

209
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

**PATRONES CIRCADICOS DE LA CONDUCTA
EN RATAS MALNUTRIDAS PRE Y
POSTNATALMENTE**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A:
CECILIA RUGERIO GARCIA

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. CAROLINA ESCOBAR BRIONES



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

DEDICATORIA

A mis padres Alfredo y Amalia por su apoyo y esfuerzo.

**A mis hermanos Claudia, Francisco, Carlos, Sandra, Berenice
y Alfredo.**

**A Margarita, Monserrat, Marisol, Rosa Elba, Angelica, Adrian
y Miguel por su amistad.**

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. CAROLINA ESCOBAR por su enseñanza y por haberme dado la oportunidad de colaborar con ella, de igual manera quiero agradecerle por todas las facilidades que me dio para la terminación de este trabajo.

Al Dr. León Cintra por permitirme realizar el trabajo experimental en su laboratorio.

A los miembros del jurado por sus comentarios en la revisión de esta tesis:

Dra. Matilde Valencia
Dr. David Velazquez
Dra. María Corsi
Mtro. Fernando Vazquez
Dra. Carolina Escobar

Al Programa de Becas para Tesis de Licenciatura por su apoyo.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
Desarrollo y Periodos Criticos	3
La Nutrición	4
Desnutrición y Malnutrición	5
Efectos de la Desnutrición sobre el Sistema Nervioso	7
Efectos de la Desnutrición sobre la Conducta	9
Ritmos Circadianos	10
Desnutrición y Ritmos	12
Hipótesis	14
Objetivos	14
MATERIAL Y METODOS	15
Procedimientos Nutricionales	15
Estrategia de Registro Conductual	16
Materiales	16
Procedimiento	17
Evaluación de la Conducta Espontánea	17
Tratamiento Estadístico	19
RESULTADOS	21
Peso Corporal	21
Evaluación Conductual 30 días	21
Actividad General	24
Exploración	26
Aseo	26
Comer	28
Juego	28
Arriba	31
Evaluación Conductual 60 días	34
Actividad General	35
Exploración	35
Aseo	38
Comer	38
Juego	41
Arriba	41
DISCUSION	45
CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS	54

RESUMEN

La desnutrición es un problema que aqueja a la población mundial, principalmente a países en desarrollo. La población más afectada son los niños y madres gestantes o lactantes, debido a sus altos requerimientos metabólicos. En los periodos críticos del desarrollo que comprenden la gestación y la lactancia se da un rápido crecimiento cerebral. Este proceso es vulnerable a la desnutrición y a otros factores perinatales. El presente trabajo se realizó con el fin de determinar los efectos de una mala nutrición sobre la organización circádica de la conducta en rata.

Se utilizaron 80 ratas macho distribuidas en dos grupos de 30 y 60 días de edad, las cuales estuvieron sujetas a una de dos condiciones nutricionales: una dieta estándar Purina Chow (CON) y una dieta baja en proteínas (MAL, 6% caseína). Para obtener a los sujetos, hembras vírgenes se sometieron a una de las dos dietas durante el apareamiento, gestación y lactancia. Al destete las crías continuaron consumiendo la dieta correspondiente a su condición nutricional.

Se registró el peso corporal de cada individuo. Se filmaron por 4 días consecutivos, grupos de 4 ratas de la misma edad y condición nutricional en intervalos de 6 h con duración de 20 min cada grabación. La conducta se clasificó en las categorías: actividad general, exploración, aseo, comer, juego y arriba del comedero. Los registros se analizaron con una estrategia de muestreo por intervalos.

De cada conducta se obtuvo la frecuencia para cada hora y día, se calculó el valor Mesor, y se analizó con un ANOVA de dos factores (Nutrición X Horas del día) para 30 y 60 días de edad por separado. Posteriormente se realizaron comparaciones múltiples.

Las MAL pesaron menos que las CON en las dos edades estudiadas. A los 30 días el grupo MAL mostró mayor frecuencia en las categorías de exploración, juego y arriba del comedero que las CON en la fase oscura. A los 60 días de edad la distribución circádica de ambos grupos varió en la segunda mitad de la fase de luz y la actividad general de las MAL disminuyó con respecto a los CON.

Los resultados obtenidos indican que la malnutrición proteínica crónica instalada pre y postnatalmente, durante los periodos críticos del desarrollo, afecta el crecimiento corporal, altera la actividad conductual dirigida a su interacción con el entorno y al alimento, y provoca una expresión alterada de los ritmos circadianos en ambas edades.

INTRODUCCION

La desnutrición es un problema social que afecta principalmente a países en desarrollo; en ellos la población más afectada son los niños y las mujeres gestantes o lactantes, debido a los altos requerimientos metabólicos de su organismo. En los niños la desnutrición lentifica o detiene los procesos de crecimiento corporal, así como de órganos que se encuentren en una etapa de intenso desarrollo. Se ha reportado que niños que han padecido una desnutrición crónica durante la edad preescolar muestran, posteriormente, bajo rendimiento escolar, problemas de lenguaje, aprendizaje deficiente y bajo cociente intelectual (Cravioto y De Licardie, 1971; Suskind, 1977; Thomson y Pollitt, 1977).

Los niños que han padecido desnutrición generalmente provienen de una clase social marginada en la que existen muchos factores de tipo familiar, sanitario y cultural que también desfavorecen su desarrollo mental; algunos de ellos son los índices de alcoholismo, el ausentismo paterno, la escolaridad de los padres, el número de hijos en la familia, etc. (Read 1975). Por ello, y debido a que estos factores suelen presentarse asociados con la desnutrición, se ha recurrido a modelos animales, con los cuales puede eliminarse la influencia de factores sociales y poder determinar los

efectos específicos de la desnutrición sobre el desarrollo mental.

En este trabajo se aborda el problema de la malnutrición pre y postnatal con un modelo experimental que es la rata. Con este modelo se determinó la organización circadiana (en ciclos de 24 horas) de diversos patrones de conducta.

Desarrollo y Periodos Críticos

El crecimiento de un organismo se da por la reproducción (hipertrofia) y crecimiento (hiperplasia) celular (Winick y Rosso 1975). Desde la fecundación, durante la gestación y durante el periodo de lactancia en los organismos altriciales, como el hombre y la rata, se lleva a cabo un intenso proceso de reproducción y crecimiento celular que tiene como finalidad generar los órganos y estructuras.

En el sistema nervioso este proceso es muy complejo ya que los grupos celulares que lo han de constituir se forman y organizan en tiempos diferentes y determinados, generando primero estructuras filogenéticamente antiguas y hasta el final las estructuras filogenéticamente nuevas. La formación de estas últimas en el humano y en la rata se extienden a las etapas finales de la gestación y parte de la lactancia (Morgane y col. 1993).

Debido a la relevancia de la etapa perinatal para la estructuración del sistema nervioso se le ha llamado periodo crítico (Dobbing y Sands, 1971; Dobbing, 1990). Durante el periodo crítico se da un rápido crecimiento cerebral donde se realiza la proliferación celular, migración y formación de conexiones celulares. Estos procesos son altamente vulnerables y pueden afectarse por cambios hormonales o metabólicos, entre ellos la desnutrición (Winick y Rosso, 1975).

La Nutrición

La alimentación ha sido una de las necesidades y preocupaciones fundamentales del hombre y uno de los factores determinantes de la formación y progreso de las sociedades. La selección de los alimentos surgió con el propósito inicial de satisfacer el hambre y estuvo condicionada a la disponibilidad de ellos en cada región y por las costumbres y preferencias gustativas.

Un régimen adecuado de alimentación es aquel que mantiene la salud y la normalidad de la vida en todas sus manifestaciones: crecer, vivir en actividad, reproducirse de acuerdo a la edad, sexo, peso, actividad y estado fisiológico del sujeto; para ello influyen el clima, la disponibilidad de alimento de la región, los hábitos del individuo que lo va a

consumir y su situación económica y social (Icaza y Behar, 1981).

