

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE PSICOLOGIA



VARIACIONES CIRCADIANAS Y ULTRADIANAS
DE DIVERSOS PATRONES DE CONDUCTA
EN LA RATA.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A

PABLO VALDEZ RAMIREZ

1 9 8 1



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE PSICOLOGIA

VALORACION QUANTITATIVA Y ULTRAFRASE

DE DIVERSOS PATRONES DE DUCTA

UNAM. 2
1981
ej. 2

M.- 20373

tps. 691a

QUE PARA CADA UNO DE LOS
SIGNIFICADO EN A PSICOLOGIA

P R E S E N T A

PABLO JAVIER RAMIREZ

1981

A:

Mercedes Ramírez Sánchez.

Sayil Valdez Velasco.

Pablo Valdez Velasco.

Zarel Valdez Nava.

2353

A:

Dr. Luis Castro.

Compañeros, alumnos y maestros de la

Facultad de Psicología, UNAM.

y

Facultad de Psicología, UANL.

A:

La Poesía.

Sin sentido ni razón,
sin propósito en la mano,
tinta a tinta, letra a frase
forma cadencia el escrito;
sólo dejarse ensoñar,
la pluma y papel al lado,
... el ritmo.

P.V.R.

I N D I C E

	PAG.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
 SECCION I. ANTECEDENTES	
Ritmos biológicos	5
Ritmos Circadianos	10
Ritmos ultradianos	18
 SECCION II. INVESTIGACION	
Planteamiento	22
Método	23
Sujetos	23
SUJETO 1	23
Aparatos	23
Procedimiento	23
SUJETO 2	25
Aparatos	25
Procedimiento	25
SUJETO 3	26
Resultados	27
SUJETO 1	27
Variaciones circadianas	28
Variaciones circadianas en los patrones de - conducta	44
Variaciones ultradianas	47
SUJETO 2	54
SUJETO 3	59
 SECCION III. ANALISIS	
DISCUSION	68
BIBLIOGRAFIA	75

INDICE DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1	29
Figura 2	30
Figura 3	31
Figura 4	33
Figura 5	34
Figura 6	35
Figura 7	37
Figura 8	38
Figura 9	39
Figura 10	41
Figura 11	42
Figura 12	43
Figura 13	45
Figura 14	46
Figura 15	48
Figura 16	49
Figura 17	50
Figura 18	51
Figura 19	55
Figura 20	56
Figura 21	57

	PAG.
Figura 22	58
Figura 23	60
Figura 24	61
Figura 25	62
Figura 26	63
Figura 27	65
Figura 28	66

INDICE DE TABLAS

	PAG.
Tabla 1	7
Tabla 2	53

R E S U M E N

Con el propósito de dilucidar relaciones entre los patrones de conducta y los ritmos biológicos, se introdujo a una rata en una cámara experimental donde permaneció 70 días. La rata estaba expuesta a las condiciones medioambientales de iluminación, tenía agua siempre disponible y recibía comida como reforzador. Se estudiaron 3 condiciones: un programa de reforzamiento continuo, un programa de razón fija 20 y un programa de intervalo fijo 100 segundos. Los resultados incluyen una notable estabilidad en el consumo diario de alimento; ritmicidad circadiana en la tasa de respuestas cuya función fue independiente del total de respuestas inducido por cada programa; oscilaciones circadianas en el patrón de respuestas generado por el programa de intervalo; y la presencia de oscilaciones ultradianas, con un período de alrededor de 15 minutos en la actividad de la rata ante el programa de intervalo fijo. Los resultados fueron parcialmente confirmados en otros dos sujetos.

La estabilidad en los datos permite sugerir estudios de este tipo para el análisis de los ritmos biológicos y su relación con el comportamiento.

I N T R O D U C C I O N

Desde el momento mismo de iniciar su existencia los seres vivos entran en contacto con un universo en continuo cambio, cambio cuya tendencia global puede ser descrita como oscilaciones o incrementos y decrementos sucesivos en las condiciones ambientales. Las oscilaciones son de diversa magnitud, desde ondas electromagnéticas de picosegundos de duración hasta movimientos astronómicos con períodos mayores a un año.

No es extraño que desde su inicio, tanto ontogenético- como filogenético, el ser vivo se adapte a tales fluctuantes- condiciones. La sobrevivencia depende sin duda de esta adapta- ción. Un mecanismo sencillo y por ello elegante se ha desarro- llado en los organismos y les permite acoplar sus funciones a las oscilaciones medioambientales: relojes internos. La exis- tencia de relojes o ritmos biológicos ha sido ampliamente de- mostrada en todos los seres y en muy diversas funciones de - los mismos.

No obstante lo anterior en la mayor parte de los estu- dios sobre el comportamiento se considera al organismo como - un ente estable a través del tiempo. Es muy probable que no - haya tal estabilidad y que la conducta, como enlace entre ser y medio ambiente, manifieste variaciones acordes con las fluctuaciones internas establecidas a lo largo de la evolución, -

así como con las fluctuaciones en los eventos externos. La interacción entre ritmos biológicos y patrones de conducta ha sido poco estudiada y constituye el tema del trabajo que se describe a continuación.

El plan a seguir es el siguiente: la primera sección - contiene una revisión de los estudios acerca de la existencia y propiedades de los ritmos biológicos, la siguiente sección - incluye el planteamiento específico, el método y los resultados del experimento, la última sección se dedica a la discusión de los datos y la relación de éstos con otras investigaciones.

SECCION I. ANTECEDENTES

RITMOS BIOLÓGICOS

Todo sistema oscilante, tanto físico como biológico, - puede ser analizado en términos de tres parámetros: período, - amplitud y fase (Palmer, 1976). El período es el tiempo que - transcurre desde el inicio de una oscilación hasta el inicio - de la siguiente; obviamente la misma información se obtiene - al medir del final de una onda al final de la siguiente, o to - mando cualquier otro punto de la onda como referencia constan - te. El período proporciona otra información relacionada, la - frecuencia. Esta implica el número de oscilaciones por unidad de tiempo (ciclos/tiempo), la frecuencia puede deducirse a - partir del recíproco del período (frecuencia = $1/\text{período}$) y vi - ceversa (período = $1/\text{frecuencia}$).

La amplitud se refiere a la intensidad o cantidad que alcanza la onda en un instante cualquiera. La fase describe - tanto una posición relativa de una porción de la onda con - ella misma, como la posición relativa de una onda con otra. - Cada ciclo es una versión particular de un arco completo (360 grados), por esta razón regularmente se expresa la fase o una relación de fase entre varios ritmos como una fracción de esta cantidad o una medida equivalente.

Al hablar de oscilaciones biológicas se designa al período como τ , al período de cambios externos como T; a la -

fase de la actividad biológica como \emptyset , a la fase de cambios externos como Φ y a los cambios en la relación de fase como $\Delta\emptyset$ y $\Delta\Phi$, dependiendo de si se alude a oscilaciones internas o externas.

La terminología utilizada para designar los ciclos en los seres vivos se basa en la similitud entre el período de la oscilación del organismo y un lapso temporal externo. Así, existen ritmos circadianos de alrededor de un día de duración, circanuales de alrededor de un año, etc. (tabla 1).

Existen dos teorías que de manera general intentan explicar las variaciones rítmicas en las funciones de los organismos. Una de ellas sugiere que las actividades biológicas simplemente son desencadenadas por cambios en el medio ambiente (Brown, 1976); de forma tal que el ciclo de vigilia-sueño en los mamíferos, para discutir un ejemplo, debería su ocurrencia a la presencia o ausencia de luz, comida, etc., condiciones que permiten al animal desplazarse, comer, beber y en consecuencia aumentar su metabolismo, temperatura, etc.

Sin embargo, diversos estudios demuestran que, si bien al alternar períodos de luz con períodos de obscuridad algunos animales presentan mayor actividad durante la luz (animales diurnos) y otros confinan su actividad a la porción oscura del ciclo (animales nocturnos), unos y otros mantienen os-

Tabla 1.

ESPECTRO DE LOS RITMOS BIOLÓGICOS EN EL SER HUMANO

FRECUENCIA	REGIONES	FUNCIONES
ALTA $\tau < 0.5$ h	$\tau \sim 0.1$ seg	Electroencefalograma
	$\tau \sim 1$ seg	Actividad cardíaca
	$\tau \sim 4$ seg	Respiración
	otros	Peristaltismo
MEDIA 0.5 h $\leq \tau \leq 6$ d	Ultradiano ($0.5 \leq \tau < 20$ h)	Etapas del sueño Contactos orales
	Circadiano ($20 \leq \tau \leq 28$ h)	Temperatura
		Vigilia-sueño
	Infradiano (28 h $< \tau \leq 6$ h)	Procesos metabólicos
		Respuesta a los fármacos
	BAJA $\tau > 6$ d	Circaseptadiano ($\tau \sim 7$ d)
Circamensual ($\tau \sim 30$ d)		Secreción de 17 - hidroxicorticosteroides
		Menstruación
Circanual ($\tau \sim 1$ año)		Secreción de 17 - hidroxicorticosteroides

Nota: seg = segundos, min = minutos, h = horas, d = días.
Modificada de Reinberg y Halberg, 1971.

cilaciones circadianas al encontrarse en un medio con iluminación invariable. En vista de lo anterior otros autores proponen lo que aparece en la breve introducción a este trabajo, - esto es, las oscilaciones en la fisiología son el resultado - de la adaptación de las especies a un medio cíclico. Por ende, los ritmos biológicos son endógenos e innatos (Pittendrigh, - 1974) y las condiciones externas sólo modulan las características de los ritmos. Algunos cambios externos son capaces de variar -dentro de ciertos límites- el período o la fase de la ciclicidad endógena. A estos agentes se les conoce como zeitgebers o agentes sincronizantes. En ausencia de zeitgebers conocidos el ritmo biológico oscila libremente (free running rhythm), condición en la cual adopta un período ligeramente - diferente del que ocurre en un medio ambiente natural.

Una derivación importante de la última teoría es la necesaria existencia de un reloj u oscilador interno. En algunas ocasiones el reloj es contemplado como un constructo hipotético y entonces se propone un modelo de oscilador maestro o modelos de osciladores múltiples para explicar la ritmicidad biológica (Pittendrigh, 1974; Edmunds, 1976). Algunos autores incluso sugieren modelos matemáticos de relojes biológicos basados en osciladores físicos (Winfrey, 1967). En otras ocasiones la investigación está orientada hacia la búsqueda de la - ubicación concreta, anatómica o fisiológica, de los oscilado-

res (Zucker, 1976; Strumwasser, 1974).

Por último es preciso mencionar que la ritmicidad parece ser una propiedad de todo organismo, desde seres unicelulares hasta el ser humano. Las funciones que oscilan van desde cambios metabólicos hasta actividad motora y susceptibilidad a las infecciones. Palmer (1976) y Luce (1971) hacen revisiones extensas sobre la ritmicidad de muy diversos aspectos de la fisiología de los organismos. Muchas de las funciones cíclicas están relacionadas estrechamente con el comportamiento, pero en este trabajo se pondrá especial énfasis en los estudios relacionados con variaciones rítmicas de la conducta.

Los párrafos precedentes resumen las propiedades de los ritmos biológicos. Los planteamientos subsecuentes analizarán las características más importantes de los ciclos sobre los que existe mayor cantidad de información: los ritmos circadianos.

RITMOS CIRCADIANOS

Los zeitgebers que sincronizan los ritmos circadianos-son el ciclo de luz-obscuridad, la presentación de alimento,- la presencia de estímulos sociales y cambios en la temperatura. El ciclo de luz y obscuridad generalmente se abrevia por LO,- enseguida se especifica la cantidad de tiempo en iluminación- y luego la cantidad de tiempo en obscuridad; un período de - luz de 14 horas seguido por uno de 10 horas de obscuridad se- denota LO 14:10.

Edmonds y Adler (1977a) demuestran que tanto el arre-- glo del ciclo de luz como la presentación de comida a una ho-- ra específica pueden sincronizar la actividad de correr en - una rueda giratoria. En este experimento utilizaron ratas co-- mo sujetos y apreciaron un brote de actividad al inicio del - período de obscuridad si los animales disponían de alimento - en forma libre (la rata es un animal nocturno); al restringir la alimentación a un lapso de 2 horas las ratas presentaron - un brote de actividad antes de la comida. Este brote apareció tanto con un ciclo de LO 12:12 como en iluminación constante. - Los mismos autores (Edmonds y Adler, 1977b) encuentran poste-- riormente que la presentación de comida cada 25 horas sobreim-- puesta a un ciclo de LO 12:12 mantiene dos brotes de activi-- dad, uno al inicio de la obscuridad, otro antes del alimento.

Estas observaciones demuestran que la luz y la comida son potentes zeitgebers del ritmo circadiano del correr en la rata. Estudios similares con primates obtienen resultados idénticos (Sulzman y col., 1977).

Aschoff (1976) menciona que al someter a un pájaro a condiciones externas constantes el ave tendrá un ritmo con una oscilación libre de alrededor de 23 horas. Basta entonces tocar una grabación que contenga cantos de la especie durante 12 horas de cada 24 para que el ave sincronice su período de actividad a uno de 24 horas. Kavanau (1967) demuestra también la influencia social sobre la actividad motora en ratones.

La presentación de una temperatura baja a ciertas horas y una temperatura alta a otras puede sincronizar la ritmicidad circadiana de los seres vivos (Palmer, 1976). Sin embargo, incrementos constantes en la temperatura tienen poca influencia sobre el período de los ritmos circadianos. Tan escasa influencia es de particular relevancia respecto a la naturaleza del oscilador; al incrementar la temperatura se incrementan las reacciones químicas, la incapacidad del aumento en la temperatura en la inducción de un período más corto del ciclo biológico vuelve difícil postular un sustrato bioquímico para el oscilador. Otro dato que concuerda con lo mencionado es que los ritmos circadianos son poco modificables por los -

fármacos; aquéllos que modifican la síntesis o utilización de los neurotransmisores inducen modificaciones ligeras y transitorias en el patrón circadiano (Wahlstrom, 1965). Sólo el alcohol, el D₂O o agua pesada (Richter, 1977), el litio (Kripke y Wyborney, 1980) y los bloqueadores de la síntesis de proteínas (Jacklet, 1977; Jacklet, 1980) alteran consistentemente el período del ritmo circadiano. Debido a que las substancias mencionadas modifican el estado de la membrana celular, algunos modelos plantean variaciones en la estructura de la membrana como sustrato básico de los ritmos circadianos (Edmunds, 1976).

En cuanto al sustrato anatómico de la actividad circadiana algunos investigadores han encontrado que la destrucción de la vía retinohipotalámica que inerva al núcleo supraquiasmático (Moore y Lenn, 1972), o la lesión de esta última estructura da lugar a animales arrítmicos. La actividad motora de ratas y hamsters lesionados ocurre a todas horas, aún al presentar como agente sincronizante luz en un ciclo de L0-12:12 (Moore, 1974; Stephan y Zucker, 1972; Stetson y Watson-Whitmyre, 1976; Zucker y col., 1976). Sin embargo, algunas funciones parecen ser independientes de la integridad de este núcleo. Krieger y Hauser (1977) encuentran que las oscilaciones en la temperatura corporal y la concentración de corticoides

teroides en plasma, sincronizados a través de la programación regular de comida, persisten después de la lesión del núcleo-supraquiasmático.

El que los ritmos circadianos de actividad motora son innatos puede deducirse a partir de algunos estudios en los que distintas cepas de ratones muestran diferencias notables en el patrón circadiano (Oliverio y Malorni, 1979; Ebihara y col., 1978). La naturaleza innata de estos ritmos ya había sido propuesta por Pittendrigh (1974), quien observó que la mutación del cromosoma X en la mosca de la fruta (drosophila melanogaster) produjo irregularidades en el período de eclosión.

Existen varios reportes que demuestran que el comportamiento de los animales y el hombre varía dependiendo de la hora del día. El ser humano presenta oscilaciones circadianas - en un medio ambiente natural, esta ciclicidad adopta una oscilación libre en humanos normales aislados y sometidos a condiciones constantes. Experimentos de este tipo se llevan a cabo en grutas y eliminando todo artefacto capaz de indicar la hora al sujeto (Aschoff y col., 1967; Jouvet, 1974). Miles y col. (1977) observaron a un sujeto ciego cuyo período de actividad era de 24.9 horas, lo que significa que se encontraba fuera de fase con respecto al resto de la población y las con

diciones medioambientales. La observación de Miles y los experimentos de Aschoff y Jouvét resaltan la importancia de los ciclos de luz y oscuridad para la especie humana.

Aschoff (1976) discute la importancia de la relación de fase entre diferentes actividades circadianas para el funcionamiento global adecuado del ser humano. Cuando un individuo realiza un viaje por avión atravesando los meridianos se adelanta o retrasa varias horas con respecto a su horario de origen, este desfase es compensado por el organismo; pero mientras tanto, la persona padece algunas molestias: sueño en momentos inapropiados, cansancio, irritabilidad, etc. Aunque las molestias y el ciclo de vigilia-sueño se recuperan en unos días, las oscilaciones hormonales tardan semanas en acomodarse a la nueva fase. Kripke y col. (1978) llegan a sugerir una alteración en la fase de las actividades circadianas como elemento principal en las alteraciones maniáco depresivas.

En animales se ha encontrado ritmicidad no únicamente en la actividad motora general, sino en respuestas establecidas por medio de estímulos reforzantes como estimulación eléctrica intracraneal, luz y comida. También se aprecian variaciones circadianas en programas de evitación (Rusak y Zucker, 1975).

Baldwin y Parrot (1979) observan una oscilación circa-

diana en cerdos entrenados a presionar una palanca, cada presión era seguida por estimulación eléctrica que activaba - - áreas hipotalámicas a través de electrodos implantados crónicamente. La oscilación siguió presentándose a pesar de trasladar al cerdo a un ambiente amplio y mantenerlo en condiciones constantes de iluminación.

La autoestimulación luminosa, consistente en disponer las condiciones de tal manera que el animal pueda encender - la luz, ha sido observada en diferentes especies. En monos - (Lindsley y col., 1964), canario (Wahlstrom, 1965; Thor, - - 1972) y rata (Thor, 1970; Thor y Pierson, 1970) la autoesti- mulación luminosa manifiesta variaciones circadianas. En el - estudio de Lindsley la respuesta del mono encendía la luz - por un tiempo corto (un segundo). En los estudios de Thor - los animales controlaban la aparición de la luz; la primera- respuesta encendía la luz, la siguiente la apagaba, y así su cesivamente.

Sobre la interacción entre patrones de conducta gene- rados a partir de programas de reforzamiento y los ritmos - circadianos existen algunos estudios. Castro y Carrillo - - (1976) entrenaron un pichón en un programa de intervalo va- riable 60 segundos (IV60), cada sesión duraba 60 minutos y - ocurría a las 12:00 horas. La tasa de respuestas mostró va-

riaciones circadianas al retrasar 2 horas cada día el inicio de la sesión, los cuartos de respuesta y la vida cuartilar - fueron también diferentes a lo largo del ciclo biológico de 24 horas. Un cuarto de respuesta se definió como el número - de respuestas emitidas en una cuarta parte de la duración total de la sesión, mientras que la vida cuartilar equivalía - al tiempo que transcurría hasta completar la cuarta parte - del total de respuestas por sesión. Sours y col. (1978) reportan un estudio semejante en el que una rata, entrenada en un programa de razón fija 50 (RF50) durante 30 minutos diarios a las 19:00 horas, presentó oscilaciones circadianas en la tasa, los cuartos de respuesta y la vida cuartilar al variar la hora de la sesión.

