se quedan así “*asustados*”, es palabra un poco prohibida, pero si lo creo, que si tendríamos que dar.

Igualmente las materias que damos que antes teníamos de cuatro noches a cinco días de salida de campo, es un ejemplo, para que tu estés directamente entre la naturaleza, y puedas ahí todos tus conocimientos que has tenido vertirlos, no en nuestro caso bueno, es la naturaleza con las ciencias sociales, bueno nos han dejado reducidos a dos días, ¿entonces? Tu relación con la naturaleza y tu relación con los grupos sociales es prácticamente nula. Entonces como salimos de esta carrera, pues con la opinión esa de qué se es superior, de que el conocimiento empírico no sirve para nada, de que nosotros universitarios somos muy superiores a la gente que vive en las localidades y que llevan miles y miles de años, que

tienen idea sobre lo que han hecho sus abuelos, bisabuelos, sus padres, lo que están haciendo hoy en día, nunca ha sido tomado en cuenta. Yo creo que si seguimos aquí, en toda la parte así mismo, relación naturaleza-sociedad nunca vamos a llegar a ninguna parte, esa es la discusión principalmente. Cuando podríamos conjuntar todo el conocimiento empírico de las personas que viven en los lugares más el nuestro, el conocimiento científico, entonces poder sacar alternativas totalmente diferentes, bueno eso y los formadores de las instituciones públicas de este país y mis propias colegas. Entonces mañana mismo doy una clase, de un estudio de posgrado, pero cuando trabajo en las comunidades en las que puedo dar una clase en las secundarias o cuando mis compañeros me dicen hay cosas que no entendemos, les doy una plática, por ejemplo, de erosión eólica, y es tan importante como una clase de posgrado; bueno eso es muy mal visto.

Que los chicos que por lo menos pasan por nosotros que ahora me pase de posgrado a licenciatura, porque vi que en posgrado no puedes hacer nada, porque ya somos colegas, pero los chicos que se están formando todavía puedes sembrar alguna semilla, y aunque sean buenos pues vamos unos dos días a una comunidad ahí donde nosotros trabajamos y bueno, nada más una comunidad muy cerquita a la que ya les pusieron luz, pero no tiene agua. Que vean un poco no, y que vean cosas que la gente puede lograr y vivir cosas que lo valen, con la gente, que vean que la gente sabe mucho más que ellos, que todo es su medio natural, no te estoy hablando que saben más de bioquímica, ni de genética, pero sin embargo saben de injertos, si te pueden explicar porque pegan los injertos, porque los hacen y como los hacen, y los chiquitos que salen de aquí no saben ni que es un injerto, ni como se hace, ni porque pega. Entonces desde ese sentido yo si creo que deberíamos también estar formando ese tipo de biólogos.

**Victor Valdés López**

**Dr. En Ciencias (Biología) de la Facultad de Ciencias.**

**Laboratorio de Biología Molecular y Genómica.**

**Prof. Titular “A” de T. C.**

1. ¿Qué tipo de enfoque piensa debe tener el biólogo para afrontar las distintas problemáticas que a su disciplina conciernen?

Bueno “*biólogo*” es un término muy general, y entonces tenemos que darnos cuenta que los biólogos tanto en su interés como en su desempeño profesional, se van a dirigir a diferentes compartimentos, por decirlo de alguna manera, inclusive una primera división muy global, serían los biólogos que van a trabajar en un laboratorio y los biólogos que van a trabajar en el campo, por supuesto que hay cosas que se imbrican, pero digamos como biólogos creo que una ventaja del biólogo sobre otras carreras similares es que tenemos una perspectiva evolutiva muy general de las cosas, esa es una de las grandes ventajas, por supuesto tenemos que entender razonablemente, desde los átomos hasta los ecosistemas, pasando por la historia de la biología qué es importante, filosofía de la ciencia o de la biología. Por supuesto hay muchas subdisciplinas en la biología, y digamos dentro de lo que sería la experimentación tienes inmunología, biología molecular, bioquímica, fisiología, una enorme cantidad de disciplinas, pero yo creo que ninguna de estas

actividades; o sea, son cosas que una va aprendiendo poco a poco, lo importante lo que digamos yo sentiría que a nosotros nos ha servido es tener esa visión evolutiva global.