Se define a la nutrición como un conjunto de funciones armónicas y coordinadas entre sí, que tienen por objeto mantener la integridad de la materia y conservar la vida a través del equilibrio (Ramos, 1985).

Las sustancias nutritivas que se ingieren diariamente en la dieta tienen tres funciones: 1. Energética: suministran material para el balance calórico del organismo; 2. Plástica: forman tejidos durante el crecimiento y reemplazan los tejidos que se destruyen; y 3. Reguladora: favorecen la utilización adecuada de las sustancias plásticas y energéticas (Icaza y Behar, 1981).

Desnutrición y Malnutrición

Son dos las deficiencias nutricionales más importantes que afectan a la población mundial. Una de ellas es la *desnutrición*, que se produce cuando se ingiere menos cantidad de alimento del necesario para que el organismo tenga una vida activa; en términos cuantitativos, significa que la persona no come lo suficiente (Granados, 1995). Se caracteriza por una deficiencia de calorías y proteínas principalmente y a esta carencia se le ha denominado desnutrición proteínico-calórica o síndrome pluricarenal (Velázquez y col, 1981). Este padecimiento en su estado grave

se conoce como marasmo y se caracteriza por detención del crecimiento, atrofia muscular y pérdida de peso (Sasson, 1993).

Otro aspecto de la deficiencia nutricional es la *malnutrición*, significa que la dieta de una persona es desbalanceada, carece de las cantidades necesarias de algunos de los nutrientes esenciales como proteínas, aminoácidos, vitaminas, sales minerales u oligoelementos (ONU, 1985). Cuando la deficiencia es específicamente de proteínas se le ha llamado síndrome de Kwashiorkor, que se caracteriza porque algunas zonas de la piel están hiperpigmentadas y otras despigmentadas, muestra fisuras y ulceraciones, atonía muscular, cabellos despigmentados y que se arrancan sin dolor (Sasson, 1993).

En modelos animales para el estudio de la desnutrición o malnutrición se utiliza principalmente la rata y se ocasiona la desnutrición perinatal por diversos métodos:

- ligadura de los conductos galactóforos (Lynch, 1976; Salas y col. 1984).
- reducción al 50% de la cantidad del tiempo de alimentación a la hembra gestante o lactante (Wiener y col. 1977).
- separación parcial de las crías a una incubadora (Salas y col. 1984).
- utilización de dietas hipoproteínicas (Morgane y col. 1978).

La desnutrición y la malnutrición durante la gestación no parecen generar efectos definidos en la rata, sobre todo si son seguidas de una rehabilitación nutricional durante la lactancia (Morgane y col. 1993).

La desnutrición y la malnutrición durante la lactancia producen: reducción del peso corporal 25 a 40% y reducción del peso cerebral 10 a 24% (Bass y col. 1970; Chase y col. 1971; Dobbing y col. 1971), así como alteraciones irreversibles sobre el sistema nervioso.

Efectos de la Desnutrición sobre el Sistema Nervioso

En el desarrollo del sistema nervioso la mayoría de las estructuras subcorticales son de formación prenatal y se ven poco o nada afectadas por la desnutrición prenatal debido a que la hembra gestante sufre directamente los efectos y su organismo amortigua el daño sobre las crías utilizando sus reservas (Morgane y col. 1978).

En la lactancia la cría queda expuesta directamente a la influencia de eventos ambientales y las estructuras en desarrollo son altamente vulnerables. Algunos de los efectos de la desnutrición son la lentificación de la proliferación y migración celular (Lewis y col. 1975). Se ha reportado una disminución del número de células principalmente en la corteza cerebral (Clark y col. 1973; Díaz-Cintra y col. 1990;

Patel, 1983), entre ellas decremento de interneuronas en las capas II y III (Escobar, 1974), la corteza cerebelosa (Barnes y Altman, 1973; Griffin y col. 1977; Sharma y col. 1987) y el bulbo olfatorio (Debassio y Kemper, 1985).

También se ha encontrado reducción de espinas y proyecciones dendríticas de la corteza cerebral (Cintra y Díaz-Cintra, 1985; Cordero y col. 1986; Dyson y Jones, 1976; Gambetti y col. 1974), deficiencias del árbol dendrítico en células del hipocampo (Ahmed y col. 1987; Díaz-Cintra y col. 1991), del tálamo (Salas y col. 1986), de la amígdala (Escobar y Salas, 1993) y tallo cerebral (Hammer y Marthens, 1981), ya que estos procesos se ajustan postnatalmente.

La producción de un menor número de células nerviosas (Dobbing y col. 1971; Winick y Noble, 1966), y reducción en la extensión de sus árboles dendríticos (Cragg, 1972) conduce a una compactación en la densidad celular del cerebro del desnutrido (Gambetti y col. 1974).

En los sujetos desnutridos o malnutridos se presenta también una alteración en la composición química y en la cantidad de mielina (Egwin y col. 1986; Nakhasi y col. 1975; Reddy y col. 1979; Reddy y Horrocks, 1982; Winick y Noble, 1966).

Funcionalmente, el patrón electroencefalográfico del desnutrido expresa inmadurez caracterizado por mayor proporción de ondas lentas (Morgane y col., 1985; Salas y

Cintra, 1975). También, se observan alteraciones en los patrones EEG de sueño, principalmente del sueño MOR (Cintra y col. 1988). Al registrar potenciales provocados por estímulos visuales, auditivos y somatosensoriales se ha observado mayor latencia y menor amplitud de los componentes tardíos en estas respuestas eléctricas (Morgane y col. 1978; Mourek y Himwick, 1967; Salas y Cintra, 1973). Un fenómeno similar se ha descrito en potenciales provocados en el haz corticoespinal que sugiere una comunicación lenta entre neuronas (Quirck y col. 1995).

Efectos de la Desnutrición sobre la Conducta

En la primera etapa de la vida postnatal la desnutrición interfiere con el desarrollo adaptativo de las crías al medio, se ha descrito persistencia del reflejo de prensión (Gramsbergen y Westerga, 1992), deficiencias de orientación al nido (Altman y col. 1971; Caldelas, 1994; Galler, 1979), retraso en la aparición de las conductas de husmeo, escarbar, trepar, aseo, así como retraso en la conducta de nado (Caldelas, 1994; Hall y col. 1979; Massaro y col. 1977; Salas y Cintra, 1973; Salas y col. 1991).

La interacción social de las ratas desnutridas es inadecuada, caracterizándose por ser más reactivas (Levitsky, 1975; Tonkiss y Smart, 1983), más agresivas (Franková, 1973)

e incapaces de modular su respuesta emocional (Escobar, 1987; Wiener y col. 1983). Hembras que fueron desnutridas en edad temprana, cuando adultas muestran deficiencias en su conducta materna que consiste en una construcción y mantenimiento deficiente del nido (Wiener y col. 1977), poca atención e inadecuada manipulación a sus crías (Salas y col. 1984).

En la ejecución de tareas de aprendizaje y memoria espacial las ratas desnutridas muestran datos contradictorios principalmente cuando se utilizan reforzadores apetitivos, por la alta motivación al alimento que el animal desnutrido presenta debido a la privación en que se encuentra (García-Ruiz y col. 1994; Halas y col. 1980; Levistky, 1975).

Ritmos Circadianos

El paso del tiempo trae cambios perceptibles en el ambiente y en nuestro propio organismo. Así, los movimientos de rotación y traslación de la tierra producen cambios periódicos en la distribución de luz, de calor y otras formas de energía, que imponen en los organismos retos adaptativos ante un estímulo ambiental cíclico (Pittendrigh, 1984). Se cree que estos cambios ambientales cíclicos fueron un reto evolutivo que llevó a que los organismos generaran mecanismos internos que les permitieran medir el tiempo y anticipar esos cambios (Aréchiga, 1983), de lo cual resultaron fluctuaciones

endógenas en procesos fisiológicos y en conductas de los organismos.