Evans (1971) exploró el patrón de respuesta que se - produce en ratas bajo un programa de intervalo fijo 120 segundos (IF120), el condicionamiento tenía lugar en grupos diferentes de animales en porciones distintas del ciclo de luz-obscuridad. Este investigador encontró que el típico festoneo generado por este programa (Dews, 1979) se vuelve menos acentuado durante el período de luz. Evans realiza otras observaciones interesantes, ratas sometidas a un programa IF120 libre -en el cual se entrega comida cada 120 segundos independientemente de la conducta del animal- mostraron un festoneo en la actividad espontánea. Este incremento creciente en

la actividad general se observó también en otras ratas alimentadas de acuerdo con un IF24 horas libre. El último dato es congruente con los estudios revisados antes en relación con la comida como zeitgeber de los ritmos circadianos.

Zimmerman (1977) reporta ritmicidad en ratas bajo un programa de reforzamiento continuo (RFC) y un RDB (reforzamiento diferencial de tasas bajas). Los animales eran reforzados con estimulación hipotalámica. El registro de la tasa de respuestas y la tasa de reforzadores se llevó a cabo de manera continua en tres condiciones: iluminación constante (LL), oscuridad constante (OO) y en un ciclo de luz-oscuridad LO 12:12; en las tres situaciones la conducta mantuvo oscilaciones con un período cercano a 24 horas.

Las oscilaciones circadianas son moduladas por ritmos de menor frecuencia. Se conoce la influencia de ritmos infradianos como el ciclo de estrógeno (Sfrikakis y col., 1978) y los ritmos circanuales (Shashoua, 1973) sobre la actividad circadiana. Es posible que tal influencia se deba a los cambios hormonales involucrados en las oscilaciones lentas (Morin y col., 1977; Reiter, 1973; Binkley, 1979).

Para concluir esta revisión enseguida se analizarán ritmos de mayor frecuencia.

RITMOS ULTRADIANOS

A partir de estudios sobre el sueño ha surgido la proposición de un ciclo básico de actividad y descanso que se extiende desde el dormir, donde incluye las etapas del sueño - (Dement y Kleitman, 1957; Hartmann, 1967), hasta la vigilia.- El período de este ritmo es de alrededor de 90 minutos en el ser humano (Kripke, 1974).

Varias funciones del ser humano muestran oscilaciones ultradianas, Oswald y col. (1970) encontraron que el número - de contactos orales aumenta y disminuye sucesivamente con un período de 90 minutos. La cantidad de orina y la concentra- - ción urinaria de electrolitos también siguen este ritmo (La-- vie y Kripke, 1977). Klein y Armitage (1979) observan oscila- ciones ultradianas en la ejecución de tareas verbales y de tareas espaciales, las habilidades oscilaron 180 grados fuera - de fase una respecto a la otra. Los autores hacen una sugerencia interesante y poco explorada, puesto que se ha demostrado una mayor involucración del hemisferio izquierdo en tareas - verbales y una mayor involucración del hemisferio derecho en tareas perceptuales (Sperry, 1974), los ciclos observados po- drían reflejar una alternancia en la participación relativa - de cada uno de los hemisferios en la actividad integral del - ser humano.

En monos existe un ritmo ultradiano con un período parecido al del hombre. El ritmo ha sido demostrado en funciones como la concentración de noradrenalina en plasma (Levin y col., 1978), la secreción de cortisol (Holaday y col., 1977), los contactos orales (Lewis y col., 1977), el comportamiento espontáneo individual y la interacción social (Delgado-García y col., 1976; Maxim y Bowden, 1976), y en la conducta operante utilizando estimulación intracraneal como reforzador (Maxim y Storrie, 1979).

Ritmos ultradianos con diferente período han sido reportados en otras especies. En el caballo la concentración de glucosa oscila con un período de aproximadamente 18 minutos (Evans y Winget, 1974). Un estudio de Sterman y col. (1972) demuestra un ritmo ultradiano de 20 minutos en las fases del sueño y la conducta operante en gatos. En la rata no existen reportes de un ciclo ultradiano como tal, aunque se ha visto que las fases durante el sueño tienen un período cercano a los 13 minutos (Lisk y Sawyer, 1966).

Otros ritmos más rápidos intervienen sin duda en varios aspectos del comportamiento. Los ritmos electroencefalográficos con frecuencias de 0.5 a 30 ciclos/segundo se asocian a la atención, el aprendizaje y las emociones (Thompson, 1974; Valdez y col., 1976; Cervantes y col., 1977). Blumenthal - -

(1977) plantea una explicación de algunos fenómenos cognoscitivos (memoria icónica, memoria a corto plazo, etc.) en térmiinos de procesos temporales, probablemente subyacen a estos - procesos oscilaciones biológicas de muy corta duración.

SECCION II. INVESTIGACION

PLANTEAMIENTO

No obstante la cantidad enorme de información sobre los ritmos biológicos, pocos estudios han analizado la interacción entre patrones de conducta y ciclos biológicos. Este estudio -pretende contribuir al conocimiento de los cambios en el patrón de comportamiento generado por diferentes programas de reforzamiento a distintas horas del día. Lo anterior hace referencia a la influencia del programa de reforzamiento y los ritmos circadianos sobre la conducta. Además el estudio pretende averiguar la posible existencia de un ritmo ultradiano en la conducta operante de la rata.

Otros planteamientos del experimento son los siguientes:

- A) Es posible que la pauta de respuesta de festoneo producida en un programa de intervalo fijo muestre mayores alteraciones circadianas que otros programas independientes de un criterio o restricción temporal (reforzamiento continuo y razón fija).
- B) De existir un ritmo ultradiano es probable su modificación o modulación dependiente del programa.

METODO

Sujetos

Se utilizaron 3 ratas blancas (rattus norvegicus) machos con edades entre 120 y 180 días al inicio del experimento. Ninguna de las ratas había sido sometida a tratamiento experimental alguno antes de este estudio. Debido a variaciones en los aparatos y el procedimiento las condiciones para cada sujeto serán descritas por separado.

SUJETO 1

Aparatos

Se empleó una cámara de condicionamiento operante, módulos de programación de contingencias entre los que se encontraban cronómetro, contadores, relevadores y un registrador acumulativo. Todo el equipo era marca Lafayette, excepto una báscula marca Ohaus.

Procedimiento

Se pesó al sujeto, luego se introdujo a la cámara experimental donde dispuso de agua todo el tiempo. En una de las paredes laterales de la cámara se colocó un foco rojo de 10 watts que permitía observar al sujeto y realizar ocasionalmen-

te la limpieza de la caja durante la noche; a excepción de esta iluminación artificial de poca intensidad y constante día- y noche, el sujeto estaba expuesto a las condiciones ambientales de luz y temperatura. La cámara se situó en el interior - de un cubículo cuyas ventanas daban libre acceso a la luz so- lar natural.

Se puso especial cuidado en no introducir variables capaces de afectar los ritmos biológicos; la luz roja ejerce esta influencia sobre la actividad circadiana (McGuire y col., 1973), la limpieza de la caja y el reabastecimiento de agua y comida se llevó a efecto a horas diferentes uno de cada dos - días, el ventilador de la cámara se mantuvo encendido todo el tiempo (actuando como ruido blanco).

La rata fue expuesta a tres programas de reforzamiento:

- 1) RF20
- 2) IF100
- 3) RFC

Cada condición duró un mínimo de 20 días y en total la rata permaneció 70 días de forma continua en la cámara. En cada transición se implementó un programa ajustivo de duración- variable (entre dos y cinco días).

Los reforzadores fueron bolitas de alimento (de 45 mg) de uso común en experimentos sobre conducta operante (Noyes - food pellets). Para el registro ininterrumpido de las res-

puestas y los reforzadores se utilizó el registrador acumulativo. Al final del estudio se obtuvo el peso del sujeto.

SUJETO 2

Aparatos

Una cámara automática de condicionamiento operante marca Opcon, un registrador acumulativo, contadores, báscula (usados con el sujeto anterior) y un reloj programable Micronta.

Procedimiento

Después de privar a este sujeto al 85 por ciento de su peso fue entrenado en un programa RF20 durante 20 sesiones en la cámara de condicionamiento. Cada sesión duró 60 minutos y daba comienzo entre las 14:00 y las 16:00 horas.

En la vigésimo primera sesión se dejó al sujeto en la cámara durante 72 horas. En este lapso el animal era sacado del espacio experimental cada tres horas, permaneciendo fuera sólo el tiempo necesario para medir su peso.

De igual forma que con el primer sujeto, se eliminaron las variables conocidas capaces de afectar los ritmos biológicos. Para ello se pesó al animal a intervalos regulares; la cámara estaba sonoamortiguada con una caja externa construída expresamente para ese propósito; el ventilador de la caja fun

cionaba todo el tiempo; una luz roja (foco incandescente de 10 watts) ubicada en el techo de la jaula permaneció encendida - a lo largo del estudio, mientras que un foco de 10 watts de luz blanca (también colocado en el techo) iluminaba la cámara de las 6:00 a las 18:00 horas lo que constituyó un ciclo de - LO 12:12; en cada ocasión que se transportó o registró el peso al sujeto se preservaron las condiciones de iluminación - presentes en el espacio experimental, incluso el cuarto de registro y el bioterio eran iluminados con el ciclo de luz-obscuridad descrito.

Las respuestas y reforzadores de este sujeto, como se hizo para el primero, quedaron inscritos en papel mediante un registrador acumulativo.

SUJETO 3

Los aparatos y procedimientos fueron los mismos empleados con el sujeto 2, excepto por dos circunstancias: una, el programa de reforzamiento para el sujeto 3 fue un IF100, segunda, el inicio de cada sesión ocurrió entre las 18:00 y las 19:00 horas.

RESULTADOS

SUJETO 1

Enseguida se describirán los datos relacionados con la ritmicidad circadiana del comportamiento y el consumo de alimento, posteriormente los datos relacionados con variaciones circadianas en los patrones de conducta generados por distintos programas de reforzamiento, finalmente las observaciones con respecto a la posible existencia de un ritmo ultradiano - en la conducta operante de la rata.

Antes de la descripción es conveniente aclarar algunos detalles acerca de los datos. Debido a fallas en el sistema - de inscripción de eventos, varios días de registro no fueron analizados; de los últimos 12 días en cada programa (eran 20-días por programa) sólo se analizaron 7 días de RF20, 9 de - IF100 y 7 de RFC.

Variaciones circadianas

La rata inició su autoalimentación en el curso de las primeras 6 horas de estancia en la cámara experimental. Puede apreciarse en la figura 1 la distribución de respuestas conforme al ciclo natural de iluminación solar de L12:D12 (la cámara se iluminaba completamente cerca de las 6:30 horas y se oscurecía a las 18:30 horas). Las respuestas del animal ocurrieron predominantemente en el período de obscuridad durante todo el estudio, sólo en el programa RFC se produce una mayor dispersión de la actividad hacia el período de luz.

Se obtuvo el promedio del número de respuestas que ocurrían a la misma hora cada día, estos promedios por hora del total de días en una condición permiten observar que la tasa de respuestas aumenta durante la obscuridad, incremento que sucede en las tres situaciones; por otro lado la tasa es diferente dependiendo del programa, siendo mayor en el programa de razón, le sigue el de intervalo y el menor número de respuestas corresponde al de reforzamiento continuo (figura 2). Esta relación entre tasa y programa se reproduce al calcular el promedio de las respuestas diarias en cada condición (figura 3). La misma medida computada para los reforzadores permite apreciar que, no obstante las distancias en la tasa, el consumo de alimento se mantiene relativamente constante a través -

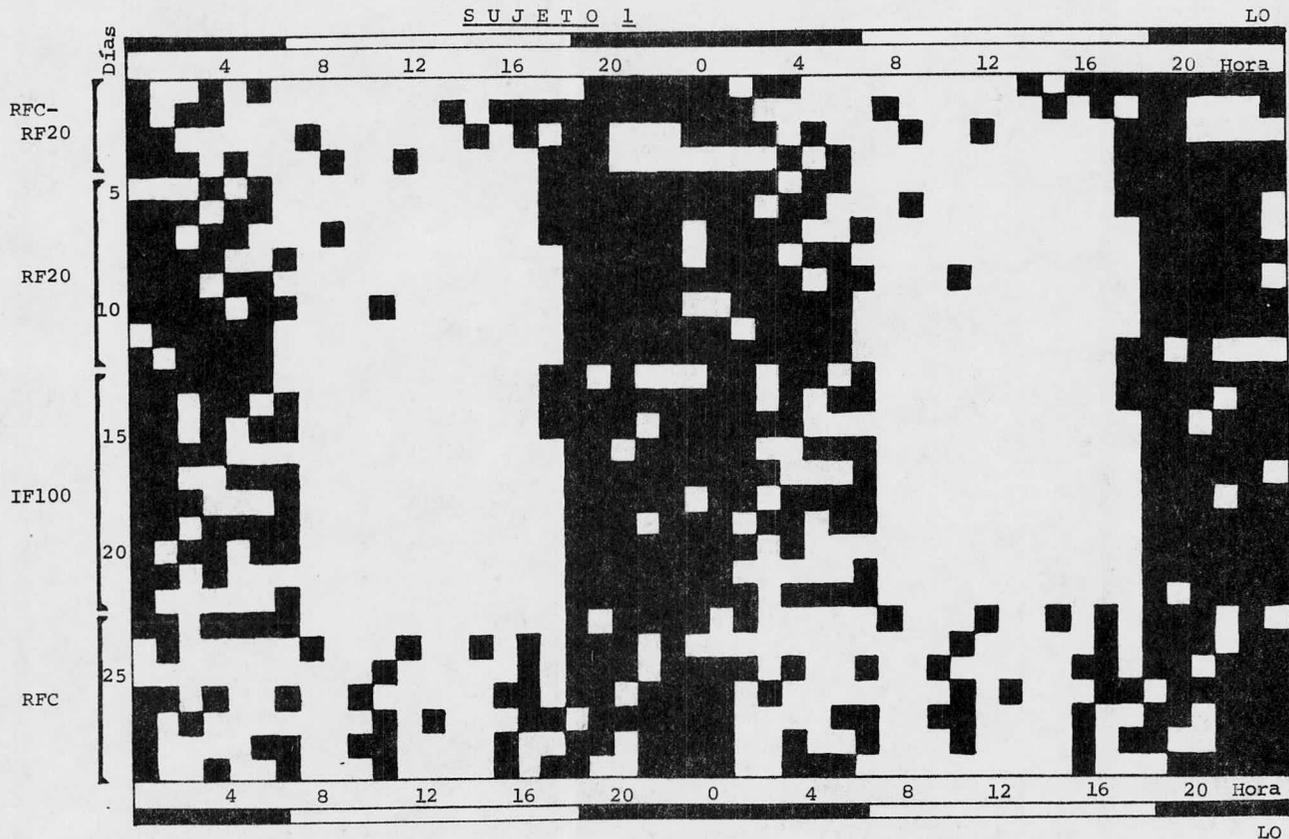


Figura 1. Distribución de respuestas del sujeto 1 en todo el estudio. Cada cuadro representa una hora de actividad igual o mayor al promedio por día. Una línea comprende 2 días, el segundo día se repite en la mitad inicial de la línea siguiente. Las franjas marcadas LO indican en negro el tiempo en oscuridad, las porciones claras señalan la iluminación de la cámara experimental. A través de las distintas condiciones la actividad de la rata ocurre predominantemente durante la oscuridad.

S U J E T O 1

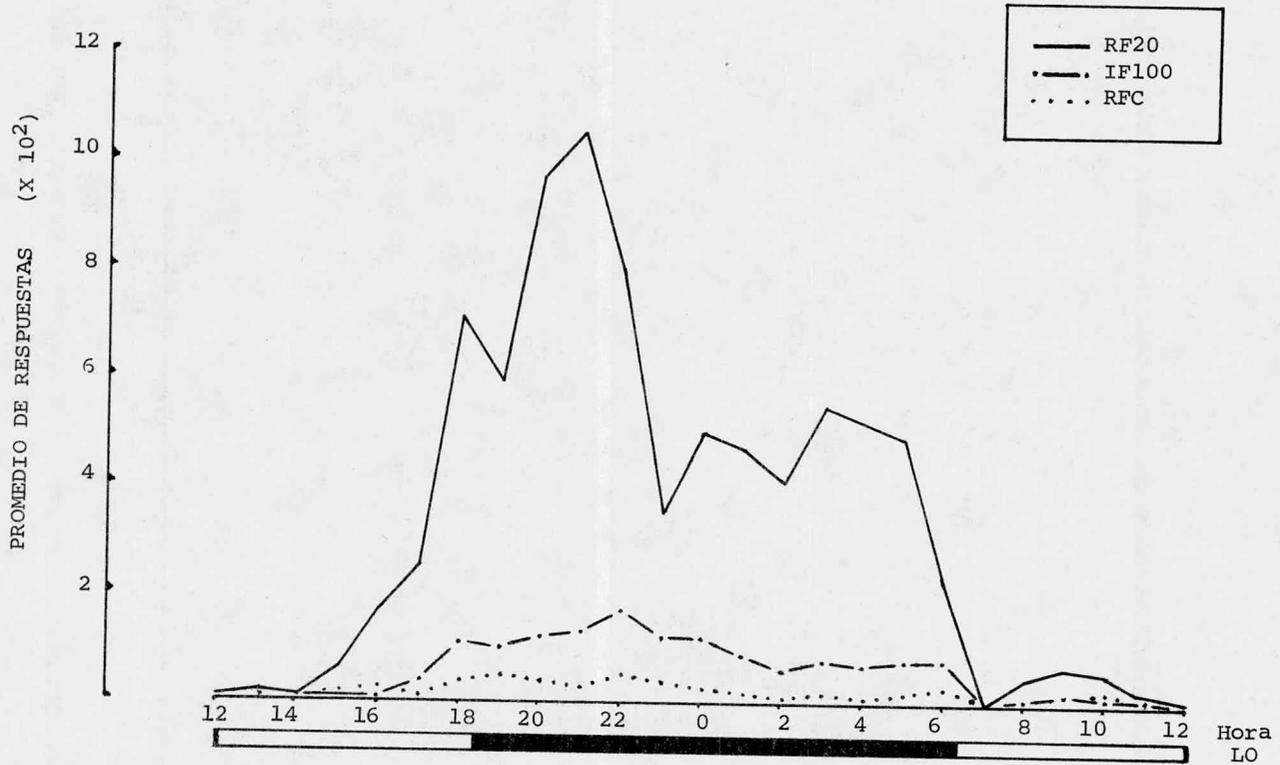


Figura 2. Distribución de respuestas del sujeto 1 en el transcurso del día.