2. ¿Hasta que punto se puede decir que el plan actual de estudios de la carrera de Biología contiene un sesgo de reduccionismo ontológico?

Bueno, tendría que tener, o sea, esto se tendría que cuantificar de alguna manera, es decir, cuantas materias del plan de estudios corresponden a asignaturas como química, fisicoquímica, bioquímica, biología molecular, versus, cuantas tienen otros tipos de enfoques. Esto ahorita yo no te lo puedo decir, no tengo esos datos.

La participación que tuvimos en el diseño del plan de estudios originalmente, la idea era encontrar cuales son los conocimientos básicos, mínimos fundamentales que debe tener un biólogo, en el área que yo manejo que es la biología molecular en términos generales. Entonces, en el plan anterior ciertos temas se repetía una y otra vez, y otra vez en diferentes materias y resulta que nunca se veían bien. Bioquímica existía como una sola materia, donde se incluía replicación, transcripción, traducción, estructura y función de ácidos nucleicos y ciertamente los profesores que impartían bioquímica no podían realmente revisar bien las cosas; entonces el nuevo plan de estudios lo que pretende hacer en Biología molecular de la célula I, II, y III, es a partir de él átomo, las bases, las moléculas, los ácidos nucleicos, las proteínas, los procesos al metabolismo, a la estructura celular, pretende tener un enfoque integrativo de esta área muy particular que la podemos llamar de diferentes maneras como fisiología celular, bioquímica; pero que los temas se cubrieran y se cubrieran bien. Yo sigo dando una materia optativa, o sea, yo siempre di Biología molecular como optativa y muchas veces decía, ¡como es que la Biología molecular es una materia optativa!, siendo que en realidad en las materias antecedentes no se revisaban las cosas. Yo creo que una de las aportaciones al nuevo plan es que los conocimientos y conceptos básicos de biología molecular están formalmente presentados, sobre todo Biología molecular de la célula I y II.

Yo sigo dando una optativa que por cuestiones administrativas se sigue denominando Biología molecular a secas, pero yo la llamo “Genes y genomas”, o sea, es ya una materia de especialización, etc. Pero también, la idea era quitar repeticiones innecesarias, conocimientos superfluos, excesos de detalle de finura, porque ciertamente el biólogo que se va a dedicar a la biología molecular tarde o temprano va a llevar materias de especialización; ok, necesitamos darle las bases para que llegue a sus cursos de especialización con el conocimiento razonable, por que las va a llevar. Pero el otro biólogo, el biólogo que va a ser biólogo marino, el biólogo que va a ser ecólogo, necesita tener un conocimiento básico de estas asignaturas y que lo maneje razonablemente bien. Ahora mi percepción es de que los muchachos que llegan a los últimos semestres y que están interesados en biología molecular, si traen un mínimo razonable de conocimientos de esta disciplina, por supuesto es un grupo sesgado, por que van a tomar una materia, pues te fijas mucho y aprendes, sacas una buena calificación, pero las que no te interesan, las que no se te dan, pues puese que no. A mí me llega un grupo de muchachos que claramente está interesado en irse hacia esa área, aunque yo creo que también en el plan anterior a mi materia llegaban muchachos muy encaminados hacia esa área y eran buenos. Yo a veces pregunto, o sea, si revisaron este tema, si revisaron aquel otro tema, y si lo están revisando, por supuesto a veces hay que recordarles, yo la primera parte de la materia que doy le llamo de llovido sobre mojado, por que es recordarles y recordarles estas cosas básicas.