De tal forma, las propiedades fundamentales de los ritmos biológicos son su naturaleza endógena y su susceptibilidad a influencias ambientales (Aréchiga, 1976 y 1983).

Los ritmos biológicos se presentan en rangos de frecuencia muy variados que son desde milisegundos hasta de un año. Cuando su frecuencia coincide con periodos de fluctuación ambiental se le asigna al ritmo el término "circa". De ahí los ritmos de 24 horas se conocen como circadianos, la palabra circadiano tiene su origen en el latín; circa= alrededor, dies= día y fue dado por Franz Halberg en 1959 para describir ciclos de aproximadamente 24 horas que son generados endógenamente por un organismo (Aguilar-Roblero, 1993).

El origen endógeno de la ritmicidad biológica, se basa en el hecho de que en las condiciones típicas de aislamiento de señales ambientales temporales, la ritmicidad biológica persiste con una ligera pero significativa variación en el periodo que la caracteriza. Este proceso se conoce como oscilación espontánea.

En condiciones naturales, los ciclos externos constituyen la señal de tiempo que sincroniza los ritmos biológicos endógenos con los cambios ambientales, y la luz es

la modalidad de energía que los sincroniza más poderosamente (Aréchiga, 1976 y 1983). La importancia de la sincronización radica en que permite el ajuste o adecuación del tiempo biológico con el geofísico. De acuerdo a Pittendrigh (1984) la sincronización provee a los relojes biológicos de un mecanismo capaz de generar un orden temporal en las actividades del organismo, por el cual sean capaces de reconocer la hora local, propiedad sin la cual esto no tendría relevancia adaptativa (Aguilar-Roblero, 1993).

Se sabe que en mamíferos el núcleo supraquiasmático del hipotálamo es el reloj biológico que impone un periodo y una fase a las respuestas fisiológicas y conductuales. Una lesión en el núcleo supraquiasmático afecta o suprime ritmos tales como los de sueño y vigilia, ingestión de agua y alimentos, secreción de corticoesteroides y locomoción (Russak y Zucker, 1979).

Desnutrición y Ritmos

En ratas malnutridas se han reportado alteraciones de la conducta de sueño así como un decremento de sueño MOR en la fase de luz y un incremento de este mismo durante la fase oscura, siendo que la rata es una especie nocturna y presenta la mayor concentración de sueño MOR en la fase de luz. De

estos datos se concluyó que la malnutrición causa un corrimiento en la distribución de sueño MOR (Forbes y col. 1977).

Hall (1978) describió un corrimiento en el ritmo circadiano de la ingesta de alimento en donde el grupo malnutrido comía durante la segunda mitad del día y durante la segunda mitad de la noche, en comparación con el grupo control que ingería la mayor cantidad de alimento al inicio y final de la noche y no comía durante el día.

Estos datos lo llevaron a proponer que asociado a la malnutrición se pueden presentar alteraciones de los ritmos circadianos de alimentación.

Hipótesis

Con base en los datos expuestos, proponemos que la malnutrición crónica padecida en etapas pre y postnatales del desarrollo provocará alteraciones de la organización circadiana de la conducta en ratas de 30 y 60 días de edad.

Objetivo

Determinar la organización circadiana de los patrones conductuales en ratas malnutridas con una dieta hipoproteínica y sus controles a los 30 y 60 días de edad.

MATERIAL Y METODOS

Para la realización de este estudio, se utilizaron 80 ratas macho de la cepa Sprague Dawley de 30 (n=40) y 60 (n=40) días de edad, los cuales se asignaron a una de dos condiciones nutricionales: 40 sujetos control (CON) alimentados con una dieta estándar Purina Chow (25% caseína) y 40 sujetos malnutridos (MAL) alimentados con una dieta hipoproteínica (6% caseína). Los animales se mantuvieron en un cuarto de bioterio en el Centro de Neurobiología, UNAM con un ciclo de luz-oscuridad de 12:12 hrs., iniciando el periodo de luz a las 8 hrs. y finalizando a las 20 hrs. Las condiciones de temperatura se mantuvieron constantes entre 22-24°C.

Procedimientos Nutricionales

Para la obtención de los sujetos de cada condición nutricional se utilizaron hembras primíparas de aproximadamente 3 meses de edad, las cuales tuvieron acceso a una de dos dietas: Purina Chow para CON y 6% caseína para MAL (Tabla 1).

Las hembras se sometieron a una de estas dos dietas durante 5 semanas previas al apareamiento. Durante 10 días posteriores se colocaron machos de 250 a 300 gr. de peso en las cajas de las hembras en una proporción de un macho por tres hembras. Durante esta fase así como durante la gestación

y la lactancia, las hembras siguieron expuestas a las mismas dietas. Al nacimiento se ajustaron las camadas a 8 crías por hembra. El destete se realizó a los 21 días y las crías continuaron consumiendo la dieta correspondiente a su condición nutricional inicial. Para verificar su estado nutricional, antes de iniciar los registros conductuales los sujetos se pesaron con una báscula (Triple Beam Balance, OHAUS).

Tabla 1. Composición de la dieta hipoproteínica y Chow Purina (g/Kg).

	6%	25%
Caseína	60.0	250.0
L-Metionina	3.7	3.7
Sucrosa	511.74	381.72
Fécula de Maíz	153.52	114.52
Aceite de Maíz	151.8	150.0
Celulosa (fibra)	67.16	50.0
Mezcla Mineral	35.0	35.0
Fosfato de Calcio Dibásico (CaPO ₄)	6.02	-----
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	0.73	5.06
Mezcla de Vitaminas	10.0	10.0
Colorante	0.33	-----

Estrategia de Registro Conductual

Materiales

Para el registro de la conducta se utilizaron una televisión, 2 cámaras de video, 2 reproductoras de video, cintas de video, hojas de registro, lápiz y para el análisis de datos una computadora.

Procedimiento

Cuando las ratas cumplieron 30 y 60 días de edad, se formaron 5 grupos de 4 sujetos de la misma edad y condición nutricional y cada grupo se alojó en una caja de acrílico transparente (30cm x 44cm x 20cm) con agua y alimento *ad libitum*. Para identificar a cada sujeto durante el análisis de los registros se les marcó con un plumón lavable negro sobre el pelaje. Estas cajas se colocaron en una cámara sonoamortiguada, se colocó la cámara de video a un metro de distancia y esta se conectó en serie con la reproductora de video y el monitor de televisión. Se llevó a cabo un proceso de habituación de 1 día que fue seguido de 4 días consecutivos de registro. Para ello se programó la reproductora de video para grabar la actividad espontánea de las ratas en intervalos de cada 6 hrs. (10, 16, 22 y 04 hrs.), con duración de 20 min. cada grabación (Fig. 1) y de esta forma se evitó la interferencia que puede ejercer la presencia del experimentador.

Evaluación de la Conducta Espontánea

Al finalizar el periodo de captura de información se examinaron las grabaciones por medio de un registro instantáneo por intervalos de 15 seg. Este consistió en detener la grabación cada 15 seg. y anotar en hojas de

ESTRATEGIA DE REGISTRO

HABITUACION A LA CAMARA SONOAMORTIGUADA



MARCAJE Y PESO CORPORAL

MONITOREO DE CONDUCTA ESPONTANEA 20 MIN. C/6HRS.