S U J E T O 1

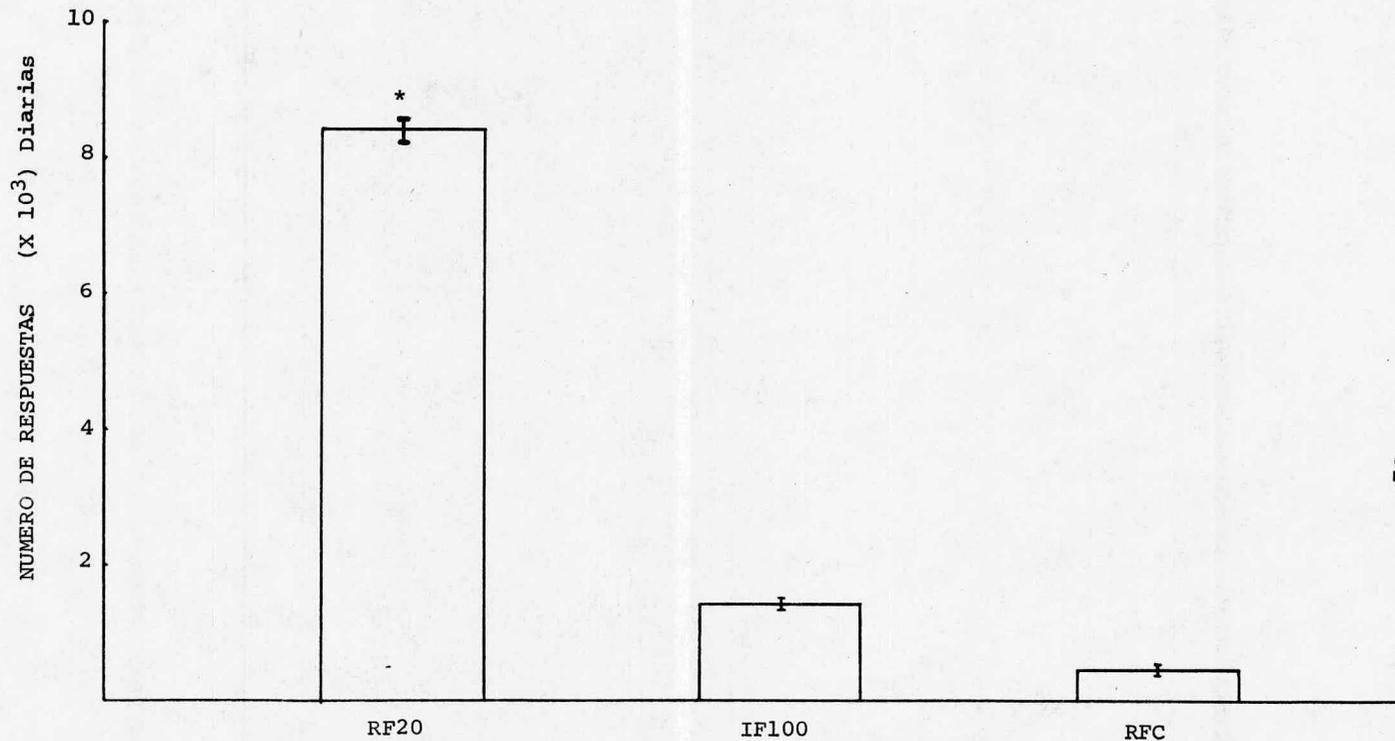


Figura 3. Promedio del total de respuestas diarias del sujeto 1 en cada condición.

* Error estándar.

de las distintas condiciones (figura 4). Al final del estudio con este sujeto (en RFC) se encontró un aumento en el consumo diario de alimento; este incremento podría deberse al cambio en la temporada del año o a un efecto residual de la exposición a los programas de razón y de intervalo, pues el mismo programa (RFC) produjo un consumo menor al inicio del estudio.

La tasa de respuestas inducida por un programa particular fue notablemente estable, la estabilidad se entiende aquí como un nivel bajo de variabilidad en los datos, lo que puede deducirse del error estándar de la figura 3. Esta acepción de conducta estable no difiere de manera sustancial de la propuesta por Schoenfeld y Cole (1972), quienes sugieren dos circunstancias cruciales en la repetibilidad de los datos: el número de sesiones en una condición y la variabilidad.

A pesar de las diferencias globales en la tasa, la transformación de los datos de la figura 2 en calificaciones z demuestra una función circadiana equivalente para los distintos programas (figura 5). La tendencia general puede apreciarse en la figura 6, la cual expresa el promedio de las calificaciones z derivadas de cada condición. Es importante resaltar varios aspectos de la actividad de la rata en el transcurso de las 24 horas. Durante el período de luz la tasa permanece por debajo del promedio de actividad diaria, el animal aumenta su actividad alrededor de una hora antes del inicio -

NUMERO DE REFORZADORES (X 10²) Diarios

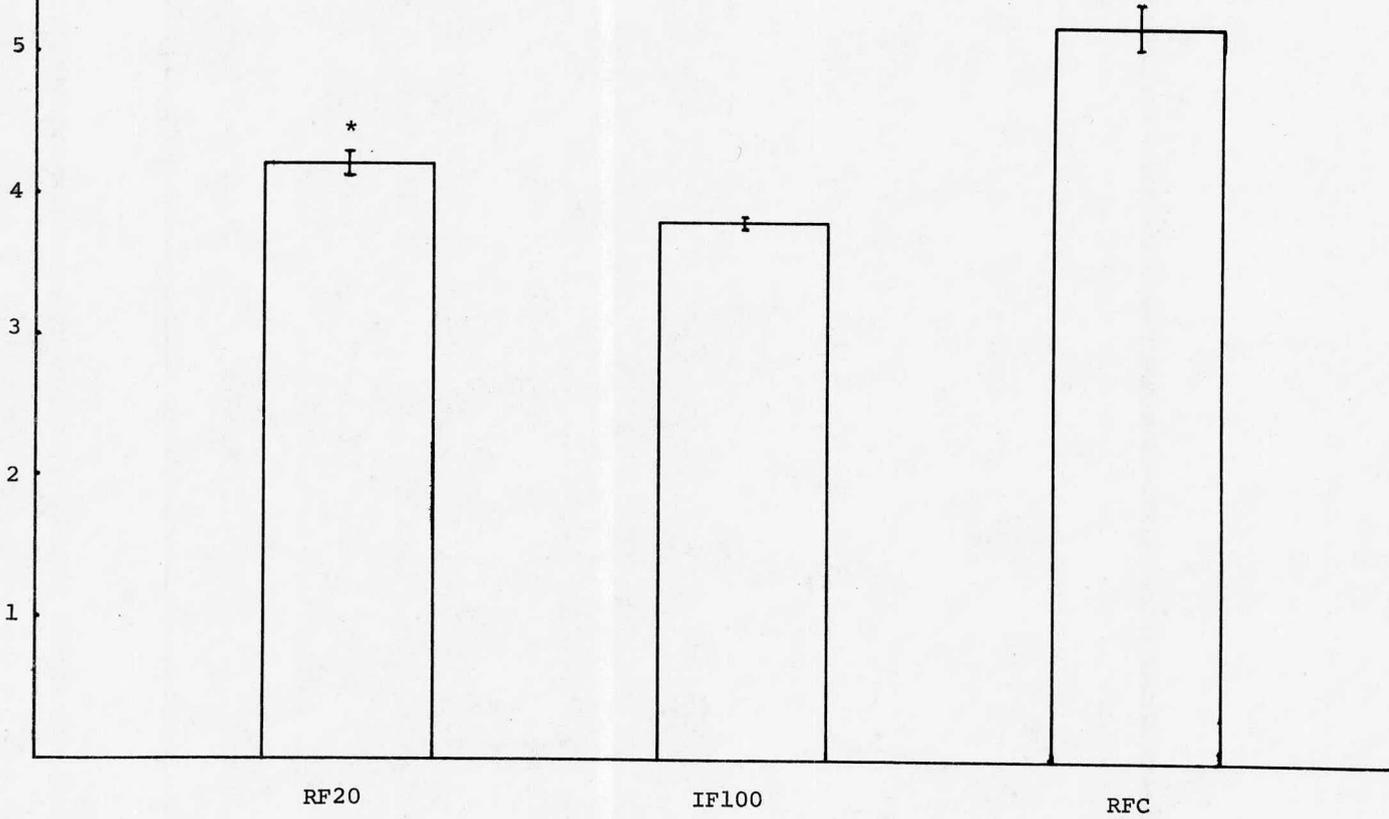


Figura 4. Promedio del total de reforzadores diarios del sujeto 1 en cada condición.

S U J E T O 1

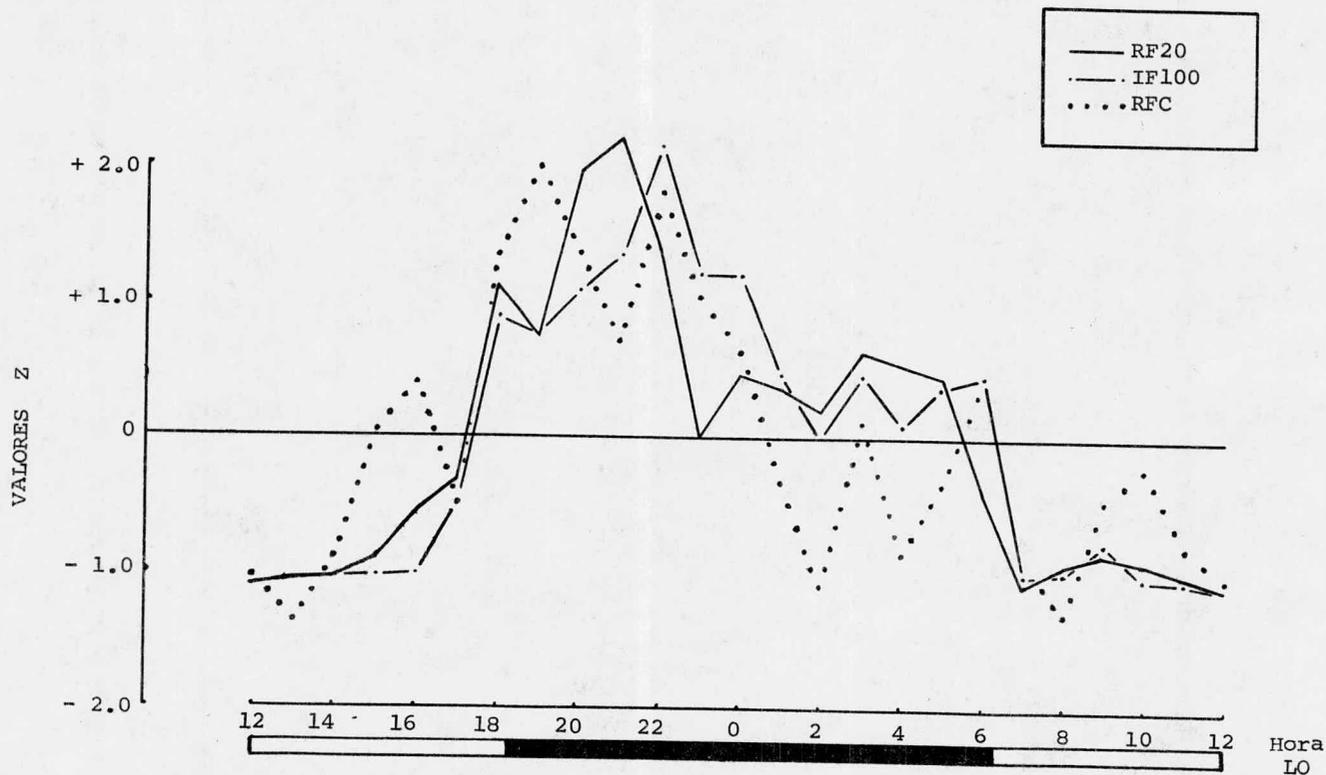


Figura 5. Desviaciones en unidades estándar con respecto al promedio de actividad diaria del sujeto 1.

S U J E T O 1



Figura 6. Promedio de las desviaciones estándar de cada condición. Sujeto 1.

de la obscuridad y durante este último período la tasa sobrepasa el promedio durante las primeras 6 horas, en las 6 siguientes el número de respuestas fluctúa alrededor de la media.

La distribución de reforzadores de acuerdo con la hora del día es muy semejante en las tres condiciones (figura 7) y la tendencia global sigue una función circadiana idéntica a la observada en la respuestas (figura 8).

Los décimos de vida analizados para intervalos de 24 horas resaltan la disminución en la tasa que sucede cerca de las 12:00 horas, tal decremento se observa en los tres programas de reforzamiento (figura 9).

Las curvas promedio, el periodograma, la autocorrelación y el análisis espectral son las técnicas más utilizadas en la detección de ritmicidad biológica (Sokolove y Bushell, 1978), los resultados presentados hasta este momento implican el uso de la primera técnica mencionada.

El autocorrelograma consiste en el cálculo de los coeficientes de correlación de los datos contra ellos mismos, los diversos índices se obtienen al desfazar los datos en intervalos o brechas (K) sucesivos; el coeficiente que se obtiene en la brecha 1 significa la correlación entre cada dato y su sucesor inmediato, la brecha 2 significa la correlación entre cada dato y el segundo que le sigue, etc. (Yamane, 1979;-

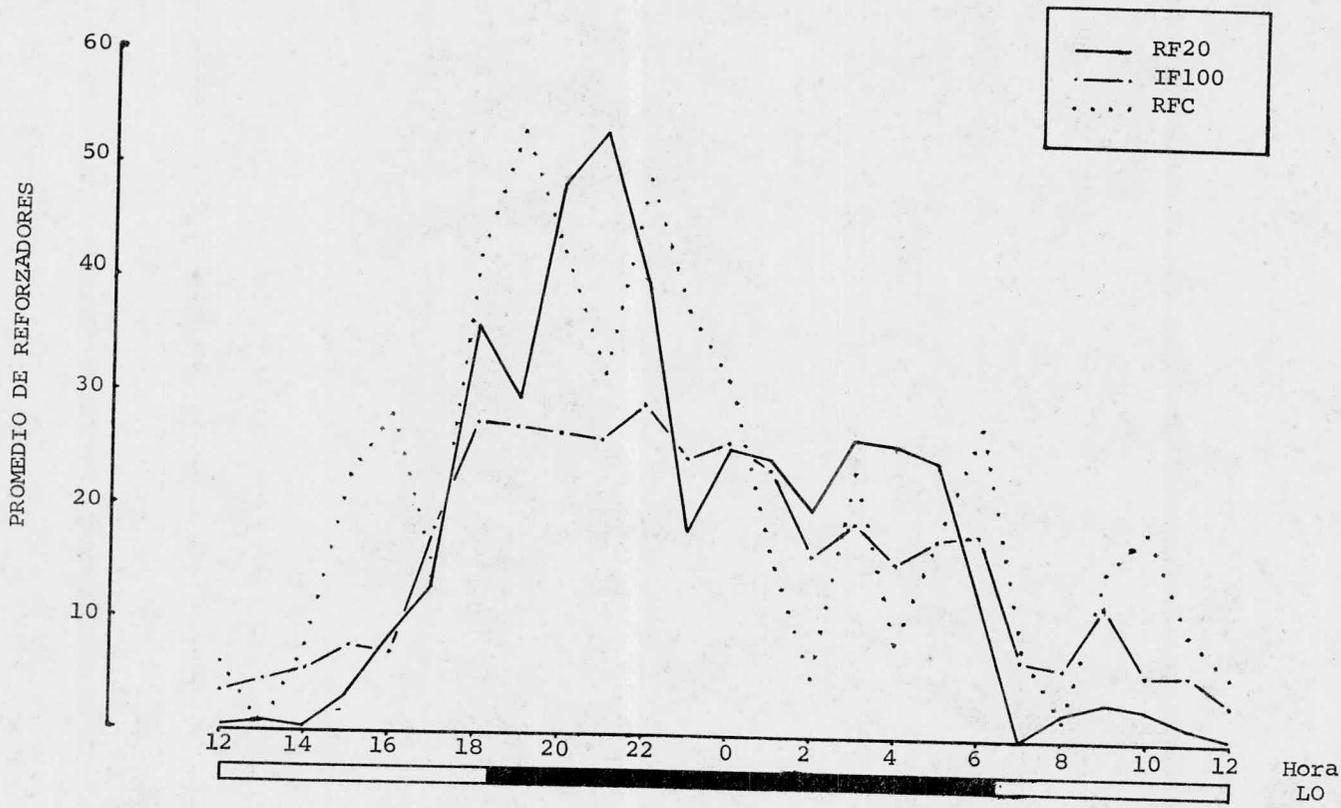


Figura 7. Distribución del consumo de reforzadores en el transcurso del día. Sujeto 1.

S U J E T O 1

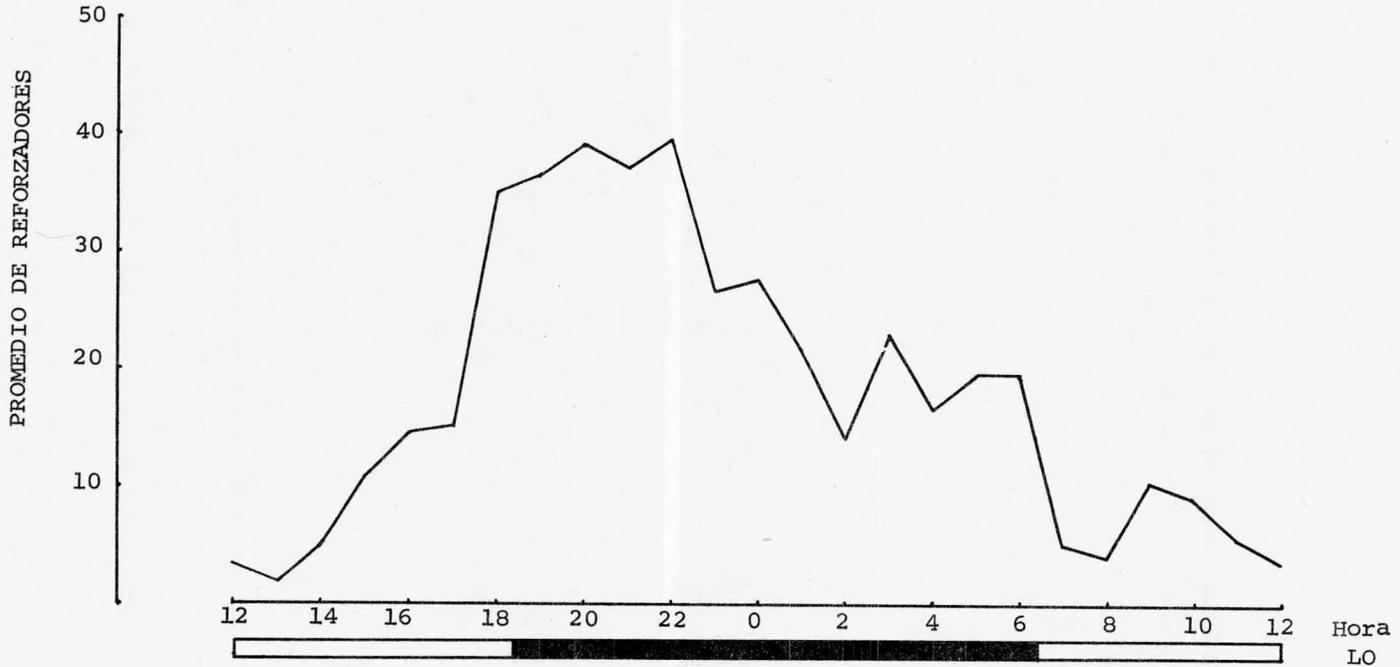


Figura 8. Distribución promedio del consumo de reforzadores en el transcurso del día. Sujeto 1.