A hora por el otro lado, pues claro, están materias importantísimas, como evolución, como genética, han cambiado los nombres de algunas cosas, pero yo no creería que el plan de estudios tiene un enfoque reduccionista, por que revisando el plan de estudios hay muchas materias digamos a nivel de organismo, no se como las llamen Animales I, Plantas II, etc; que incluso llevan materias de sistemática. Sistemática y taxonomía antes creeme que era una cosa terrible para nosotros, porque nos aventaron la sistemática y la taxonomía a retazos a diestra y siniestra, y ahora tienen una materia. Entonces si bien no tenemos aquí el plan de estudios y no podemos decir, haber, hay tantas horas experimentales o tantas horas de molecular yo creería que el plan de estudios, si bien no es perfecto, ningún plan de estudios es perfecto, pero a mí me gusta más que el anterior, un poco nuestra idea era esa, que plan de estudios queremos llevar nosotros cuando tomamos la carrera, que nos sobraba, que nos faltaba, que nos chocaba. Entonces, en las diferentes áreas, que se juntaron profesores a discutir que habría que poner en los planes y programas, yo creo que sí quedo equilibrado, o sea yo no creo que sea un enfoque reduccionista.

¿Hasta qué grado este sesgo reduccionista se presenta más marcado con respecto al viejo plan de estudios?

Tendríamos que tener los dos planes de estudios y yo creo que eso se puede ver perfectamente bien cuantificar, aunque la cuantificación siempre va a llevar un aspecto cuantitativo y detrás de eso hay un aspecto cualitativo, yo creería que en cuanto al número de horas en materias, yo no se si llamarlas reduccionistas o no, o sea materias que tienen que ver con la fisicoquímica, con química, con lo que sea, yo creo que el número de horas se redujo, se integro un poco mejor el como fluye el conocimiento. Yo te digo, es que cuando yo llevé la carrera de Biología que llevamos quién sabe cuantas materias de plantas, quien sabe cuantas materias de animales, eran sumamente tortuosas. La idea fue reducir mucho las cosas, no reduccionista, sino reducir las cosas y dar los conocimientos básicos y fundamentales. El equilibrio ¿donde quedo?, eso no te lo podría decir, pero creo yo se puede decir, esta materia a que categoría responde, cuantas horas tiene, esta materia tiene otro enfoque, “*Historia de la Biología*”, cuantas horas; y creo que ahí se puede ver si el plan anterior al plan actual aumento o disminuyó el tipo de horas, pero eso es yo creo parte de tu tesis.

3. ¿Qué piensa de la cita de Edward O. Wilson?

“La vanguardia de la ciencia es el reduccionismo, la separación de la naturaleza en sus constituyentes naturales.... El reduccionismo es la actividad primaria y esencial de la ciencia”

No la conocía como tal. No creo que el reduccionismo sea la última frontera de la ciencia, yo inclusive pensaría que tenemos que ir un poco más allá. Déjame pensar un ejemplo, siempre los biólogos una de sus mayores preocupaciones ha sido saber cuál es la magnitud de la diversidad en este planeta, o sea, cuantos bichos hay, plantas, animales, levaduras, etc. Y pues, hay vamos en una cuenta, se calculan 30 millones de especies. Con metodologías o con estrategias moleculares hoy lo que hacen es que van a un charco muy famoso “*Creig venter*”, al “*Mar de los Zargazos*”, que ese no es un charco, sino un charcote, sacan material biológico y comienza por técnicas de doxeado a caracterizar

genes, entonces dice un gen que no estaba en la base de datos pues es una nueva especie, y otro gen que no estaba entonces es otra nueva especie, entonces de pronto parecerá que si nos estamos reduciendo, es una cosa muy reduccionista decir, una secuencia otra especie, otra secuencia otra especie, pero la realidad la intención es utilizar, esos datos moleculares pero para tener una visión muchísimo más global, muchísimo más general de cuál es la magnitud de la diversidad, tomando datos moleculares, pero que nos permitan ver este planeta muchísimo mejor.