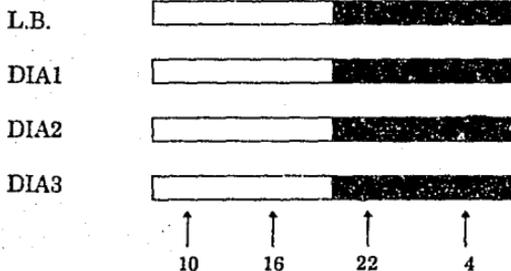


Fig. 1. Estrategia de registro para la conducta espontánea. En esta se detallan los procedimientos seguidos durante el día de habituación y registro. Las barras blancas representan las 12 horas de luz y las negras las 12 horas de la noche. Las flechas señalan los intervalos en que se grabó por 20 min. la actividad espontánea de las ratas.

registro la conducta que estaba realizando cada individuo de acuerdo a categorías conductuales previamente establecidas:

ACTIVIDAD GENERAL: es la sumatoria de toda la actividad conductual realizada en cada grabación.

EXPLORACION: se consideró en esta categoría cualquier evento en que la rata estuviera husmeando con posición horizontal o vertical de su tronco, cuando realizara desplazamientos o excavara el aserrín.

ASEO: movimientos de acicalamiento realizados con lamidos y rascados dirigidos a cualquier parte del cuerpo propio o de otro individuo.

COMER: roer o masticar trozos de alimento.

JUEGO: brincos, trepar a las rejillas de la tapa o al comedero, realizar interacciones con los otros individuos como empujar, morder el cuello, boxear, rodar, encimarse.

ARRIBA: cualquiera de las conductas anteriores pero realizada sobre el comedero.

De acuerdo a este método de registro se obtuvieron 80 muestras de cada sujeto para cada 20 min. de grabación.

Tratamiento Estadístico

Se determinó la frecuencia en que se presentó cada categoría anotada en las hojas de registro. Estos datos se anotaron en hojas de tabulación clasificados de acuerdo a la condición nutricional, la edad, la hora del día en que se

presentaron (10, 16, 22 y 24), y el día de registro. Los datos para 30 y 60 días se procesaron por separado con un Análisis de varianza para dos factores (Nutrición -2 niveles- X hora del día -4 niveles). Los datos para el peso corporal se analizaron también con un ANOVA de dos factores (Nutrición -2 niveles- y Edad -2 niveles). Posteriormente, se realizaron comparaciones múltiples con una prueba de Tukey con el fin de determinar diferencias entre puntos específicos a un nivel de $\alpha = p < 0.01$. Se promedió la frecuencia obtenida de cada punto y para cada conducta, lo cual nos dió el valor de Mesor que refleja el nivel de actividad global de esa conducta. Para estos análisis se utilizó el paquete estadístico Andeva y Compamul elaborada por Miguel Angel Guevara y Daniel Zaraboso, Fac. de Psicología, UNAM.

RESULTADOS

Peso Corporal

La malnutrición ocasionó en las ratas una lentificación del crecimiento corporal (Fig. 2), que se reflejó en menor peso corporal. El peso corporal de las ratas MAL fue menor en relación a las CON para las dos edades estudiadas (Tabla 2); siendo la deficiencia de peso en las MAL de -32% a la edad de 30 días y de -78% a la edad de 60 días.

El resultado del ANOVA de dos vías pudo constatar estas diferencias, mostrando un efecto significativo por el factor nutricional, la edad y por la interacción de ambos factores ($p < 0.001$).

Evaluación Conductual 30 días

En los resultados obtenidos para 30 días de edad, el ANOVA (Tabla 3) mostró efectos significativos asociados a la nutrición para las categorías de exploración y Adel comedero ($p < 0.001$), así como aseo y comer ($p < 0.01$). El factor de horas de registro mostró también un efecto significativo ($p < 0.001$) sugiriendo la presencia de un ritmo en todas las categorías. La interacción de ambos factores mostró también una influencia significativa sobre las categorías de

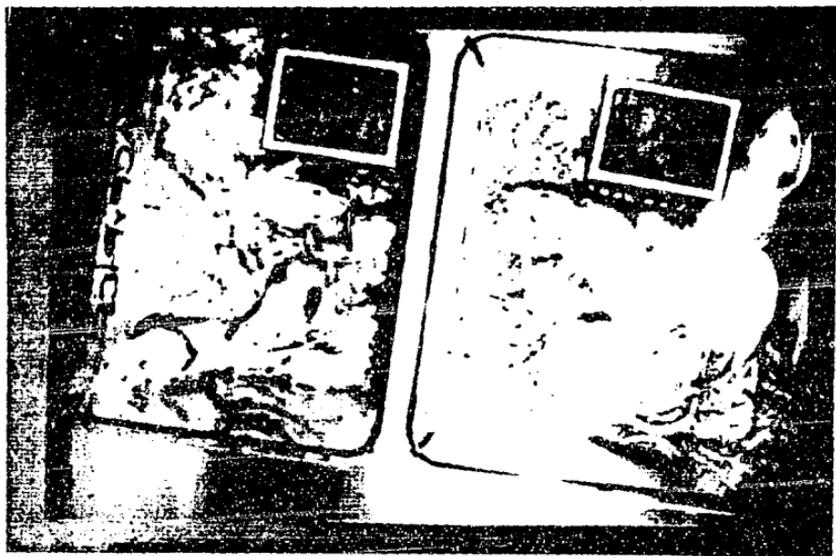


Fig. 2. Ratas MAL y CON de 60 días de edad. Nótese la diferencia de tamaño corporal entre ambos grupos, mismo que se reflejó en un peso corporal bajo de las MAL ($p < 0.001$).

actividad, exploración, juego y arriba ($p < 0.001$), así como para comer ($p < 0.05$).

Tabla 2. Media y errores estándar del peso corporal (gramos) de ratas malnutridas crónicamente y sus controles para las dos edades estudiadas, así como resultados del análisis de varianza.

	CONTROL	MALNUTRIDAS
30 DIAS	65.81 ± 2.36	21.02 ± 1.34*
60 DIAS	223.89 ± 5.24	50.27 ± 4.14*

*diferencia entre MAL Y CON $p < 0.001$.

ANALISIS DE VARIANZA PARA PESO CORPORAL

	G.L. (1,76) valor F	valor p<
NUTRICIÓN	916.21	0.001
EDAD	674.07	0.001
INTERACCIÓN	318.80	0.001

Tabla 3. Valores obtenidos con el ANOVA de dos factores para categorías conductuales de ratas control y malnutridas de 30 días de edad.

	NUTRICIÓN <i>gl (1, 639)</i>	HORAS <i>gl (3, 639)</i>	INTERACCIÓN <i>gl (3, 639)</i>
CONDUCTA	valor F	valor F	valor F
ACTIVIDAD	1.83	85.54***	22.85***
EXPLORACIÓN	42.09***	76.47***	68.41***
ASEO	8.24**	12.97***	1.77
COMER	10.19**	23.87***	3.06*
JUEGO	2.26	6.71***	8.60***
ARRIBA	23.15***	13.27***	10.06***

*** $p < 0.001$

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

Actividad General

Ambos grupos mostraron un patrón de actividad circadiana (Fig. 3 A). Sin embargo, las CON mostraron consistentemente el punto de mayor actividad (acrofase) al inicio de la fase oscura (22 hrs). Por el contrario en las MAL se observó un cambio muy marcado entre la fase de luz y oscuridad, caracterizado por mayor actividad en ambos puntos de la fase oscura, que disminuyó importantemente en la fase de luz. El análisis *a posteriori* de Tukey mostró diferencias