S U J E T O 1

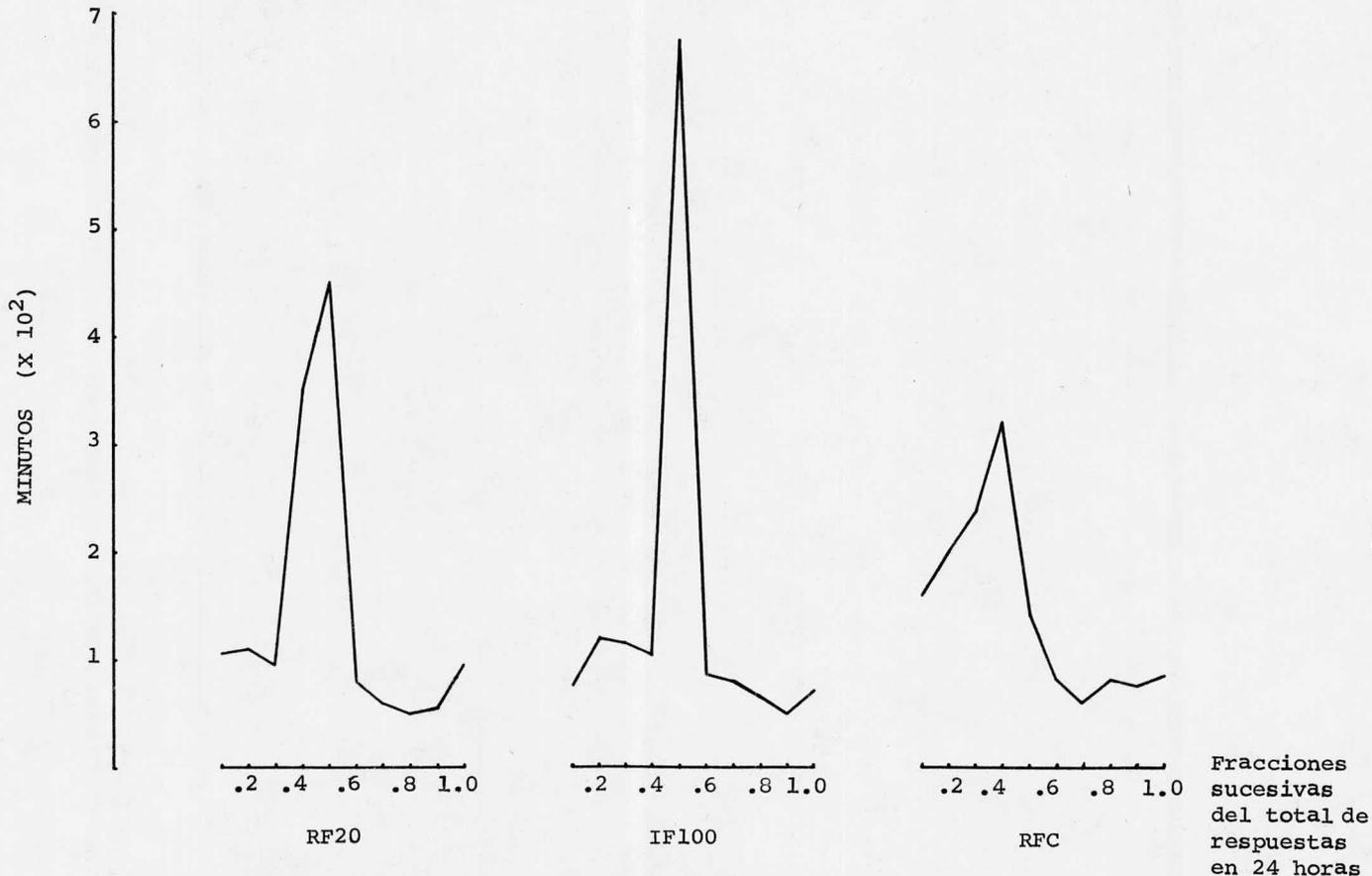


Figura 9. Décimos de vida en las diferentes condiciones del sujeto 1. Cada punto en la gráfica expresa el tiempo que transcurre hasta que el animal emite la décima parte del total de respuestas en un día.

Castro, 1976). Los autocorrelogramas del número total de respuestas por hora del sujeto 1 (figuras 10, 11 y 12) muestran un incremento recurrente en los valores de correlación con un período aproximado de 24 horas, lo cual confirma la existencia de ritmicidad circadiana en la conducta operante de la rata. Las oscilaciones fueron claras en RF20 e IF100, y menos pronunciadas en RFC. Este segundo análisis se llevó a cabo en una computadora Burroughs B6700.

S U J E T O 1. R F 2 0

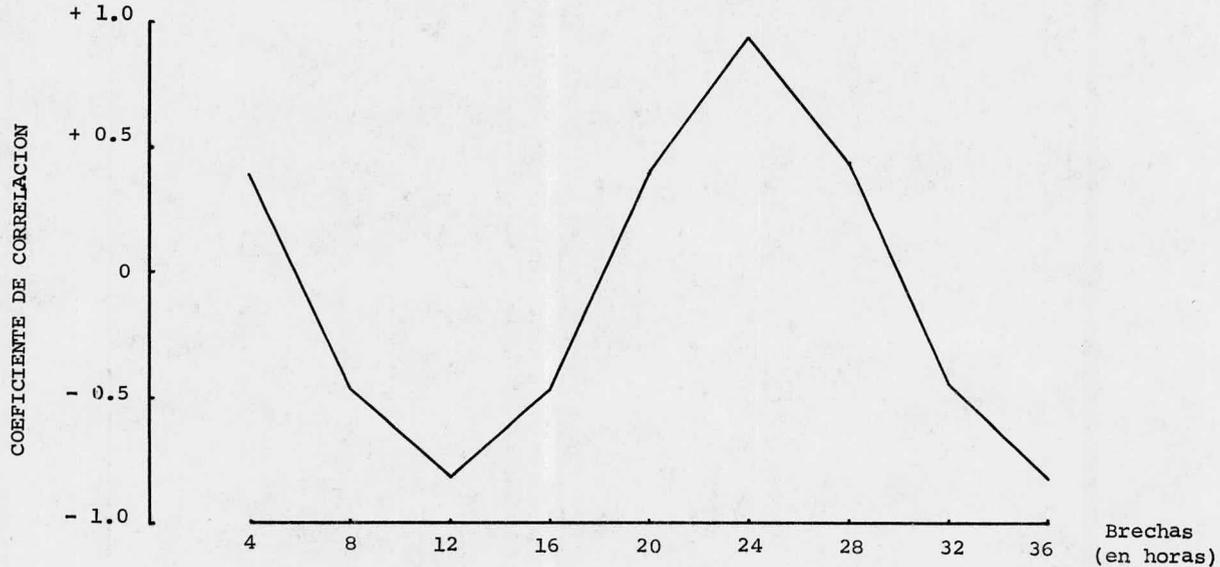


Figura 10. Autocorrelograma de las respuestas del sujeto 1 en el programa RF20. Cada brecha equivale a 4 horas de actividad, la indicación de las brechas en - horas permite apreciar más fácilmente las variaciones circadianas. Esta - gráfica, y los demás autocorrelogramas de este estudio, se obtuvieron a - partir del análisis manual de los datos. Los resultados del análisis efec- tuado por la computadora son idénticos a los presentados en estas figuras.

S U J E T O 1. IF100

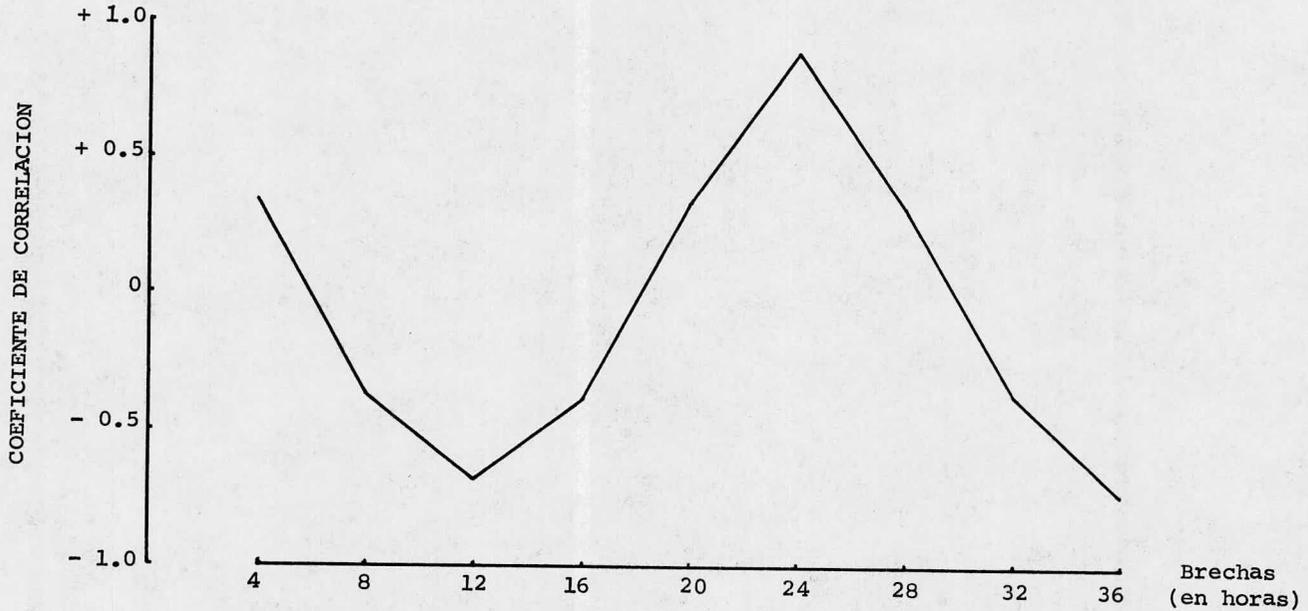


Figura 11. Autocorrelograma de las respuestas del sujeto 1 en el programa IF100.

S U J E T O 1. RFC

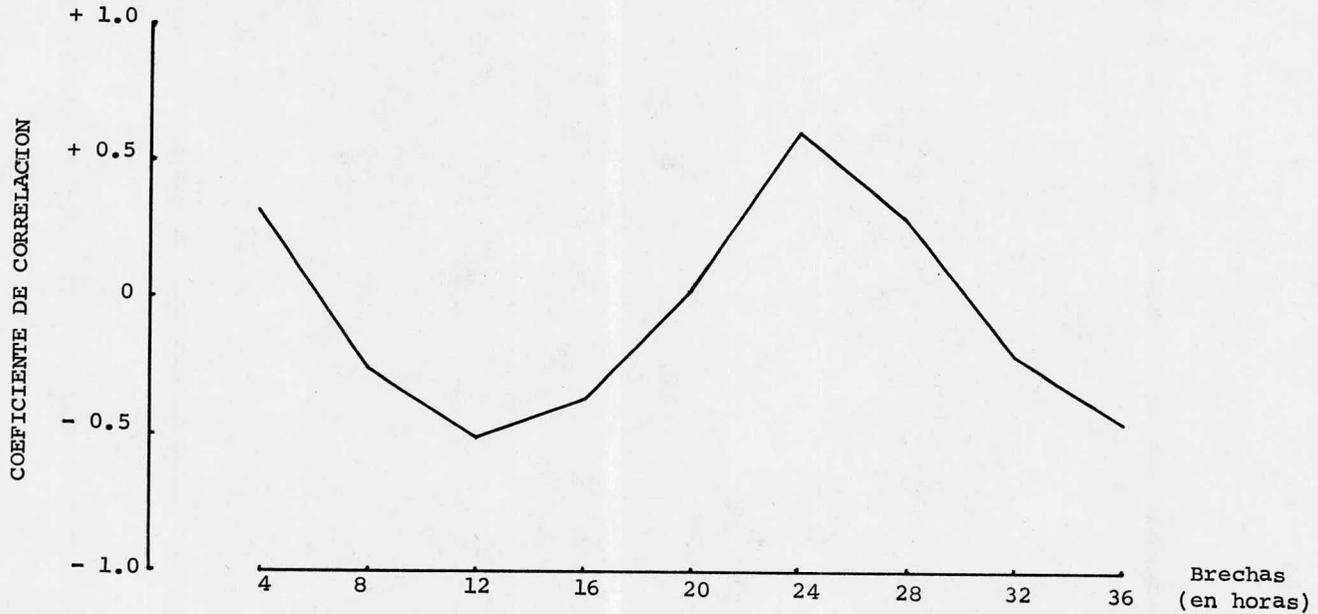


Figura 12. Autocorrelograma de las respuestas del sujeto 1 en el programa RFC.

Variaciones circadianas en los patrones de conducta

El patrón de respuestas generado por el programa RF20 fue independiente de la hora del día, esto significa que a cualquier hora que la rata respondía el patrón de tasa acelerada y pausa post-reforzamiento tenía magnitudes semejantes (figura 13).

Con el programa IF100 sucedió algo diferente, el festoneo sufrió modificaciones dependiendo de la hora del día. Para medir la pauta de respuesta al intervalo fijo se calculó la proporción de respuestas por segmentos de 12 segundos del total del intervalo, esta distribución porcentual cambió en el transcurso del día (figura 14). Durante las horas de obscuridad el patrón de respuesta fue semejante al observado en sesiones cortas de condicionamiento, durante el período de luz el patrón se volvió irregular y el tiempo entre respuestas incrementó de tal forma que en algunas horas del día cada respuesta era seguida por el reforzador.

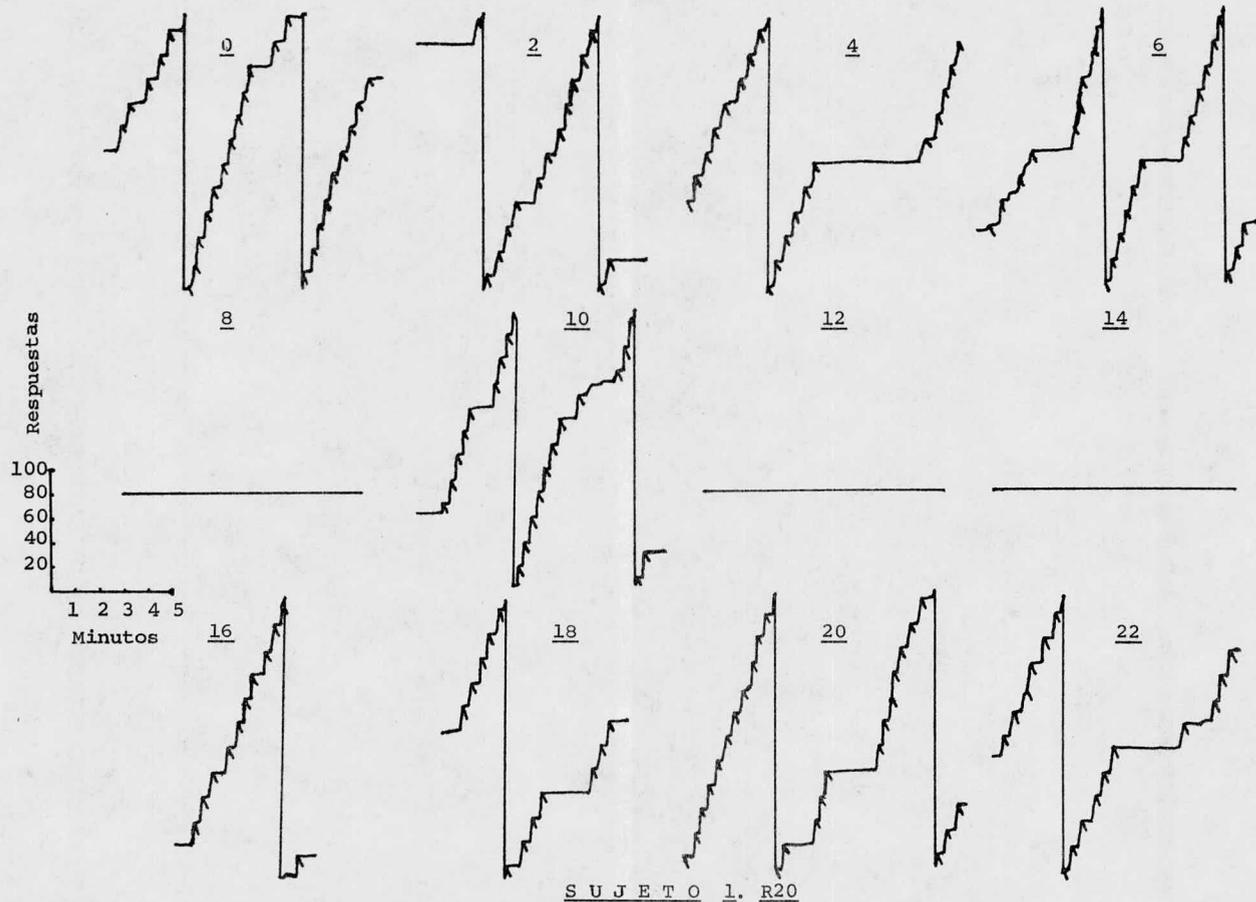


Figura 13. Patrón de respuestas del sujeto 1 durante el programa RF20. Arriba de cada muestra o segmento del registro acumulativo se indica la hora del día correspondiente. A la izquierda de la gráfica se encuentra la calibración.