Yo en mis cursos casi siempre cuando hablo de eso, de la biodiversidad utilizó una pintura de Jean Brugel, que la llamo el paraíso terrenal, entonces ahí se ve la creación; entonces Jean Brugel pone que te gusta 50 especies, para Jean Brugel la magnitud de la diversidad eran 50 especies, claro a Jean Brugel se le olvidaba que hay microorganismos, bueno no solo se le olvida, ni lo considera, ni le pasa por la mente, hoy sabemos que los bichitos, las cosas unicelulares es el mayor número de especies y que hay pocos ratones elefantes y plantas. Entonces eso nos va permitiendo ver la vida de este planeta de una manera diferente. Yo más bien creo que la ciencia, alguien lo decía es como una mujer a la que siempre le gusta estar a la moda, a la última moda, y muchas veces estas últimas modas efectivamente pueden ser enfoques reduccionistas, pero que no se nos olvide que eso es simplemente la parte superficial, la parte cosmética, o sea, que esta mujer, esta persona que es la ciencia tiene que considerar otros aspectos, no el nada mas como se va a pintar o el como se va a vestir ¡no!.... y pues, si yo diría que tenemos 50 años desde que Watson y Crik proponen el modelo de la doble hélice, donde la biología molecular como tal esta medio pasando de moda ahora hablamos de genómica, quien sabe si entendemos bien esto que es la genómica, o no pero lo que está de moda es la genómica. Por cierto la genómica es un enfoque que pretende ser integrativo, por que ahora pretendemos comprender a los sistemas biológicos, ya no en base a un genecito o a una cosita, sino a una cosa enorme que puede ser su genoma, entonces esto es muy integral, creo que esos son los enfoques que deberíamos de tener para comprender realmente el fenómeno biológico.

¿Para complementar lo que me está diciendo, si se puede entender los fenómenos, organismos biológicos de una manera global, partiendo de ciertos estudios muy puntuales, si se puede dar este giro?

Si, yo diría que sí, digo, el gran bonus que tiene un biólogo y esto me lo refieren amigos que están en un laboratorio, digamos en el siglo XXI, un laboratorio de investigación, donde llegan estudiantes de muchas carreras, llegan veterinarios, llegan médicos, llegan QFB y llegan biólogos, y casi siempre cuando platico con estos amigos, me dicen ¡oye los biólogos que buenos son!, y yo pregunto porque son tan buenos; por que ellos se dan cuenta que entienden el proceso evolutivo, mientras que los médicos son más limitados, más no se si llamarlos reduccionistas, más están en su negocio no, pueden ser muy buenos chambeandole, abusados, pero eso que a nosotros nos dieron a veces sentíamos nada más como una pinturita, no es tan superficial, finalmente permite que el biólogo tenga un plus sobre otras. Digo yo no le quito nada a otras disciplinas, el medico tiene su valor, el veterinario tiene su valor, etc, cada quien, pero el biólogo tiene una perspectiva global.

4. ¿Qué tan recomendable sería dar un mayor peso en el plan de estudios actual a enfoques de carácter más holista o dialécticos para abordar la complejidad biológica?

Yo creo que tiene que estar equilibrada, o sea, indiscutiblemente, y eso es parte de la misma manera de ser de un biólogo, entender lo que es la filosofía de la ciencia, a lo mejor cuando yo lleve la carrera no había materias así como tal de Filosofía e historia de la biología, más conceptuales, sin embargo ya creo que muchos maestros tocaban esos temas en sus asignaturas. Entonces hay que darle un equilibrio. Mira muchas veces yo digo la biología molecular en esto de que es una mujer coqueta, bueno hubo una época que el RNA recombinante, ingeniería genética, clonación molecular, eso era lo que era, son técnicas, son simplemente técnicas, son estrategias experimentales, muy efectivas indiscutiblemente, nos permiten muchas cosas, pero son técnicas. Biología molecular, un término muy amplio, es lo que tu llamarías un término holístico, el percibir la lógica de funcionamiento de sistemas periódicos a nivel molecular eso es lo que queremos. Si queremos técnicas muy simpáticas como el PCR, y que bueno que las tenemos pero el PCR, si te quedas en el PCR y lo único que te interesa es el PCR, y la banda del PCR, estas cayendo ni siquiera en un reduccionismo, estás cayendo en una limitación intelectual brutal, lo que necesitas es incorporar esos resultados en una cosa más general, entonces, sin ponerles nombre a las materias integrativas, tiene que haber materias integrativas, tiene que haber materias conceptuales, yo siento que los estudiantes de biología, ¡que bueno que ahora leen cosas que nosotros no leíamos!, yo no se cuando leí a Darwin de verdad, pero ahora hay materias donde leen directamente a Darwin, donde leen a Wilson, donde leen a Dobzhansky, nosotros medio los recibíamos por flachazos. Entonces este tipo de materias a mi me parece que son muy, muy importantes y hay que encontrar el equilibrio.