ACTIVIDAD

30 DIAS

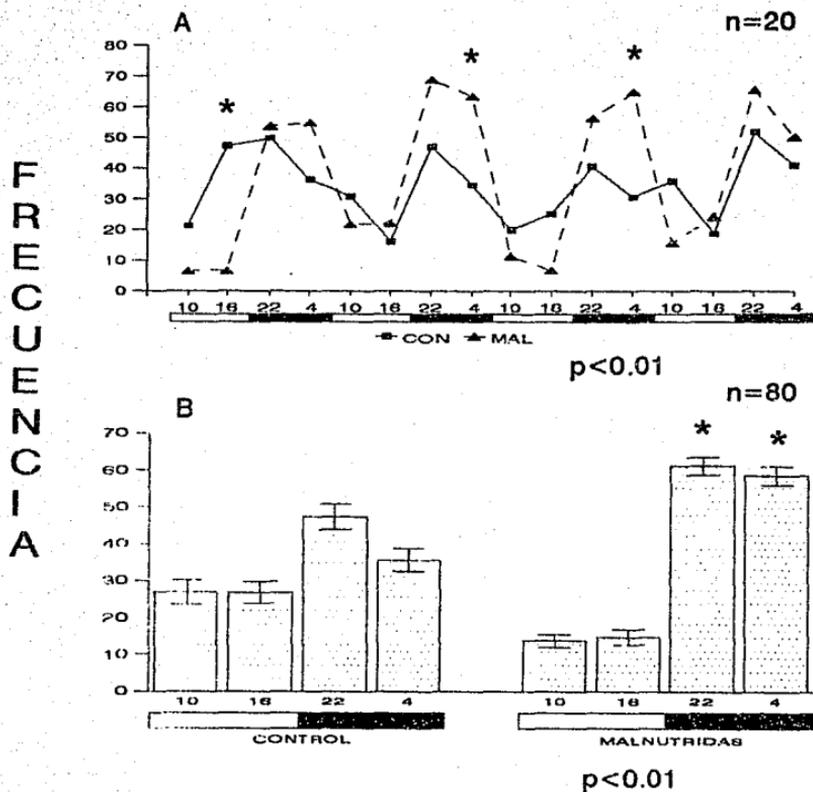


Fig. 3. Actividad general de ratas malnutridas y sus controles a la edad de 30 días. En la gráfica A están representados los valores promedio obtenidos de 20 ratas de cada condición nutricional registradas en cuatro momentos del ciclo diurno y en 4 días consecutivos. La gráfica B muestra la media y error estándar globales de actividad para cada hora de registro durante los cuatro días de registro. En el eje de las abscisas se muestran las fases de luz y oscuridad, mientras que en el eje de las ordenadas el promedio de la frecuencia. Los asteriscos indican los puntos en que las diferencias fueron significativas entre ambos grupos nutricionales.

significativas ($p < 0.01$) en algunos puntos del registro a lo largo de los 4 días. Aunque, en el análisis global por hora (Fig. 3 B) resultó evidente la diferencia del patrón circádico de actividad entre ambos grupos y las diferencias encontradas en la fase oscura fueron significativas estadísticamente ($p < 0.01$).

Exploración

Los sujetos CON mostraron una conducta de exploración con variaciones de muy baja amplitud a lo largo del registro, mostrando sólo ligeros aumentos de actividad a las 22 hrs (Fig. 4 A). Por el contrario, en las MAL se observó un patrón más definido. Nuevamente en la fase oscura se presentó un aumento muy marcado de la exploración y rebasando importantemente el tiempo dedicado por las CON a ésta misma. Así las diferencias más importantes entre ambos grupos nutricionales se obtuvieron para los valores obtenidos durante la fase oscura del día (Fig. 4 B), mientras que en la fase de luz en que bajó mucho la actividad de las MAL no se observaron diferencias.

Aseo

En aseo los sujetos CON no mostraron un patrón circádico definido, variando la acrofase de un día a otro. Mientras que en los MAL el patrón circádico fue más definido,

EXPLORACION

30 DIAS

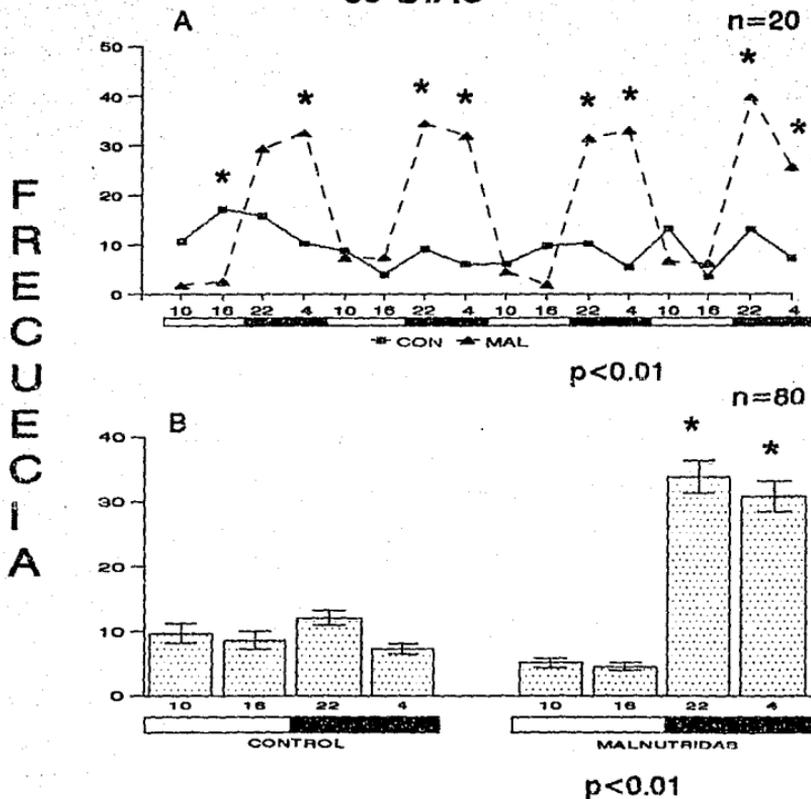


Fig. 4. Exploración de ratas malnutridas y sus controles a la edad de 30 días. En la gráfica A están representados los valores promedio obtenidos de 20 ratas de cada condición nutricional registradas en cuatro momentos del día y por 4 días consecutivos. La gráfica B muestra la media y error estándar de exploración para cada hora del registro y para los cuatro días. *($p < 0.01$).

concentrándose la ocurrencia de la conducta de aseo en los dos puntos de la fase oscura (Fig. 5 A). Sólo se observó un punto de diferencia significativa en el análisis *a posteriori* de Tukey. En el análisis global (Fig. 5 B) se encontró únicamente una diferencia significativa en el valor de las 16 hrs. entre ambos grupos ($p < 0.01$).

Comer

Los CON mostraron su acrofase a las 22 hrs. y el punto mínimo de ingesta a las 16 hrs. de manera consistente (Fig. 6 A). En este patrón conductual a diferencia de los otros, las CON mostraron un ritmo muy definido. En los MAL la mayor frecuencia de consumo en tres de los cuatro días fue a las 4 a.m. en vez de a las 10 p.m. y en contraste con las CON el ritmo fue menos consistente. Con el análisis global (Fig. 6 B) se encontraron diferencias significativas en el primer punto de la fase oscura ($p < 0.01$).