S U J E T O 1. IF100

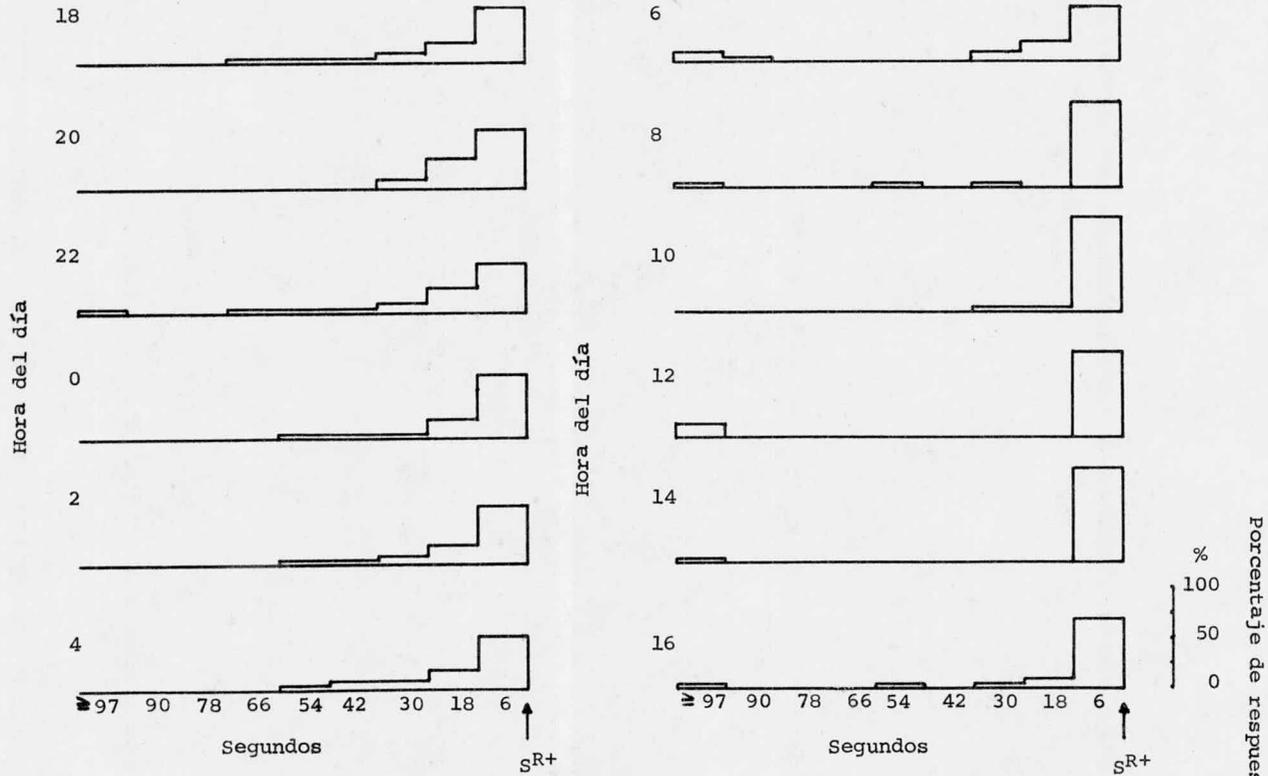


Figura 14. Distribución relativa de las respuestas durante el intervalo. Datos del Sujeto 1 en la condición IF100. El patrón de respuesta varía dependiendo de la hora del día.

Variaciones ultradianas

La tasa mostró variaciones momento a momento en las distintas condiciones. Con objeto de evaluar la posible existencia de un ritmo ultradiano se tomó como un punto de actividad el número de respuestas que ocurrieron en un lapso de 5 minutos, enseguida se obtuvo el promedio de los puntos de actividad durante la porción obscura (12 horas) del ciclo de iluminación; esta etapa se seleccionó por contener la mayor proporción de respuestas emitidas en el día. Hecho lo anterior, se procedió a graficar los valores z de cada punto, las figuras resultantes fueron analizadas como un registro analógico cualquiera. En el caso de la actividad de la rata se consideró como cero del registro al promedio de esa porción del ciclo (figuras 15, 16 y 17). La medición sobre estas gráficas de la duración de cada ciclo, desde el inicio de cada onda al inicio de la siguiente, dió lugar a una distribución porcentual de los ciclos (figura 18). Puede observarse que la mayor parte de los ciclos tienen una duración cercana a los 15 minutos en IF100, en RF20 los ciclos tienen una duración central- aproximada de 30 minutos; y, aunque los ciclos tienden a caer cerca de intervalos más grandes (de 50 a 60 minutos) en RFC, la enorme dispersión impide detectar ritmicidad ultradiana en la condición de reforzamiento continuo.

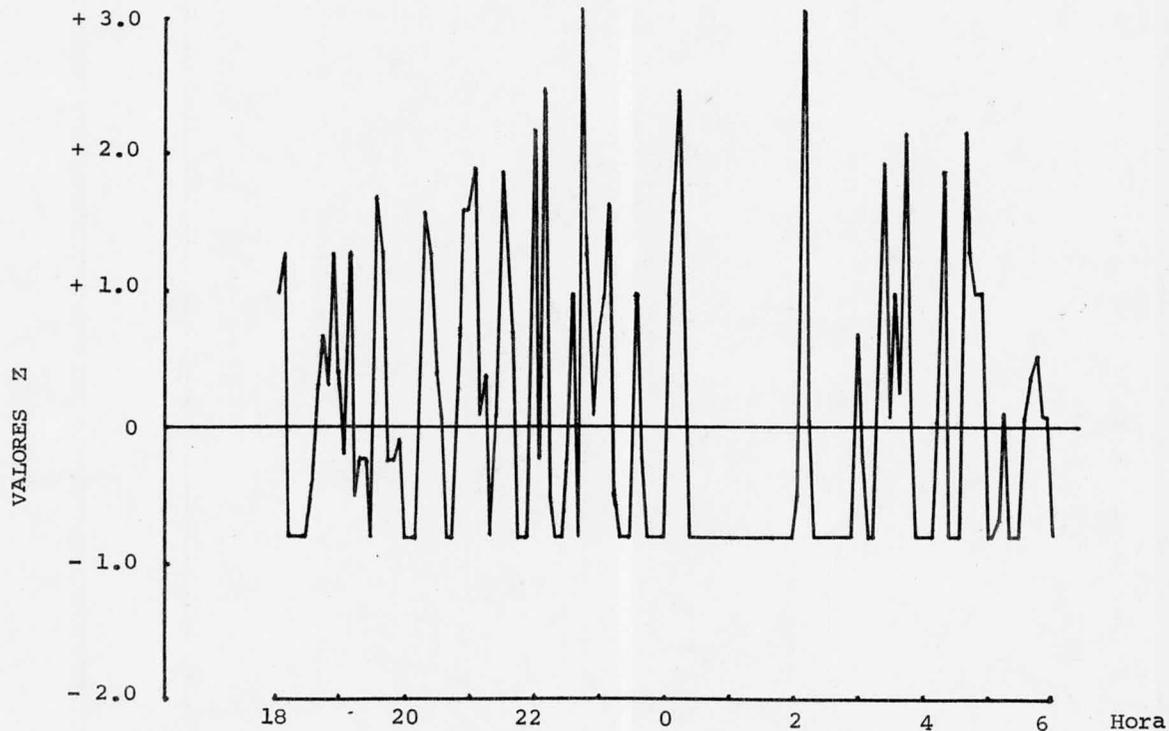


Figura 15. Desviaciones en unidades estándar de las respuestas del sujeto 1 por intervalos de 15 minutos durante la porción oscura del ciclo de iluminación. Los valores z se obtuvieron respecto al promedio de las respuestas en la misma porción. La rata se encontraba en el programa RF20.

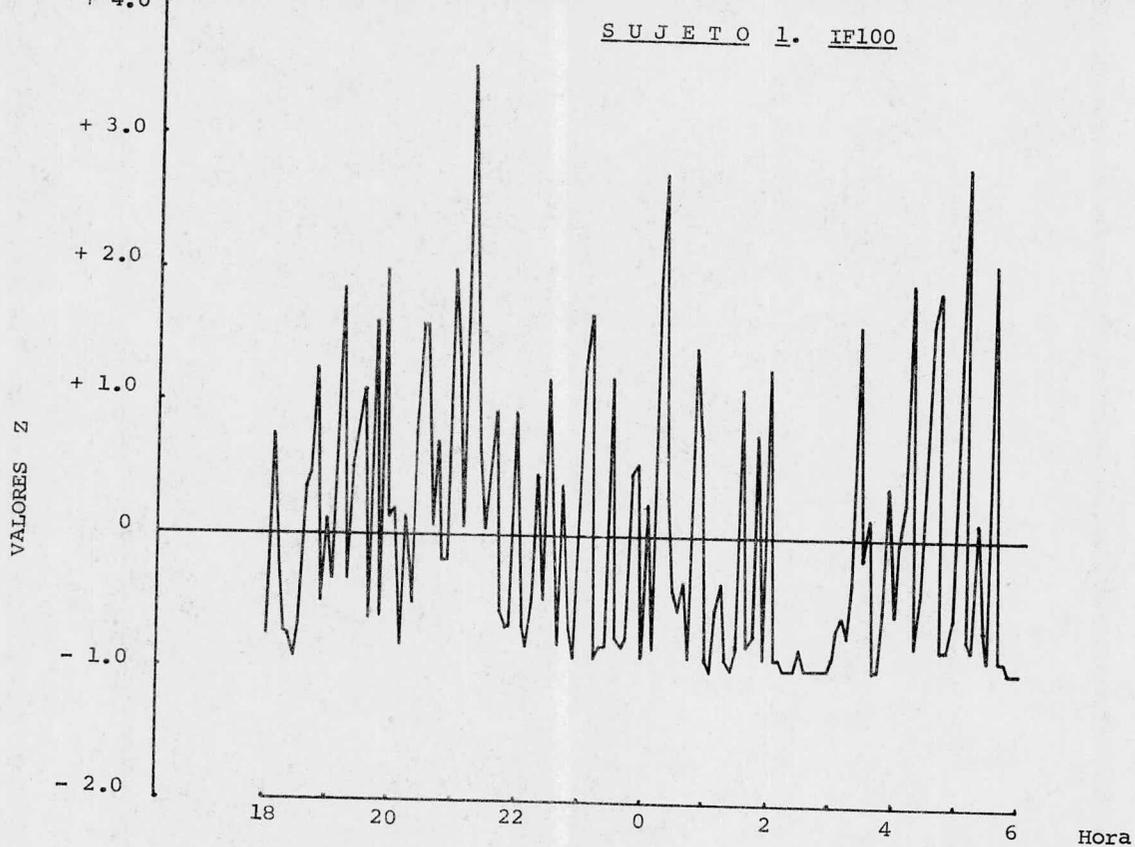


Figura 16. Desviaciones en unidades estándar con respecto al promedio de actividad durante el período de oscuridad. Datos del sujeto 1 en el programa - - IF100.

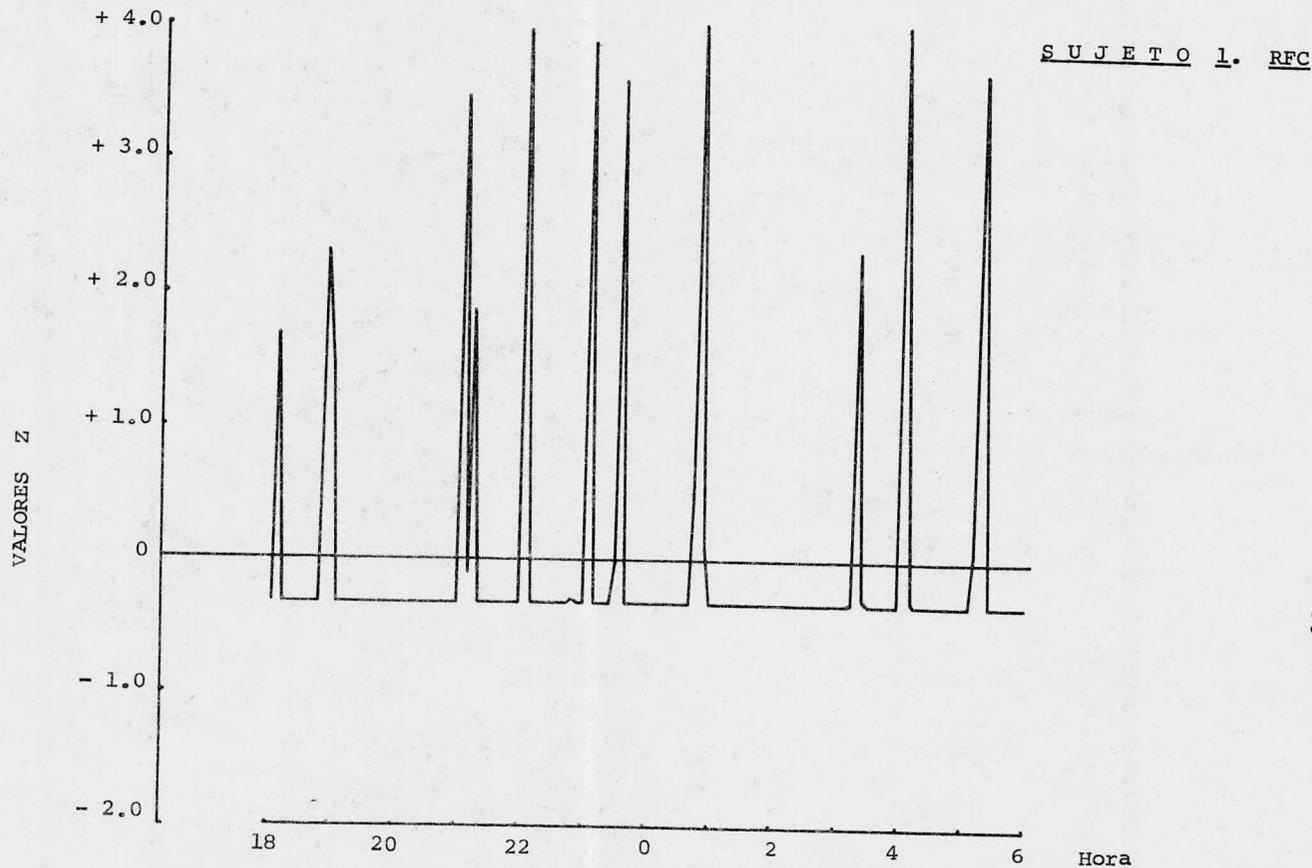


Figura 17. Desviaciones en unidades estándar con respecto al promedio de actividad durante el período de oscuridad. Datos del sujeto 1 en el programa RFC.

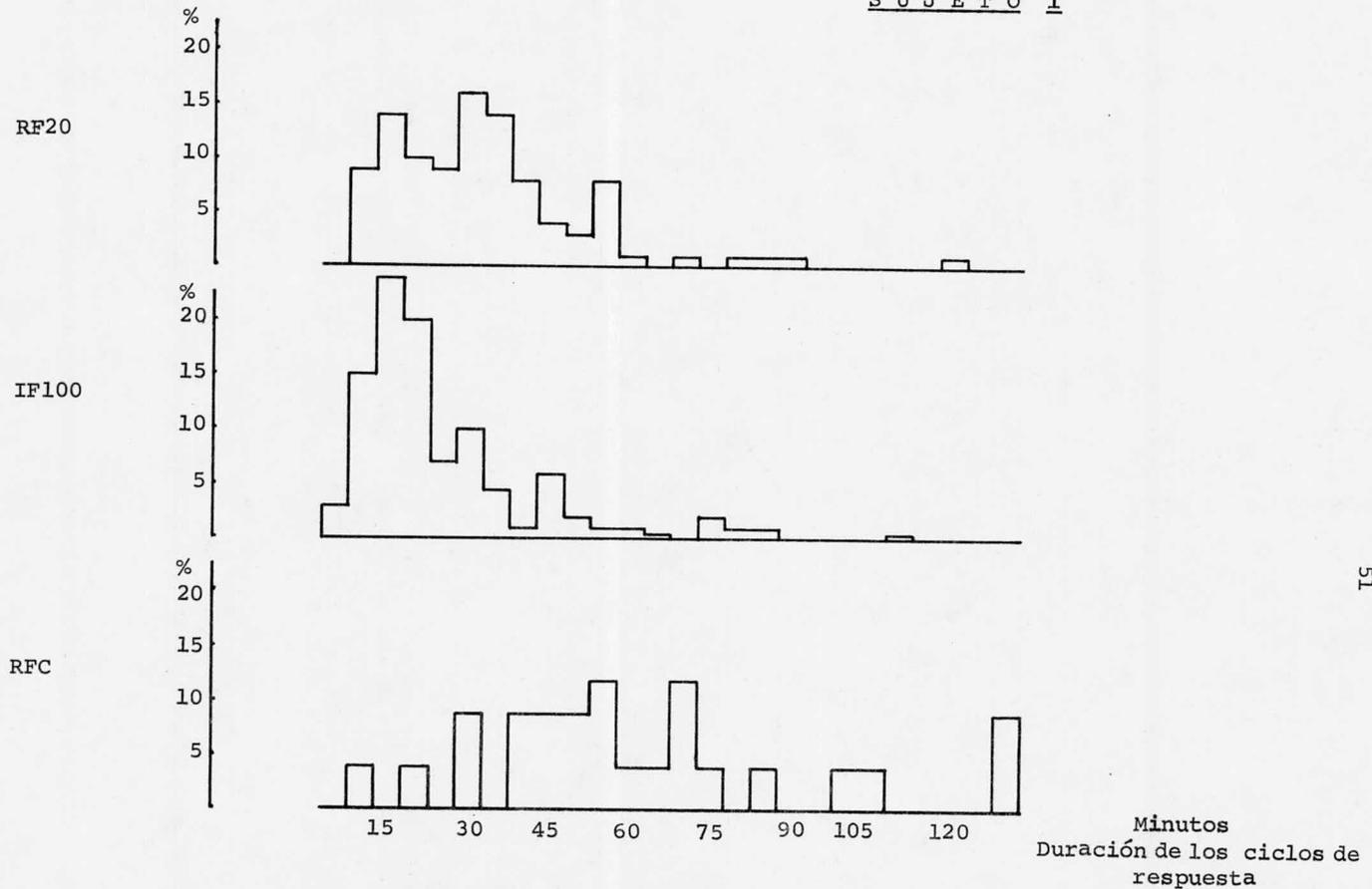


Figura 18. Distribución porcentual de los ciclos de respuesta del sujeto 1 durante el período de obscuridad. En el programa IF100 la mayor parte de los ciclos de respuesta tienen duraciones entre 10 y 20 minutos.

El promedio de los ciclos para los tres programas indica un incremento en el período de las oscilaciones en la segunda parte de la porción oscura del día (tabla 2).

La técnica descrita en los párrafos precedentes es semejante a la empleada por Sterman y col. (1972).

Tabla 2.

DURACION PROMEDIO DE LOS CICLOS DE RESPUESTA
DEL SUJETO 1.

Condición	Promedio total	Promedios parciales	
	18 - 6 h	18 - 0 h	0 - 6 h
RF20	$33 \pm 2.22 \text{ min (*)}$	28 min	45 min
IF100	$26 \pm 1.29 \text{ min}$	23 min	30 min
RFC	$74 \pm 10.50 \text{ min}$	57 min	108 min

Nota: min = minutos, h = horas.

* Error estándar.

SUJETO 2

Se utilizó como nivel de comparación en los sujetos 2 y 3 la tasa de respuestas y el peso registrados en las últimas 5 sesiones de una hora.

La introducción de la rata en la cámara experimental durante tres días continuos produjo una tasa irregular en las primeras horas. Al tercer día se aprecia una distribución de respuestas semejante a la del sujeto 1, mientras que el peso presentó oscilaciones circadianas desde el inicio de la sesión (figura 19).

El número diario de respuestas fue equivalente en los tres días (figura 20), este valor cae en el rango de respuestas emitidas por el primer sujeto bajo el programa RF20. El consumo diario de reforzadores concuerda con lo encontrado en el sujeto 1 (figura 21).

El patrón de respuestas se mantuvo constante, independiente de la hora del día e idéntico al que aparecía en las sesiones de 60 minutos (figura 22), este resultado también es congruente con los datos del primer sujeto.