## Bibliografía consultada.

- Allen, G. E. (1985). *Thomas H. Morgan y el nacimiento de la genética moderna*. Mundo científico. Vol. 5. No. 49.
- Balashov, Y; Rosenberg, A. (2002). *Philosophy of Science*. Routledge. USA.
- Barnes, B. (1987). *Sobre ciencia*. Labor. Barcelona.
- Bernal, J. D. (1979). *La ciencia en la historia*. Nueva Imagen. México.
- Bowler, P. J. (1985). *El eclipse del darwinismo*. Labor Universitaria. Barcelona.
- Bunge, M. (2004). *Emergencia y convergencia. Novedad cualitativa y unidad del conocimiento*. Gedisa Editorial. Barcelona.
- Bunge, M. (1981). *Materialismo y Ciencia*. Ariel. Barcelona.
- Canguilhem, G. (1976). *El conocimiento de la vida*. Anagrama. Barcelona
- Coleman, W. (1883). *La Biología en el siglo XIX. Problemas de forma, función y transformación*. F. C. E. México.
- Comte, A. (1984). *Discurso sobre el espíritu positivo*. Alianza Editorial. Madrid.
- Descartes, R. (1989). *Reglas para la dirección del espíritu*. Porrúa. México.
- Descartes, R. (1980). *Tratado del Hombre*. Nacional. Madrid.
- Días, V; Calzadilla, A. (2001). *El Reduccionismo, Antirreduccionismo y el Papel de los Enfoques y Métodos Generales del Conocimiento Científico*. Revista “Cinta de Moebio”. Septiembre. Num. 11. Universidad de Chile.
- Dilthey, W. (1944). *Hombre y mundo en los siglos XVI y XVII*. F. C. E. México.
- Dozhansky, T. (1975). *Evolution*. W. H. Freeman and Company. USA.
- Gandarilla, S. J. G. (comp.) (2007). *Reestructuración de la Universidad y del Conocimiento*. UNAM. CEIICH. México.
- García-Deister, V. (2002). *Explicación y estrategias de investigación en la biología del desarrollo*; Tesis de Licenciatura (Biólogo)-UNAM. Facultad de Ciencias, México.
- Gonzáles, C. P. (2001). *La universidad necesaria en el siglo XXI*. Era. México.
- Gortari, E. (1976). *La ciencia en la historia de México*. F. C. E. México.
- Gros, F. (1998). *The Gene Civilization*. Mc Graw Hill. New York.
- Hankins, T. L. (1988). *Ciencia e Ilustración*. Siglo Veintiuno. México.
- Izquierdo, J. J. (1955). *Montaña y los orígenes del movimiento social y científico de México*. Ciencia. México.
- Kay, L. (1993). *The molecular vision of life and the rise of the new biology; Caltech, the rockefeller foundation*. Oxford University/Kluwer Ac. Pub. New York.
- Labastida, J. (1980). *Producción, ciencia y sociedad: de Descartes a Marx*. Siglo Veintiuno. México.
- Lewontin, R. C. (1998). *Genes, Organismo y Ambiente. Las relaciones de causa y efecto en Biología*. Gedisa Editorial. Barcelona.
- Machamer, P; Silberstein, M. (2002). *Philosophy of Science*. Blackwell Publishers. Great Britain.
- Mae – Wan Ho. (1998). *Ingeniería Genética: ¿Sueño o pesadilla?*. Gedisa. Barcelona.
- Marsiske, R. (coord.) (2001). *La Universidad de México. Un recorrido histórico de la época colonial al presente*. Plaza y Valdés Editores. México.