Juego

La conducta de juego en los CON fue muy variable, no se observó un patrón circádico definido (Fig. 7 A). Por el contrario, en las MAL la acrofase de la conducta fue a las 22 hrs., observándose un patrón similar al de las conductas anteriores, en donde la actividad se concentra en la fase oscura. El análisis *a posteriori* de Tukey mostró diferencias

ASEO

30 DIAS

FRECUENCIA

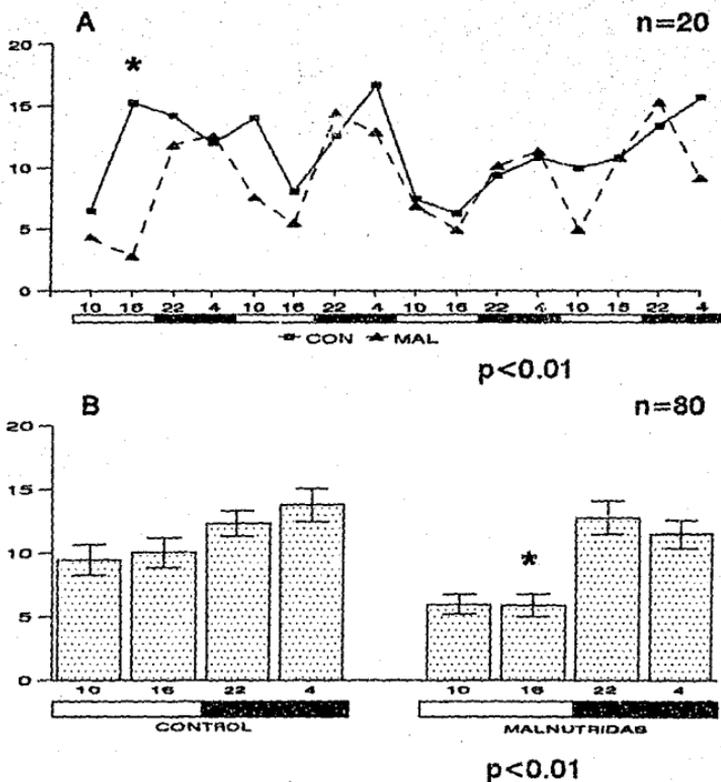


Fig. 5. Conducta de aseo en ratas malnutridas y sus controles de 30 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar generales para cada hora (B). *($p < 0.01$).

COMER

30 DIAS

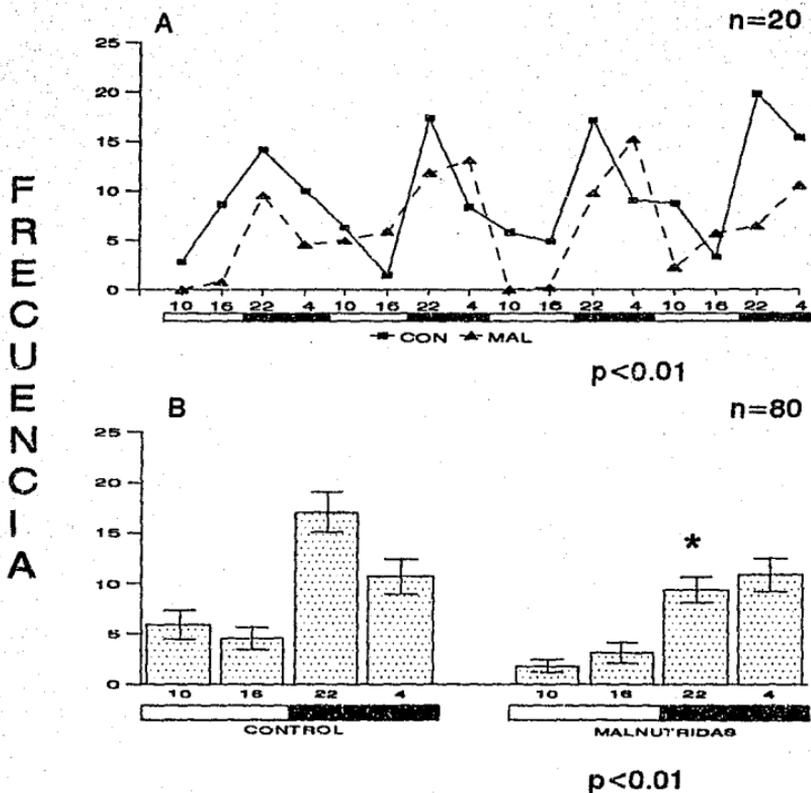


Fig. 6. Conducta de comer en ratas malnutridas y sus controles a los 30 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar generales para cada hora (B). Se observaron diferencias significativas al inicio de cada una de las fases de L:O entre ambos grupos ($p < 0.01$).

significativas ($p < 0.01$) en diversos puntos del registro de cuatro días. Igualmente, en el análisis global se pudo observar (Fig. 7 B) diferencias significativas en 3 de las horas del día registradas ($p < 0.01$).

Arriba

Los sujetos CON mostraron (Fig. 8 A) en general baja frecuencia de la conducta de arriba con respecto a las MAL, ya que esta parece ser una conducta característica de estas últimas. En las MAL se observó un patrón circádico definido, que muestra una clara diferencia entre las fases de luz y oscuridad. El análisis *a posteriori* de Tukey mostró diferencias significativas y consistentes ($p < 0.01$) en los puntos de la fase oscura del registro de 4 días, así como en el análisis global (Fig. 8 B), mientras que en la fase de luz no se obtuvieron diferencias. La persistencia de las MAL para permanecer sobre el comedero fue muy marcada y determinó una diferencia conductual con las CON.

JUEGO

30 DIAS

FRECUENCIA

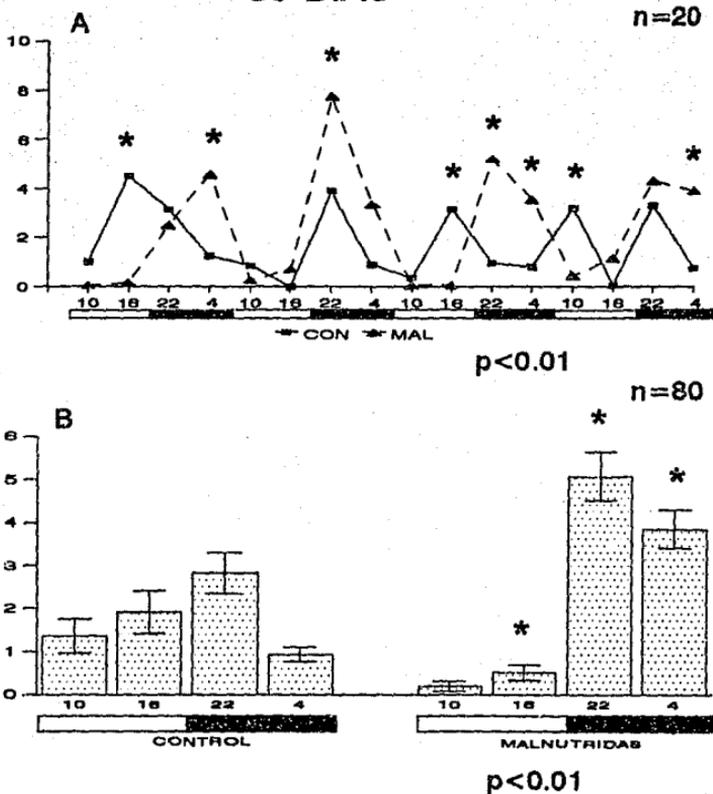


Fig. 7. Conducta de juego en ratas malnutridas y sus controles de 30 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar generales para cada hora (B). * ($p < 0.01$).