El análisis de la ritmicidad ultradiana, siguiendo la técnica descrita para el sujeto 1, mostró una gran variabilidad en los períodos; esto, junto con el reducido número de días de sesión continua impiden identificar algún ciclo ultradiano en el sujeto 2.

S U J E T O 2. RF20

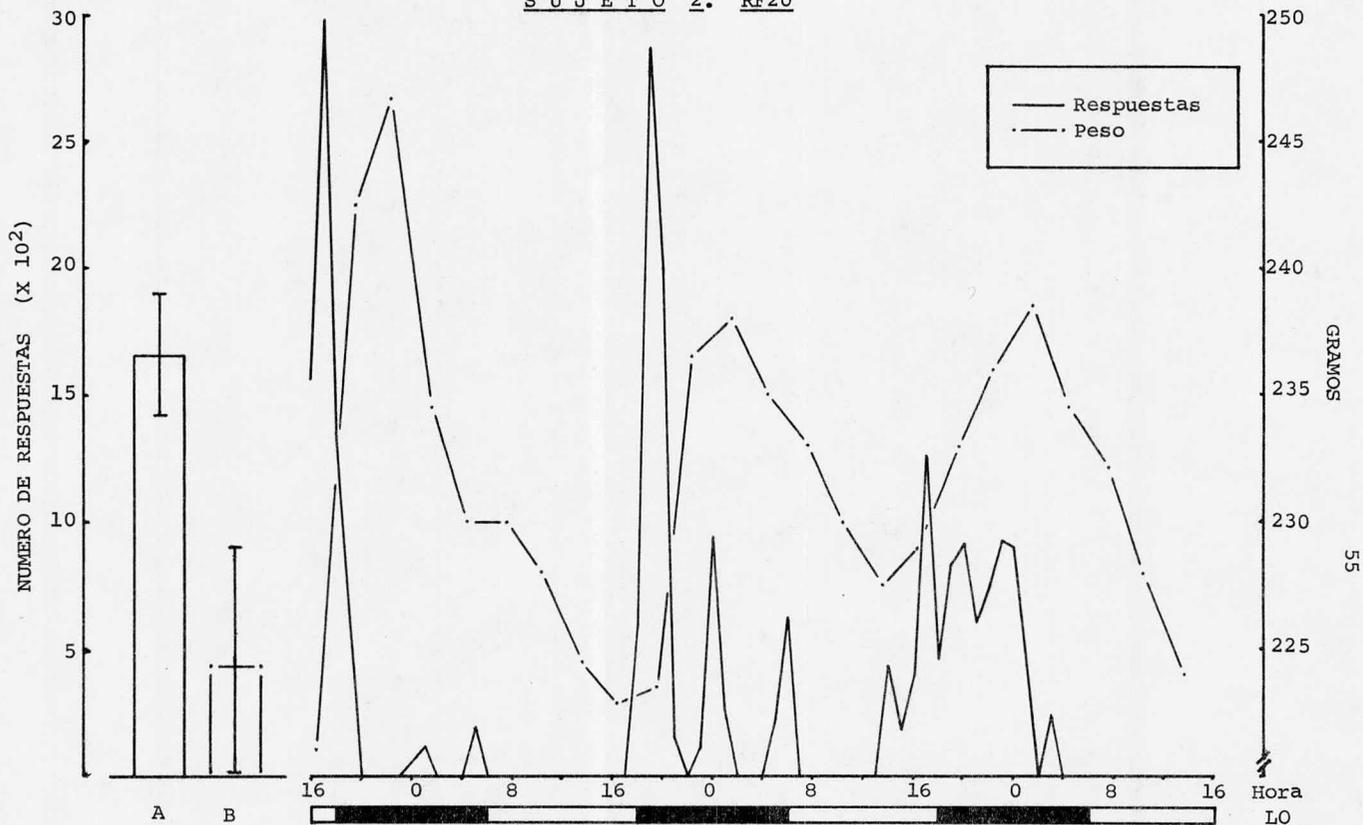


Figura 19. Variaciones en la actividad y peso del sujeto 2 durante la sesión de 72 horas. Esta rata se encontraba en un programa RF20. Las barras a la izquierda muestran el promedio de las respuestas (A) y el promedio del peso (B) en las 5 sesiones diarias de una hora previas a la sesión de 3 días.

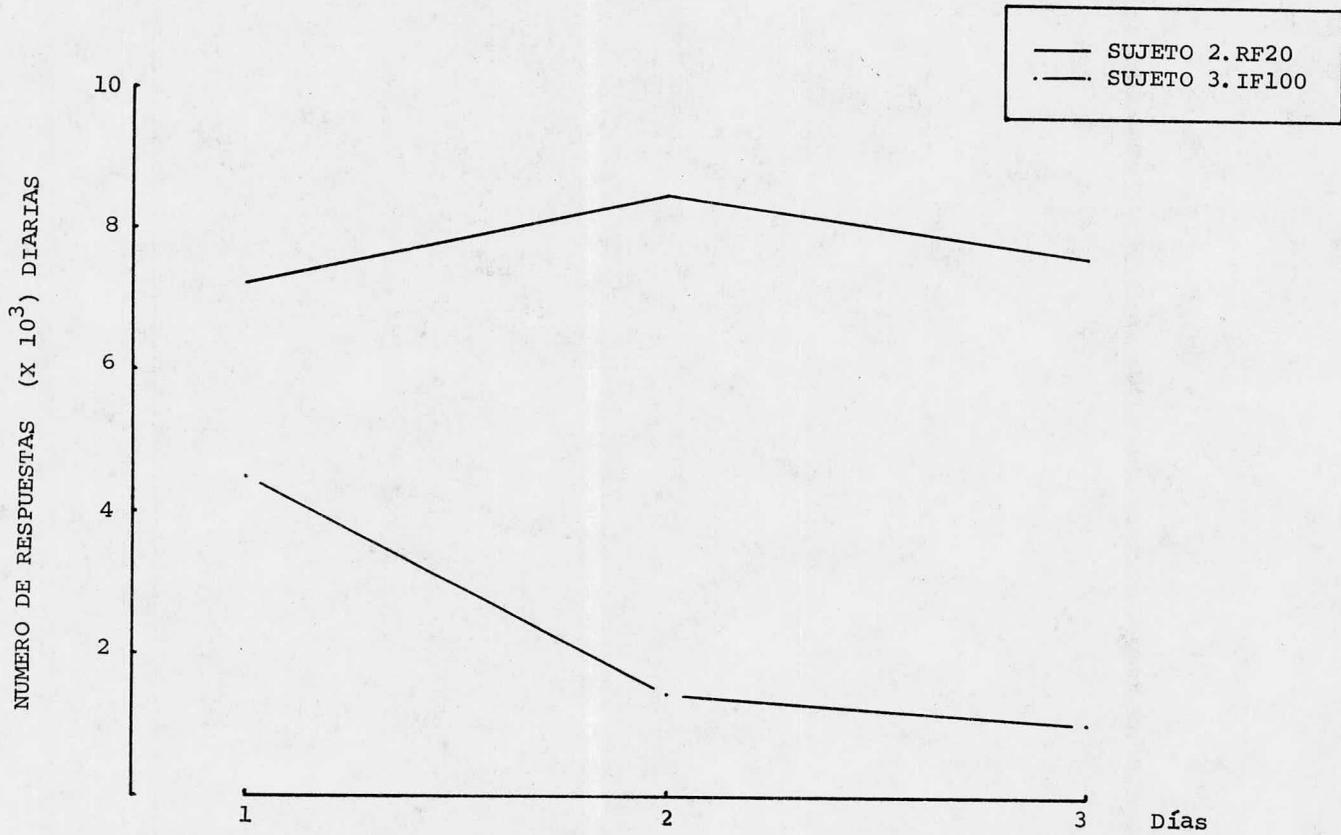


Figura 20. Número total de respuestas diarias de los sujetos 2 y 3 durante la sesión de 3 días.

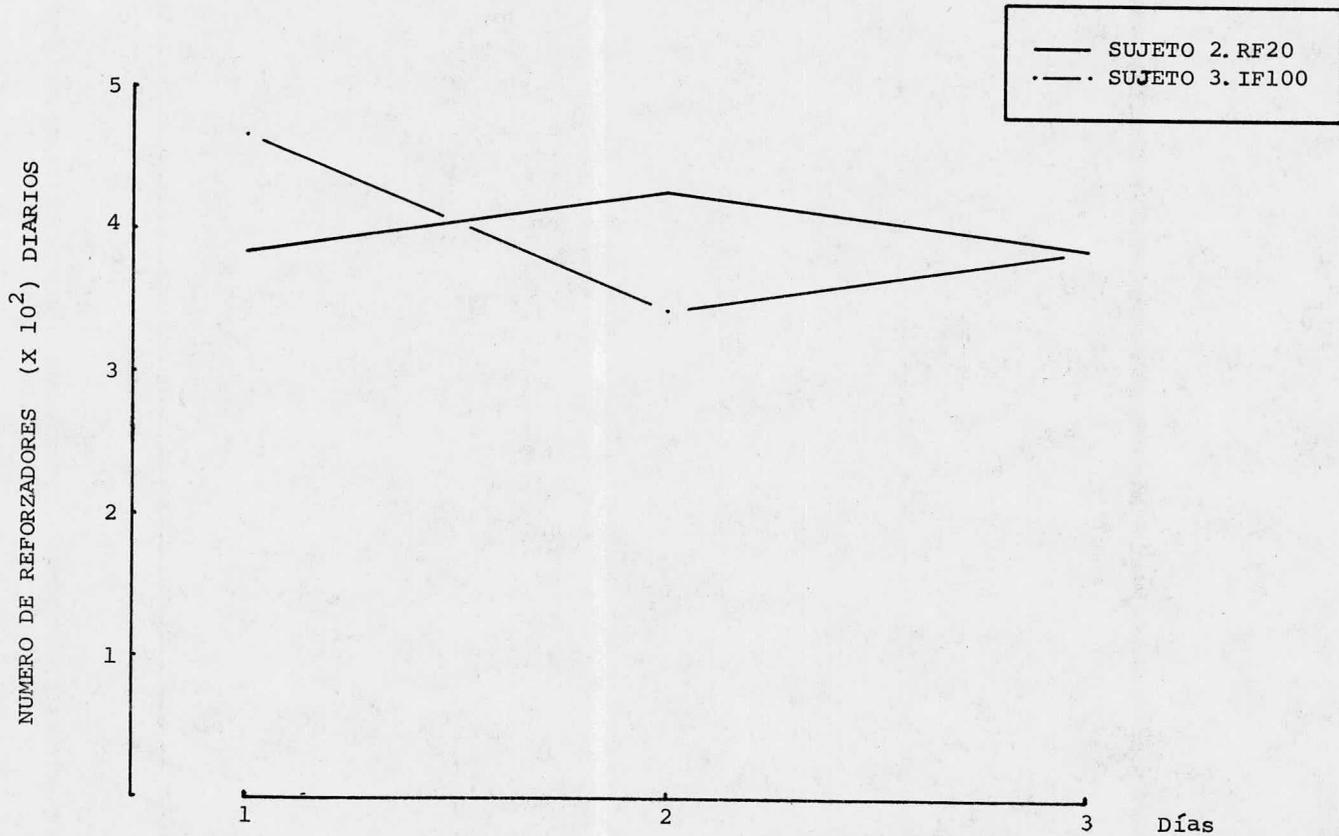


Figura 21. Número total de reforzadores diarios de los sujetos 2 y 3 durante la sesión de 3 días.

S U J E T O 2. R F 2 0

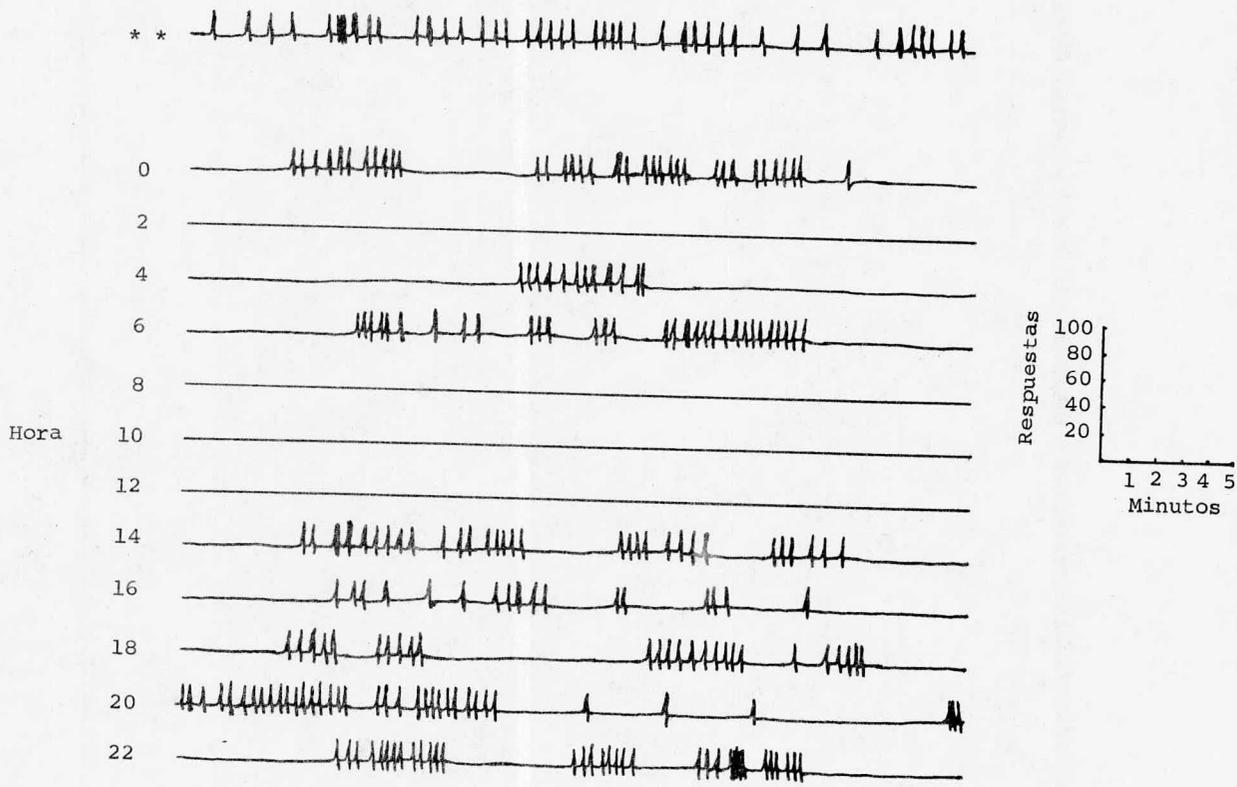


Figura 22. Patrón de respuestas del sujeto 2 en un programa RF20. En la parte superior (***) se muestra un registro de una sesión de una hora, los registros siguientes corresponden al último día de la sesión de 72 horas. El reforzador está marcado como un regreso de la plumilla a la línea basal y una desviación hacia abajo. El ángulo de la derecha proporciona la calibración del registro.

SUJETO 3

En la sesión de 72 horas se observaron irregularidades en la tasa y el peso durante el primer día, después del cual tanto las respuestas como el peso se conformaron a un ciclo de 24 horas. Las oscilaciones en el peso ocurrieron fuera de fase con respecto al ritmo de actividad (figura 23).

El total de respuestas diarias decrementó hacia el final de la sesión (figura 20), los cambios en la actividad fueron independientes del consumo de reforzadores, éste permaneció relativamente invariable (figura 21); la cantidad de alimento y la tasa diaria de las últimas 48 horas de registro son similares a los valores alcanzados por el sujeto 1 bajo el IF100.

El promedio de los tres días para las dos últimas ratas sugiere modulaciones circadianas en la tasa de respuestas, aunque la fase entre los ritmos de ambos sujetos es diferente (figura 24). El autocorrelograma también indica la posible existencia de variaciones circadianas en la actividad de los dos sujetos (figuras 25 y 26).

La pauta de respuestas varió dependiendo de la hora del día, el patrón que apareció durante la porción oscura del ciclo fue muy semejante al que se registró en las sesiones de 60 minutos; por otro lado, en la parte iluminada la

S U J E T O 3. IF100

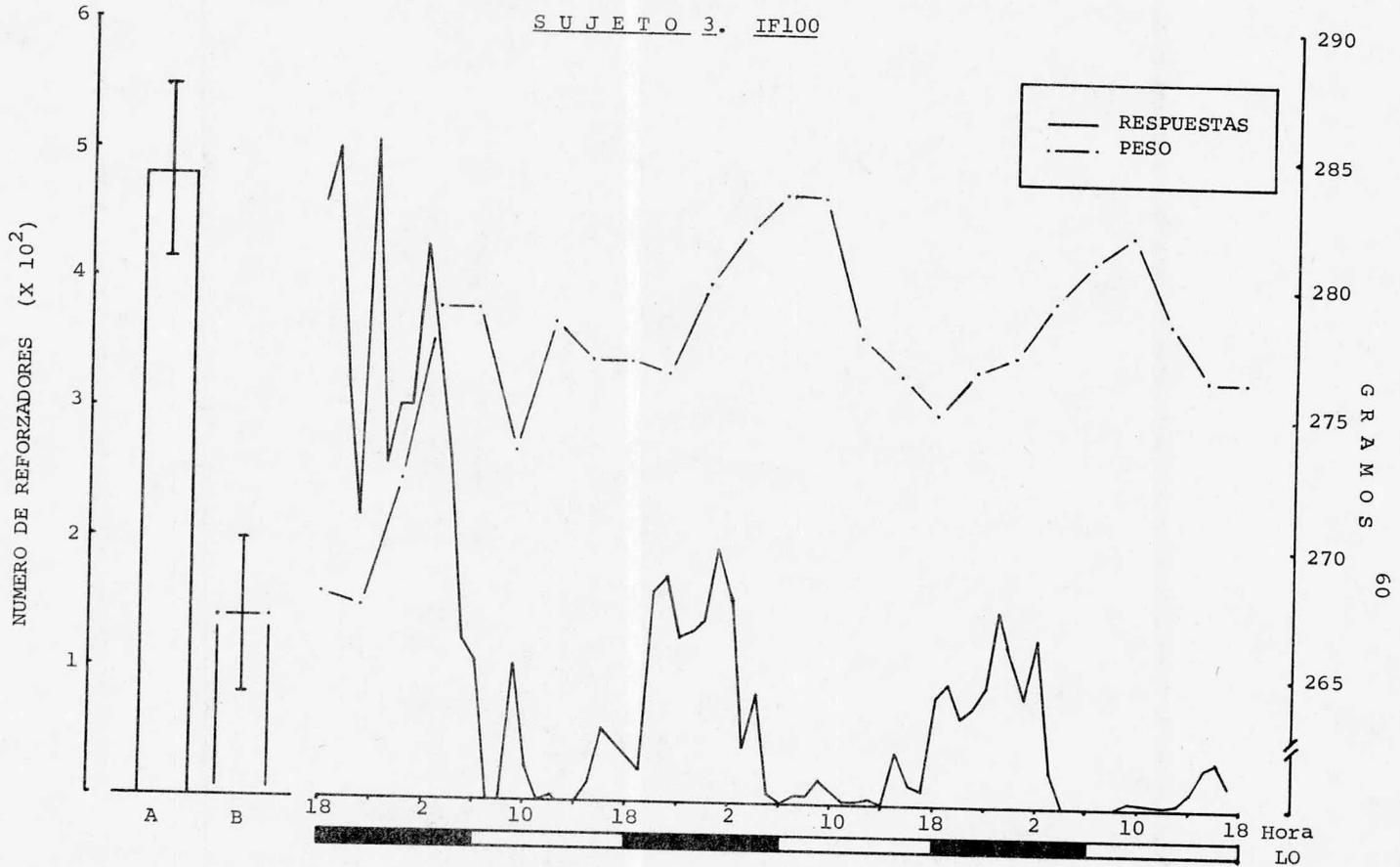


Figura 23. Variaciones en la actividad y peso del sujeto 3 durante la sesión de 72 horas. Esta rata se encontraba en un programa IF100. Las barras a la izquierda muestran el promedio de las respuestas (A) y el peso (B) en las 5 sesiones diarias de una hora previas a la sesión de 3 días.