- Martínez, S; Barahona, A. (comp).(1998). *Historia y explicación en Biología*. UNAM. F. C. E. México.
- Mason, S. F. (1998). *Historia de las ciencias. La revolución científica en los siglos XVI y XVII*. Vol II. Alianza Editorial. México.
- Maturana, H. R; Varela. F. G. (1994). *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: La organización de los vivo*. Lumen. Buenos Aires.
- Mc Afee, K. (2003). *Neoliberalism on the molecular scale. Economics and genetic reductionism in biotechnology battles*. Geoforum 34 (2003).
- Muñoz, R. J. (comp.) (2004). *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado. Un debate abierto*. Siglo veintiuno editores. México.
- Newton – Smith, W. H. “*A Companion to the Philosophy of Science*.” Blackwell Publishers. USA.
- *Nuestra Universidad en el Tiempo*. Serie radiofónica transmitida por Radio UNAM. Apartado, La Universidad en la historia. La universidad colonial.
- Pereira, M. L; Regner, A. K. P; Lorenzano, P. (2006). *Ciencias de la vida: Estudios Filosóficos e Históricos*. Campinas AFHIC – Associação de Filosofia e Historia de la Ciencia do Cone Sul. Brasil.
- Pérez, T. R. (1999). *Acerca de Minerva*. F. C. E. México.
- Pérez, T. R. (1991). *Ciencia, Ética y Sociedad*. El Colegio Nacional. México.
- Perinat, A. (2004). *Conocimiento y educación superior. Nuevos horizontes para la universidad del siglo XXI*. Piados. Barcelona.
- Pirenne, J. (1979). *Historia Universal. Las Grandes Corrientes de la Historia*. Vol. III. Cumbre. México.
- *Proyecto de Modificación del Plan de Estudios de la Licenciatura de Biología*. Tomo I. UNAM. México.
- Rheinberger, H. J. (1997). *Toward a history of epistemic things: synthesizing proteins in the test tube*. Stanford University. Stanford. California.
- Rochhausen, R. (1960). *El problema de la totalidad en biología*. Suplementos del seminario de problemas científicos y filosóficos. UNAM. México.
- Rojas, G. M. (1997). *Introducción a la historia de la ciencia*. AGT. México.
- Rose, S; Rose. H. (1979). *Economía política de la ciencia*. Nueva Imagen. México.
- Rose, S. (1998). *Lifelines. Biology, Freedom, Determinism*. Penguin Books. England.
- Savage, J. M. (1973). *Evolución*. University of Southern California. México.
- Sierra, J. (1878). La Escuela Preparatoria; en *La Libertad*. a. I. Núm. 2. México.
- Swanson, C. C. (1979). *La célula*. Unión Tipográfica Editorial. México.
- Tatón, R. (1979). *La ciencia moderna*. Enciclopedia. Historia General de las Ciencias. Vol. II. Destino. Barcelona.
- Tauber, A. I. (1991). *Boston studies in the Philosophy of Science*. Vol. 129. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Trabulse, E. (1983). *Historia de la Ciencia en México. Siglo XVI*. F. C. E. México.
- Turró, S. (1985). *Descartes. Del hermetismo a la nueva ciencia*. Primera parte. Anthropos. Barcelona.
- Ugarte, J. B. (1967). *La ciencia en México. Algunos de sus aspectos*. Editorial Jus. México.

- Wartofsky, M. W. (1976). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Vol. II. Alianza Universidad. México
- Wilson, E. O. (1998). *Consilience: The Unity of Knowledge*. Vintage Books. New York.
- Zea, L. (1975). *El positivismo en México. Nacimiento, apogeo y decadencia*. F. C. E. México.