ARRIBA

30 DIAS

FRECUENCIA

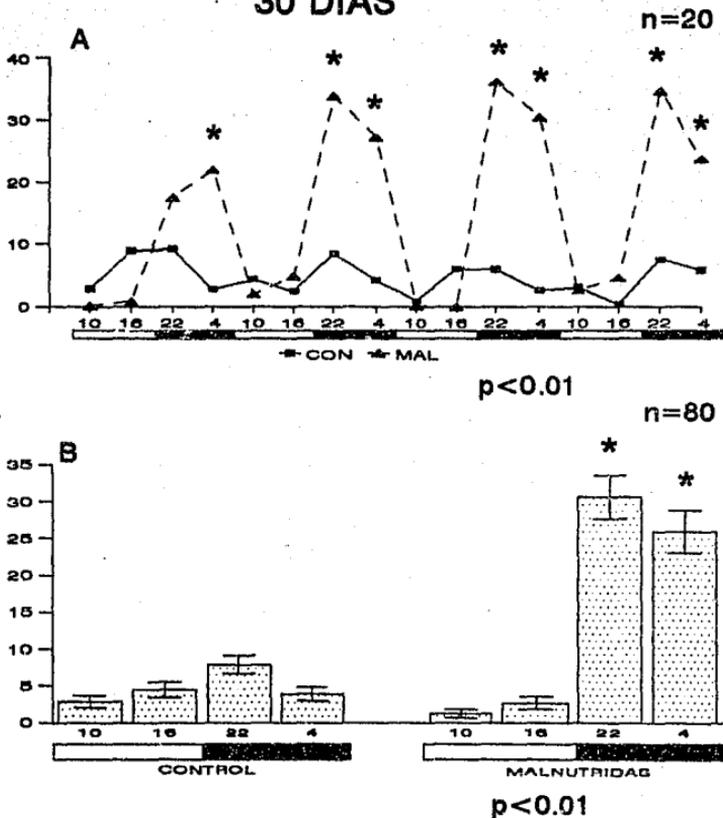


Fig. 8. Conducta arriba del comedero en ratas malnutridas y sus controles de 30 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar para cada hora (B). Las malnutridas realizan esta conducta más frecuentemente, principalmente en la fase oscura en la que se observan diferencias significativas entre ambos grupos nutricionales ($p < 0.01$).

Evaluación Conductual 60 días

El análisis del ANOVA (Tabla 4) a la edad de 60 días mostró diferencias significativas asociadas a la nutrición para todas las categorías conductuales con excepción de comer. Igualmente, el factor dado por las horas de registro y por la interacción de ambos factores fue altamente significativo ($p < 0.001$).

Tabla 4. ANOVA de dos factores para las categorías conductuales de ratas control y malnutridas de 60 días de edad.

	NUTRICIÓN <i>gl(1, 639)</i>	HORAS <i>gl(3, 639)</i>	INTERACCIÓN <i>gl(3, 639)</i>
CONDUCTA	valor F	valor F	valor F
ACTIVIDAD	9.81**	69.11***	15.13***
EXPLORACIÓN	11.36***	49.94***	15.37***
ASEO	7.17**	24.33***	6.07***
COMER	2.78	27.00***	5.26**
JUEGO	17.50***	36.06***	5.97***
ARRIBA	27.20***	16.14***	5.84***

*** $p < 0.001$

** $p < 0.01$

Actividad General

En esta categoría al igual que en todas las otras, en las ratas CON (Fig. 9 A) la acrofase fue a las 22 hrs. y fue decrecentando la actividad hasta las 16 hrs. donde fue el punto de menor frecuencia. En las MAL el punto de mayor actividad fue igual que en las CON al inicio de la fase oscura, pero a diferencia de las CON la hora de menor actividad fue a las 10 a.m. El análisis *a posteriori* de Tukey mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) en algunos puntos del registro de 4 días. En el análisis global para los cuatro puntos del día (Fig. 9 B) resultó evidente la diferencia en el patrón circádico de actividad para ambos grupos ($p < 0.01$). Fue interesante observar a las MAL que a esta edad ya no se presentan cambios exagerados de frecuencia entre la fase de luz y la oscura, siendo su patrón de variación circádico más parecido a las CON.

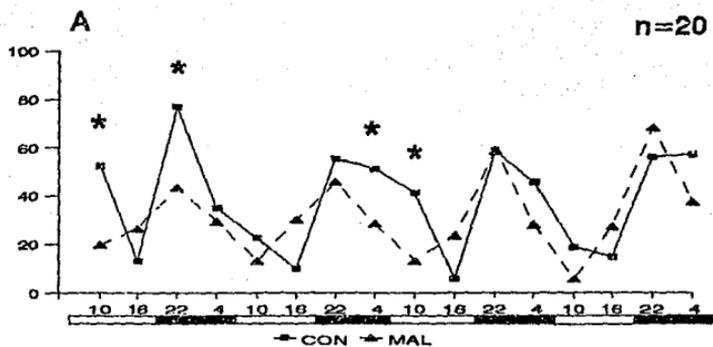
Exploración

Se observó el mismo patrón circádico que se describió en la actividad general para ambos grupos (Fig. 10 A). Para las CON la acrofase varió de un día a otro entre las 22 y las 4 a.m., aunque en el análisis global este punto se ubicó a las 22 hrs. En cambio, nuevamente en las MAL el punto de máxima exploración fue consistentemente al inicio de

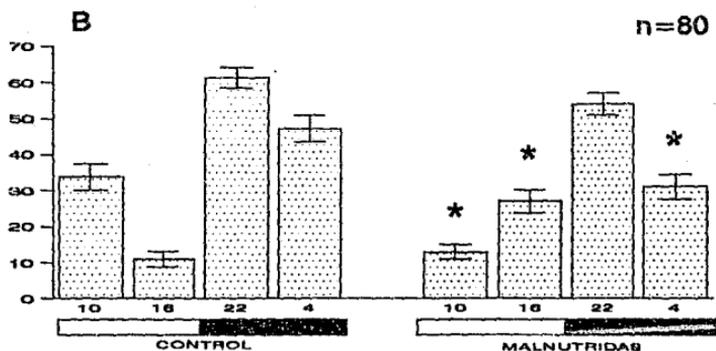
ACTIVIDAD

60 DIAS

FRECUENCIA



p<0.01



p<0.01

Fig. 9. Actividad general de ratas malnutridas y sus controles de 60 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar para cada hora (B). * (p<0.01).

EXPLORACION

60 DIAS

FRECUENCIA

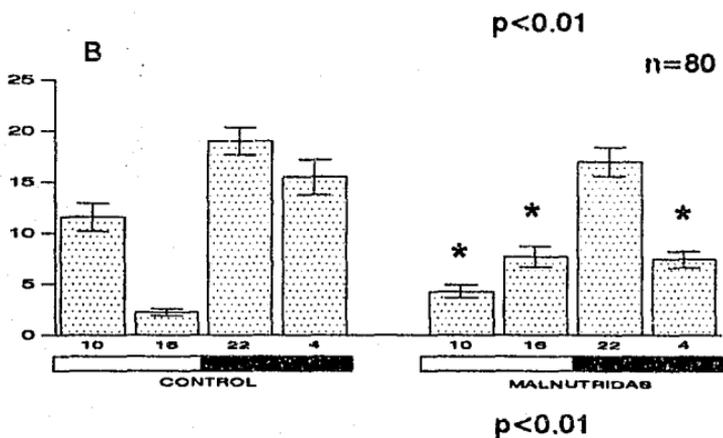
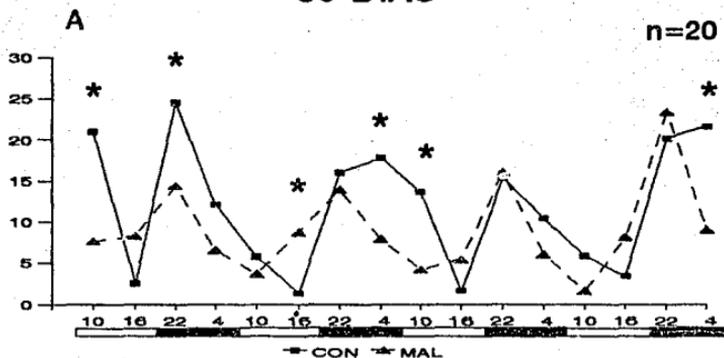


Fig. 10. Conducta de exploración en ratas malnutridas y sus controles de 60 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar para cada hora (B). *($p < 0.01$).

la fase oscura y el punto mínimo a las 10 hrs. En el análisis global por horas del día (Fig. 10 B) se observaron diferencias significativas entre ambos grupos ($p < 0.01$) en 3 de las 4 horas estudiadas.