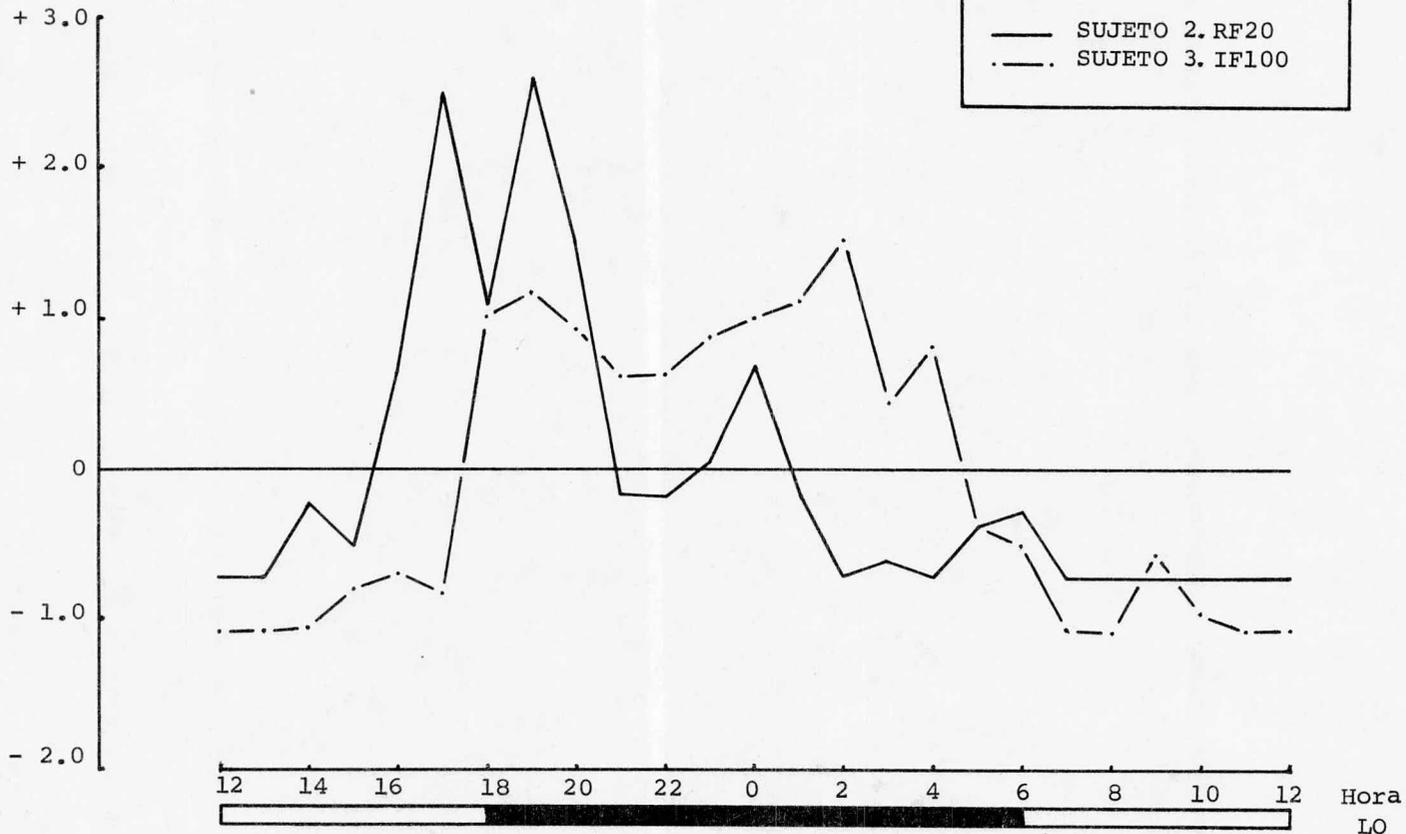


Figura 24. Desviaciones en unidades estándar con respecto al promedio de actividad diaria. Sujetos 2 y 3.

S U J E T O 2. RF20

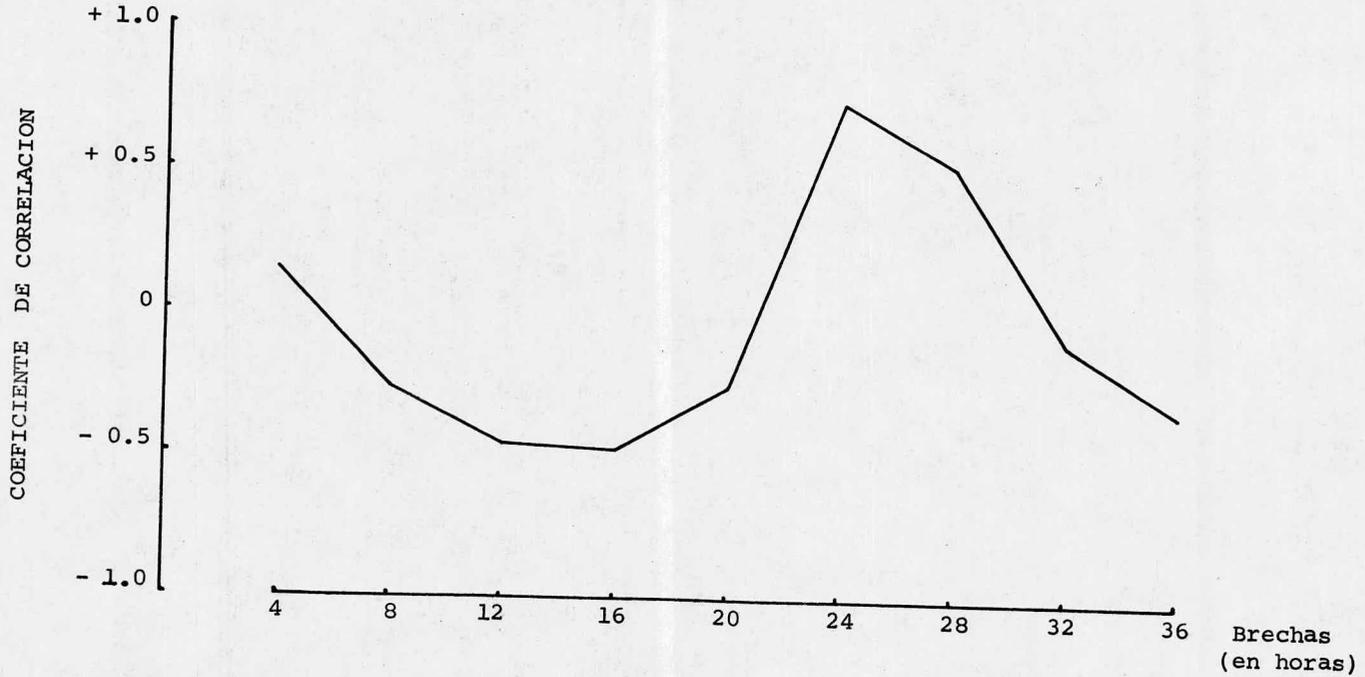


Figura 25. Autocorrelograma de las respuestas del sujeto 2 en un programa RF20.

S U J E T O 3. I F 1 0 0

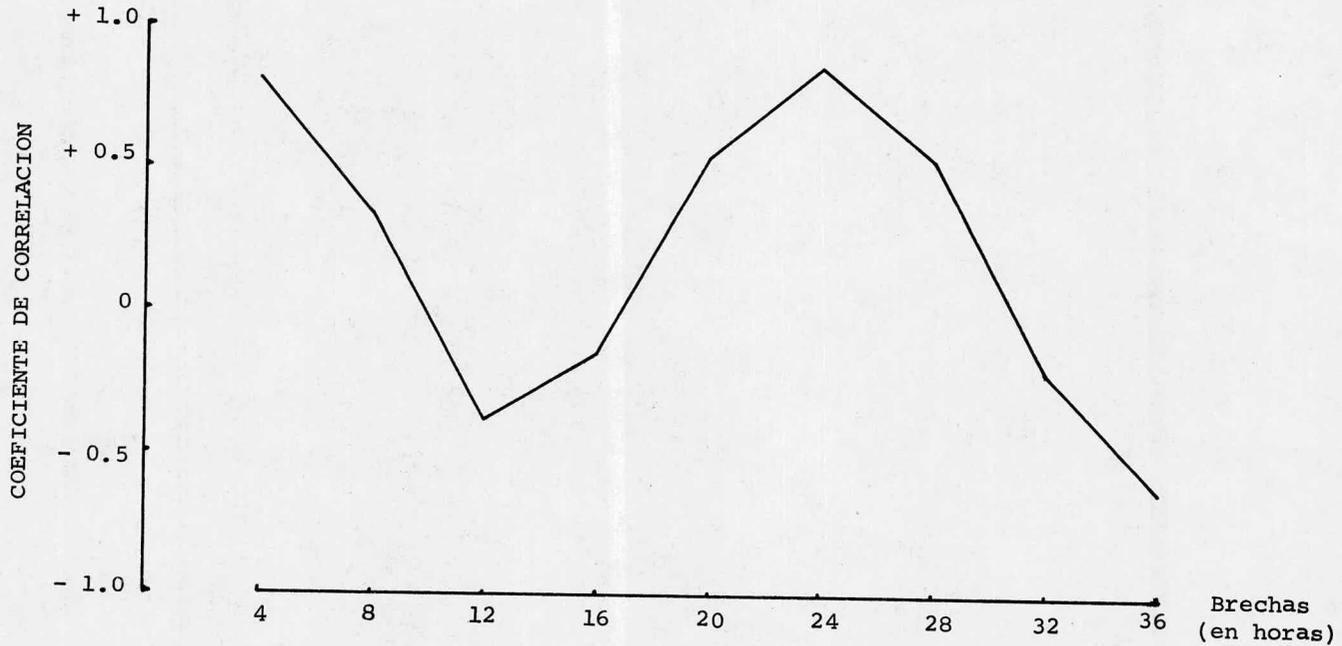


Figura 26. Autocorrelograma de las respuestas del sujeto 3 en un programa IF100.

pauta era más irregular y los tiempos entre respuestas tendieron a incrementarse (figura 27). Los cambios en la pauta de respuesta al intervalo fijo son iguales a los observados con el primer sujeto.

La actividad que el sujeto 3 presentó entre las 18:00 y las 6:00 horas se analizó en busca de ritmicidad ultradiana (figura 28). Se encontró una duración y distribución porcentual de los ciclos ultradianos similares a los descritos para el sujeto 1 bajo el programa de intervalo.

Cabe aclarar que, tanto en el análisis previo como en las curvas promedio y el autocorrelograma, sólo se mencionan tendencias en los datos debido al reducido número de días de registro continuo en los sujetos 2 y 3, lo que hace poco con fiables los resultados que se obtienen con tales técnicas.

S U J E T O 3. IF100

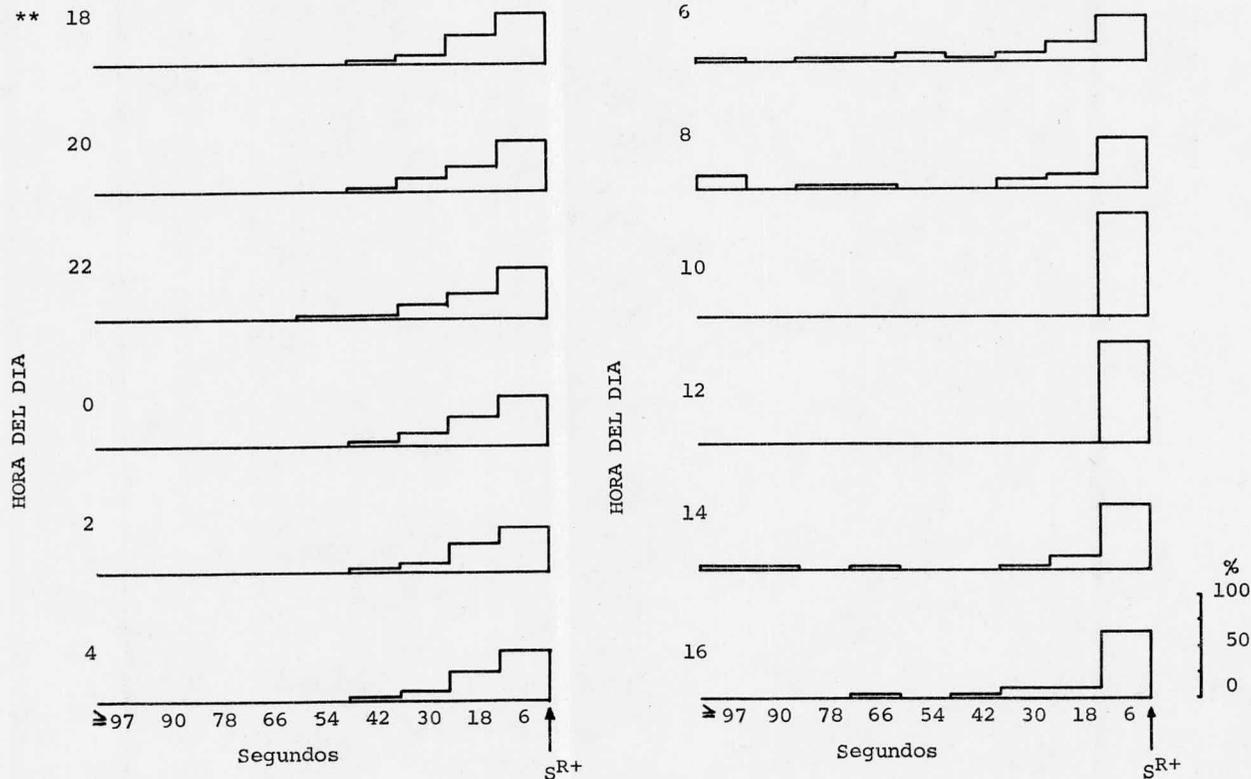


Figura 27. Distribución relativa de las respuestas durante el intervalo. Datos del sujeto 3 en el programa IF100. La distribución correspondiente a las 18 horas (**) es -- igual a la observada en las 5 sesiones diarias de 60 minutos anteriores a la sesión de 3 días.

S U J E T O 3. IF100

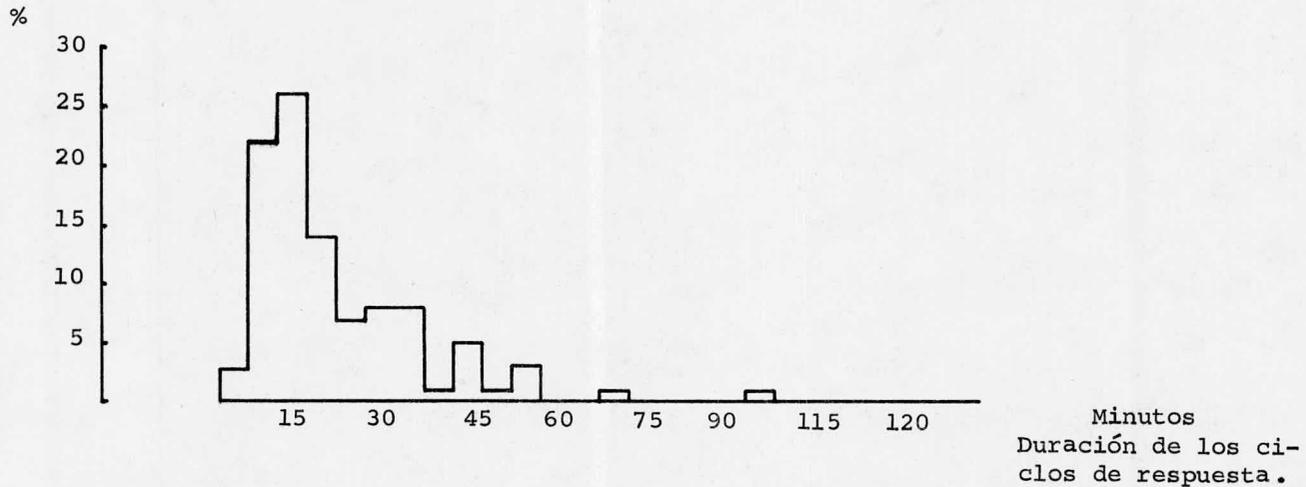


Figura 28. Distribución porcentual de los ciclos de respuesta del sujeto 3 durante el período de oscuridad de la sesión de 72 horas. Este animal se encontraba bajo un programa IF100.

SECCION III. ANALISIS

DISCUSION

Los datos presentados serán discutidos en base a las siguientes conclusiones:

- 1) El consumo diario de alimento se mantiene estable, independientemente del programa de reforzamiento.

En los 3 sujetos bajo estudio la tasa de respuestas varió en función del programa de reforzamiento y la hora del día, mientras que la distribución de reforzadores sólo varió dependiendo de la hora del día. Al parecer el consumo de alimento simplemente se ajustó al promedio diario para cada sujeto. Los programas RF20 e IF100, al restringir el consumo fásico observado en RFC, incrementaron el tiempo de consumo sin afectar la cantidad total de alimento por día.

El promedio de reforzadores fue semejante en las 3 ratas. El consumo diario fluctuó entre 300 y 500 reforzadores - ($\bar{x} = 400$), lo que transformado en cantidad de alimento equivale a 18 ± 4.5 gramos.

- 2) La conducta operante presenta variaciones circadianas.

Los 3 programas utilizados en este estudio dieron lugar a cambios en la tasa acordes con el ciclo de iluminación. La mayor tasa aparecía durante el período de obscuridad; con una aceleración creciente desde antes del inicio del mismo, y un decremento progresivo hacia el final de la obscuridad. No obstante las diferencias globales en la tasa generada ante cada programa, la función circadiana es semejante.

En los sujetos 2 y 3 se observó que la transición de una hora de registro diario a 72 horas continuas produjo irregularidades iniciales en la distribución de las respuestas, pero en el segundo día, y aún más claro en el tercer día, la actividad tendió a sincronizarse al ciclo de iluminación. Estos resultados, aunque con diferencias en el procedimiento, concuerdan con los hallazgos de Castro y Carrillo (1976), Sours y col. (1978), Evans (1971) y Zimmerman (1977).

Zimmerman (1977) observa variaciones circadianas claras y estables ante un programa RDB, mientras en el programa RFC la función circadiana es menos pronunciada; lo mismo se apreció en este estudio. Es posible que la introducción de programas de razón o de intervalo impidan el consumo fásico que se produce en RFC, lo cual provee al animal de la canti-

dad de alimento necesaria -para ese día- en corto tiempo.

La consistencia y estabilidad de las oscilaciones circadianas observadas, ante los programas de razón y de intervalo, permite sugerir el uso de estas condiciones para el estudio de la interacción entre patrones de conducta y ritmos biológicos. Además, las condiciones descritas son un modelo sencillo para el análisis de las características de los ritmos circadianos o su sustrato fisiológico (Boulos y col., - 1980).

- 3) Ocurren variaciones circadianas en el patrón de respuesta generado por un programa de intervalo fijo.

Tanto en el sujeto 1 como en el sujeto 3, ambos bajo un programa IF100, se produjeron variaciones circadianas en la pauta de festoneo generada por ese programa. Estos resultados son similares a los de Evans (1971), a pesar de las diferencias en el procedimiento experimental.

La ejecución en el programa de razón se mantuvo constante a cualquier hora del día.

Church (1978) propone a los programas de intervalo como uno de los modelos adecuados para medir la discriminación temporal en los animales. Si tal programa está en relación con la estimación del tiempo en la rata, el cambio en la pauta de respuesta a distintas horas del día concuerda con los estudios en humanos que demuestran cambios en la percepción del tiempo en el transcurso del día (Luce, 1971).

- 4) Parece existir un ritmo ultradiano de alrededor de 15 minutos en la conducta operante de la rata.

La distribución porcentual de los ciclos de actividad durante el período de obscuridad en los sujetos 1 y 3, bajo un programa IF100, muestra un mayor número de ciclos con duraciones entre 10 y 20 minutos. El valor más alto corresponde a los ciclos de 15 minutos. Este período es similar al observado en las fases de sueño de la rata (Kripke, 1974).

En los programas RF20 y RFC se observaron ciclos de respuesta inestables y distintos a los que ocurrieron en IF100. A pesar de las diferencias en los ciclos ante cada condición, no es factible afirmar si existe alguna relación entre el programa de reforzamiento específico y la ritmicidad ultradiana; es posible que se manifieste este ritmo ante la restricción temporal del IF100 en el consumo de alimento, lo que desemboca en una tasa de respuesta continua durante todo el período de obscuridad. De ser cierto lo anterior, el ritmo ultradiano sería evidente en otros programas de reforzamiento o condiciones que generasen una actividad estable y continua en el animal.

Dews (1979), en un análisis de la ejecución bajo programas de intervalo, reporta una gran variabilidad en el número de respuestas de cada intervalo sucesivo. Esta variabili-

dad, o efecto de orden superior del IF, podría estar en relación con la ritmicidad ultradiana de los organismos bajo estudio.

La determinación de la ritmicidad ultradiana es importante pues consiste en modulaciones a corto plazo de la actividad de los seres vivos. Es probable que los patrones de conducta dependan en parte de estos ritmos cuyas características se desconocen. Lisk y Sawyer (1966) presentaron a ratas un ciclo con un período de luz de 25 minutos, seguido por un período de obscuridad de 5 minutos; tanto en este ciclo como en otro de 10 minutos de luz y 5 de obscuridad, los animales sincronizaron su fase de sueño paradójico al lapso de obscuridad. Esto plantea al ciclo de iluminación como posible zeitgeber de los ritmos ultradianos. Si el arreglo de las condiciones de iluminación actúa como zeitgeber, cabría esperar que las oscilaciones ultradianas en la conducta operante se modificasen al incluir en la situación experimental ciclos de luz-obscuridad como los empleados por Lisk y Sawyer.

Estos ritmos parecen ser modificables a través de múltiples fármacos, sin embargo los estudios sobre los efectos de los agentes farmacológicos se centran sobre las fases del sueño (Hartmann, 1967); sólo unos cuantos investigadores han discutido los efectos en términos de alteraciones en el patrón ultradiano (Nahas y Krynicki, 1977; Vogel y col., 1980).

El tipo de estudio que se ha presentado podría ser -
útil en la evaluación de los fármacos que actúan sobre el -
comportamiento. Reinberg y Halberg (1971) designan como cam-
po de la cronofarmacología al estudio de los efectos de las-
drogas a distintas horas del día. Ampliando el panorama es -
factible hablar de la cronopsicofarmacología, cuyo campo de-
estudio comprendería los efectos de los fármacos sobre el -
comportamiento dependiendo del momento biológico de los orga-
nismos.

Otra área importante por abordar es el posible efecto
diferencial de los tratamientos psicológicos en función de -
las oscilaciones biológicas (Mercadal, 1977), esta área po--
dría investigarse en situaciones de laboratorio como las des-
critas en el presente trabajo o en estudios en el campo apli-
cado.

BIBLIOGRAFIA

- ASCHOFF, J. Circadian systems in man and their implications.- Hospital Practice, 1976, mayo, 51-57.
- ASCHOFF, J., GERECKE, U. y WEVER, R. Desynchronization of human circadian rhythms. The Japanese Journal of Physiology, 1967, 17, 450-457.
- BALDWIN, B.A. y PARROTT, R.F. Studies on intracranial electrical self-stimulation in pigs in relation to ingestive and exploratory behaviour. Physiology and Behavior, - 1979, 22, 723-730.
- BINKLEY, S. Un enzima de la glándula pineal que controla el tiempo. Investigación y Ciencia, 1979, 33, 20-26.
- BLUMENTHAL, A.L. The process of cognition. Englewood Cliffs.- Prentice Hall, 1977.
- BOULOS, Z., ROSENWASSER, A.M. y TERMAN, M. Feeding schedules and the circadian organization of behavior in the rat. Behavioural Brain Research, 1980, 1, 39-65.
- BROWN, F.A. Evidence for external timing of biological clocks. En PALMER, J.D. An introduction to biological rhythms.- New York: Academic Press, 1976, pags. 209-276.
- CASTRO, L. Consideraciones metodológicas y estadísticas acerca de la investigación con N = 1: una evaluación crítica - de algunas técnicas de análisis. Psicología, 1976, 3, - 29-55.
- CASTRO, L. y CARRILLO, J. Ritmos circadianos y control comportamental. Revista Latinoamericana de Psicología, 1976, - 8, 459-466.

- CERVANTES, M. TORRE, L. y VALDEZ, P. Influencia de las hormonas gonadales sobre la conducta de relajación en la gata. Boletín de Estudios Médicos y Biológicos, 1977, 29, 451-452.
- CHURCH, R.M. The internal clock. En HULSE, S.H., FOWLER, H. - y HONIG, W.K. (Dir.). Cognitive processes in animal behavior. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, - - 1978, pags. 277-310.
- DELGADO-GARCIA, J.M., GRAU, C., DEFEUDIS, P., POZO, F., JIMENEZ, J.M. y DELGADO, J.M.R. Ultradian rhythms in the - mobility and behavior of rhesus monkeys. Experimental Brain Research, 1976, 25, 79-91.
- DEMENT, W. KLEITMAN, N. Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, - and dreaming. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1957, 9, 673-690.
- DEWS, P.B. La teoría de la respuesta de intervalo fijo. En - SCHOENFELD, W.N. (Dir.). Teoría de los programas de - reforzamiento. México: Ed. Trillas, 1979, pags. 65-86.
- EBIHARA, S., TSUJI, K. y KONDO, K. Strain differences of the mouse's free-running circadian rhythm in continuous - - darkness. Physiology and Behavior, 1978, 20, 795-799.
- EDMONDS, S.C. y ADLER, N.T. Food and light as entrainers of - circadian running activity in the rat. Physiology and Behavior, 1977, 18, 915-919 (a).
- EDMONDS, S.C. y ADLER, N.T. The multiplicity of biological oscillators in the control of circadian running activity in the rat. Physiology and Behavior, 1977, 18, 921-930 (b).

- EDMUNDS, L.N. Models and mechanisms for endogenous timekeeping. En PALMER, J.D. An introduction to biological rhythms. New York: Academic Press, 1976, pags. 280-361.
- EVANS, H.L. Rat's activity: influence of light-dark cycle, -- food presentation and deprivation. Physiology and Behavior, 1971, 7, 455-459.
- EVANS, J.W. y WINGET, C.M. Equine glucose circadian and ultradian rhythms. Journal of Animal Science, 1974, 39, 207.
- HARTMANN, E. The biology of dreaming. Illinois: Charles C. Thomas Publisher, 1967.
- HOLADAY, J.W., MARTINEZ, H.M. y NATELSON, B.H. Synchronized - ultradian cortisol rhythms in monkeys: persistence during corticotropin infusion. Science, 1977, 198, 56-58.
- JACKLET, J.W. Neuronal circadian rhythm: phase shifting by a protein synthesis inhibitor. Science, 1977, 198, 69-71.
- JACKLET, J.W. Protein synthesis requirement of the aplysia - circadian clock. Journal of Experimental Biology, 1980, 85, 33-42.
- JOUVET, M., MOURET, J., CHOUVET, G. y SIFFRE, M. Toward a 48-hour day: experimental bicircadian rhythm in man. En - SCHMITT, F.O. y WORDEN, F.G. (Dirs.). The neurosciences. Third Study Program. Cambridge: The MIT Press, - 1974, pags. 491-497.
- KAVANAU, J.L. Behavior of captive white-footed mice. Science, 1967, 155, 1623-1639.
- KLEIN, R. y ARMITAGE, R. Rhythms in human performance: 1 1/2-hour oscillations in cognitive style. Science, 1979, - 204, 1326-1328.

- KRIEGER, D.T. y HAUSER, H. Suprachiasmatic nuclear lesions do not abolish food-shifted circadian adrenal and temperature rhythmicity. Science, 1977, 197, 398-399.
- KRIPKE, D.F. Ultradian rhythms in sleep and wakefulness. En - WEITZMAN, E.D. (Dir.). Advances in sleep research. Vol. 1. New York: Spectrum Publications, 1974, pags. 305 - 325.
- KRIPKE, D.F., MULLANEY, D.J., ATKINSON, M. y WOLF, S. Circadian rhythm disorders in manic-depressives. Biological Psychiatry, 1978, 13, 335-351.
- KRIPKE, D.F. y WYBORNEY, V.G. Lithium slows rat circadian - - rhythms. Life Sciences, 1980, 26, 1319-1321.
- LAVIE, P. y KRIPKE, D.F. Ultradian rhythms in urine flow in - waking humans. Nature, 1977, 269, 142-144.
- LEVIN, B.E., GOLDSTEIN, A. y NATELSON, B.H. Ultradian rhythm - of plasma noradrenaline in rhesus monkeys. Nature, - - 1978, 272, 164-166.
- LEWIS, B.D., KRIPKE, D.F. y BOWDEN, D.M. Ultradian rhythms in hand-mouth behavior of the rhesus monkey. Physiology - and Behavior, 1977, 18, 283-286.
- LINDSLEY, D.B., WENDT, R.H., LINDSLEY, D.F., FOX, S.S., HO - WELL, J. y ADEY, W.R. Diurnal activity, behavior and - EEG responses in visually deprived monkeys. Annals of - the New York Academy of Sciences, 1964, 117, 564-587.
- LISK, R.D. y SAWYER, C.H. Induction of paradoxical sleep by - lights-off stimulation. Proceedings of the Society for - Experimental Biology and Medicine, 1966, 123, 664-667.

- LUCE, G.G. Biological rhythms in human and animal physiology
New York: Dover Publications, 1971.
- MAXIM, P.E., BOWDEN, D.M. y SACKETT, G.P. Ultradian rhythms-
of solitary and social behavior in rhesus monkeys. -
Physiology and Behavior, 1976, 17, 337-344.
- MAXIM, P.E. y STORRIE, M. Ultradian barpressing for rewarding
brain stimulation in rhesus monkeys. Physiology and -
Behavior, 1979, 22, 683-687.
- MCGUIRE, R.A., RAND, W.M. y WURTMAN, R.J. Entrainment of the-
body temperature rhythm in rats: effect of color and -
intensity of environmental light. Science, 1973, 181,-
956-957.
- MERCADAL, D.E. The contributions of circadian rhythms and - -
biofeedback training in learning to relax and minimi--
zing tension under stress. Dissertation Abstracts In--
ternational, 1977, 37, 4694-B.
- MILES, L.E.M., RAYNAL, D.M. y WILSON, M.A. Blind man living -
in normal society has circadian rhythms of 24.9 hours.
Science, 1977, 198, 421-423.
- MOORE, R.Y. Visual pathways and the central neural control -
of diurnal rhythms. En SCHMITT, F.O. y WORDEN, F.G. - -
(Dir.). The neurosciences. Third Study Program. Cam--
bridge: The MIT Press, 1974, pags. 537-542.
- MOORE, R.Y. y LENN, N.J. A retinohypothalamic projection in -
the rat. Journal of Comparative Neurology, 1972, 146,-
1-14.
- MORIN, L.P., FITZGERALD, K.M. y ZUCKER I. Estradiol shortens
the period of hamster circadian rhythms. Science, 1977
196, 305-307.

- NAHAS, A.D. y KRYNICKI, V. Effect of methylphenidate on sleep stages and ultradian rhythms in hiperactive children.- The Journal of Nervous and Mental Disease, 1977, 164, 64-69.
- OLIVERIO, A. y MALORNI, W. Wheel running and sleep in two - - strains of mice: plasticity and rigidity in the expres- sion of circadian rhythmicity. Brain Research, 1979, - 163, 121-133.
- OSWALD, I., MERRINGTON, J. y LEWIS, H. Cyclical "on demand" - oral intake by adults. Nature, 1970, 225, 959-960.
- PALMER, J.D. An introduction to biological rhythms. New York: Academic Press, 1976.
- PITTENDRIGH, C.S. Circadian oscillations in cells and the cir- cadian organization of multicellular systems. En - - SCHMITT, F.O. y WORDEN, F.G. (Dirs.). The neuroscien- ces. Third Study Program. Cambridge: The MIT Press, - 1974, pags. 437-458.
- REINBERG, A. y HALBERG, F. Circadian chronopharmacology. - - Annual Review of Pharmacology, 1971, 11, 455-492.
- REITER, R.J. Comparative physiology: pineal gland. Annual Re- view of Physiology, 1973, 35, 305-328.
- RICHTER, C.P. Heavy water as a tool for study of the forces - that control lenght of period of the 24-hour clock of- the hamster. Proceedings of the National Academy of - Sciences U.S.A., 1977, 71, 1295-1299.
- RUSAK, B. y ZUCKER, I. Biological rhythms and animal behavior. Annual Review of Psychology, 1975, 26, 137-171.
- SCHOENFELD, W.N. y COLE, B.K. Stimulus schedules: the t- τ - systems. New York: Harper & Row, 1972.

- SFIKAKIS, A., SPYRAKI, C., SITARAS, N. Y VARONOS, D. Implication of the estrous cycle on conditioned avoidance behavior in the rat. Physiology and Behavior, 1978, 21, -441-446.
- SHASHOUA, V.E. Seasonal changes in the learning and activity-patterns of goldfish. Science, 1973, 181, 572-574.
- SOURS, E., RAMIREZ, C., HERNANDEZ, A. Y CASTRO, L. Diferencias en la conducta bajo el control de un programa - - RF50, con relación a los cambios en la hora de la sesión. En SPELLER, P. (Dir.). Análisis de la conducta. - México: Ed. Trillas, 1978, pags. 152-158.
- SOKOLOVE, P.G. Y BUSHELL, W.N. The chi square periodogram: -- its utility for analysis of circadian rhythms. Journal of Theoretical Biology, 1978, 72, 131-160.
- SPERRY, R.W. Lateral specialization in the surgically separated hemispheres. En SCHMITT, F.O. Y WORDEN, F.G. (Dirs.) The neurosciences. Third Study Program. Cambridge: The MIT Press, 1974, pags. 5-19.
- STEPHAN, F.K. Y ZUCKER, I. Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 1972, 69, 1583-1586.
- STERMAN, M.B., LUCAS, E.A. Y MACDONALD, L.R. Periodicity - - within sleep and operant performance in the cat. Brain Research, 1972, 38, 327-341.
- STETSON, M.H. Y WATSON-WHITMYRE, M. Nucleus suprachiasmaticus: the biological clock in the hamster? Science, 1976, - 191, 197-199.

- STRUMWASSER, F. Neuronal principles organizing periodic behaviors. En SCHMITT, F.O. y WORDEN, F.G. (Dir.). The neurosciences. Third Study Program. Cambridge: The MIT Press, 1974, pags. 459-478.
- SULZMAN, F.M., FULLER, C.A. y MOORE-EDE, M.C. Feeding time synchronizes primate circadian rhythms. Physiology and Behavior, 1977, 18, 775-779.
- THOMPSON, R.F. (Dir.). Methods in physiological psychology. Vol. 1. Bioelectric recording techniques. Part B. Electroencephalography and human brain potentials. New York: Academic Press, 1974.
- THOR, D.H. Circadian periodicity in self stimulation with light: effects of previous light exposure. Acta Psychologica, 1970, 32, 186-191.
- THOR, D.H. Schedules of self-lighting behavior: the yellow canary, goldfish, and mongolian gerbil. The Journal of General Psychology, 1972, 87, 23-35.
- THOR, D.H. y PIERSON, E. Concurrent circadian periodicities: gross activity and self stimulation with light. Acta Psychologica, 1970, 34, 67-77.
- VALDEZ, R.P., TORRE, L. y CERVANTES, M. Conducta de relajación durante la lactancia. Boletín de Estudios Médicos y Biológicos, 1976, 29, 293.
- VOGEL, G.W., VOGEL, F., MCABEE, R.S. y THURMOND, A.J. Improvement of depression by REM sleep deprivation. Archives of General Psychiatry, 1980, 37, 247-253.
- WAHLSTROM, G. The circadian rhythm of self-selected rest and activity in the canary and the effects of barbiturates, reserpine, monoamine oxidase inhibitors and enforced dark periods. Acta Physiologica Scandinavica, 1965, 65 (Suplmento 250), 1-67.

- WINFREE, A.T. Biological rhythms and the behavior of populations of coupled oscillators. Journal of Theoretical Biology, 1967, 16, 15-42.
- YAMANE, T. Estadística. México: Harla, 1979.
- ZIMMERMAN, J.C. Circadian functions of operant behavior under interresponse time contingencies. Dissertation Abstracts International, 1977, 38, 2409-B.
- ZUCKER, I. Light, behavior, and biological rhythms. Hospital Practice, 1976, octubre, 83-91.
- ZUCKER, I., RUSAK, B. y KING, R.G. Neural bases for circadian rhythms in rodent behavior. En RIESEN, A.H. y THOMPSON, R.F. (Dir.). Advances in psychobiology. Vol. 3. New York: John Wiley & Sons, 1976, pags. 35 - 74.

TESIS HERRERA
UNICO SISTEMA EN EL PAIS
PASEO DE LAS FACULTADES
No. 22-C
548-82-29 548-82-17
CIUDAD UNIVERSITARIA