Aseo

Como en las conductas previas, ambos grupos mostraron (Fig. 11 A) su acrofase a las 22 hrs. y volvió a observarse el punto mínimo de las CON a las 16 hrs. y en las MAL a las 10 hrs. Al hacer la comparación entre grupos sólo se encontró diferente un punto. En el análisis global por horas del día (Fig. 11 B) las diferencias significativas en el patrón circádico de aseo entre ambos grupos se observaron al final de la fase oscura e inicio de la fase de luz ($p < 0.01$).

Comer

En esta categoría para los sujetos CON al igual que para los MAL (Fig. 12 A) la acrofase fue al inicio de la fase oscura. Ambos difirieron nuevamente en el punto de menor frecuencia, siendo en el grupo CON a las 16 hrs., mientras que en el grupo de las MAL fue a las 10 hrs. En el análisis global por hora (Fig. 12 B), el punto en el que hubo diferencias significativas entre ambos grupos fue a las 16 hrs. ($p < 0.01$) en que las MAL inician un incremento de actividad previo a la fase oscura.

ASEO 60 DIAS

FRECUENCIA

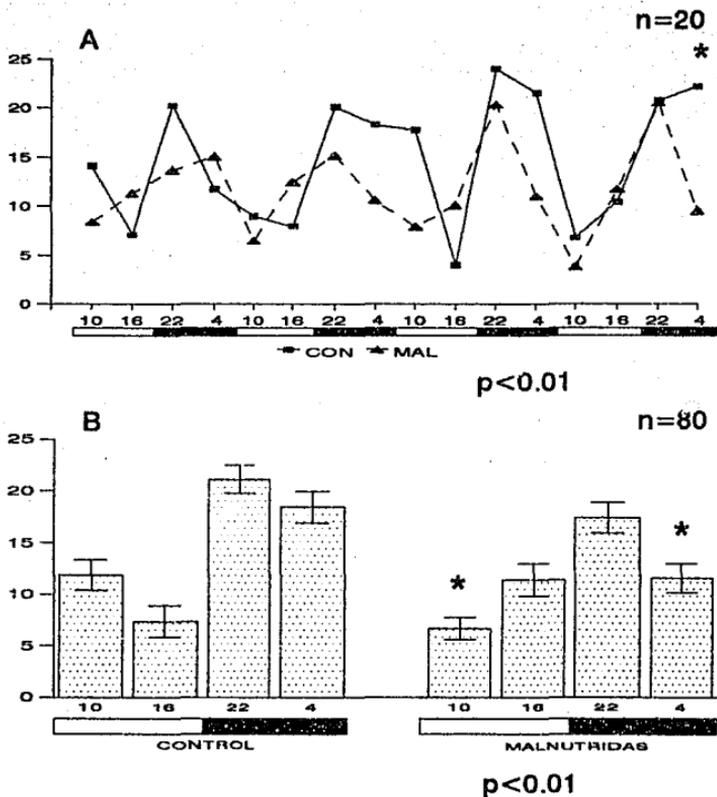


Fig. 11. Conducta de aseo en ratas malnutridas y sus controles de 60 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar para cada hora (B). * ($p < 0.01$).

COMER

60 DIAS

FRECUENCIA

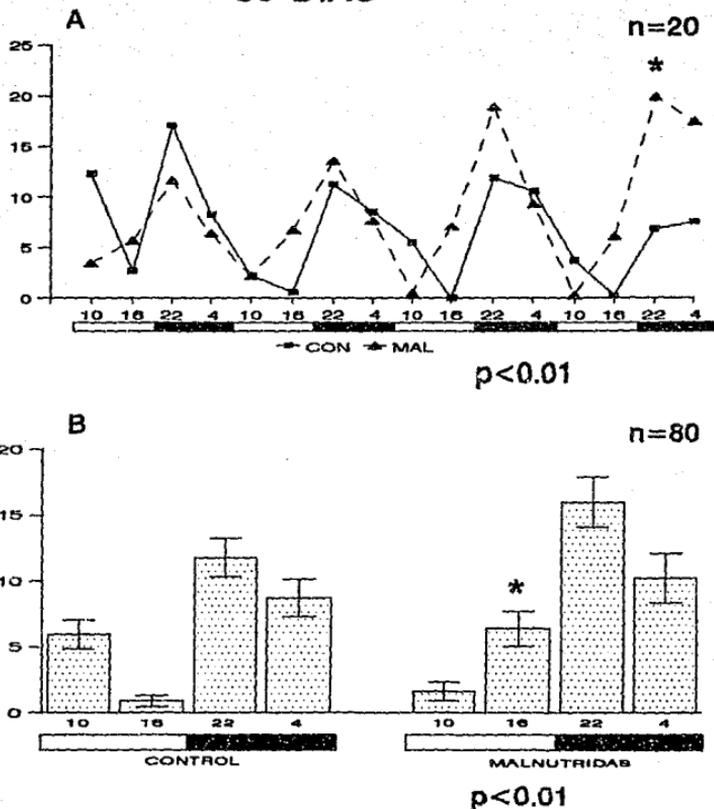


Fig. 12. Conducta de comer en ratas malnutridas y sus controles de 60 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar para cada hora (B). * ($p < 0.01$).

Juego

El patrón circádico para ambos grupos fue como en las conductas previas. El análisis *a posteriori* de Tukey mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) en algunos puntos del registro de 4 días. La cantidad de juego global fue reducida para las MAL (Fig. 13 A). En el análisis global por horas del día (Fig. 13 B) fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.01$) 3 de las 4 horas registradas.

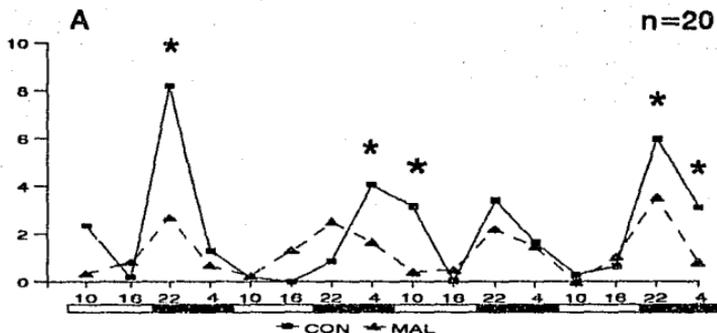
Arriba

En la conducta arriba del comedero, los sujetos CON mostraron (Fig. 14 A) un patrón poco definido y de baja frecuencia. En el grupo MAL al igual que a los 30 días de edad este patrón conductual se presentó con mayor frecuencia. El inicio de la fase oscura fue el punto en donde los individuos mostraron la acrofase de esta conducta y el punto mínimo fue al inicio de la fase de luz. El análisis *a posteriori* de Tukey mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) en algunos puntos del registro de 4 días. En el análisis global (Fig. 14 B) se encontraron diferencias significativas a las 16 y 22 hrs. ($p < 0.01$).

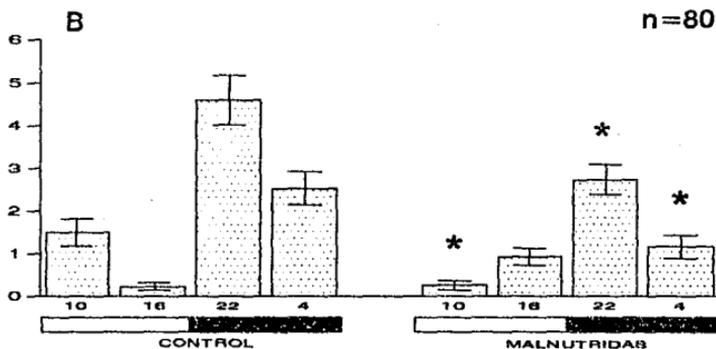
JUEGO

60 DIAS

F R E C U E N C I A



$p < 0.01$



$p < 0.01$

Fig. 13. Conducta de juego en ratas malnutridas y sus controles de 60 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar para cada hora (B). * ($p < 0.01$).

ARRIBA

60 DIAS

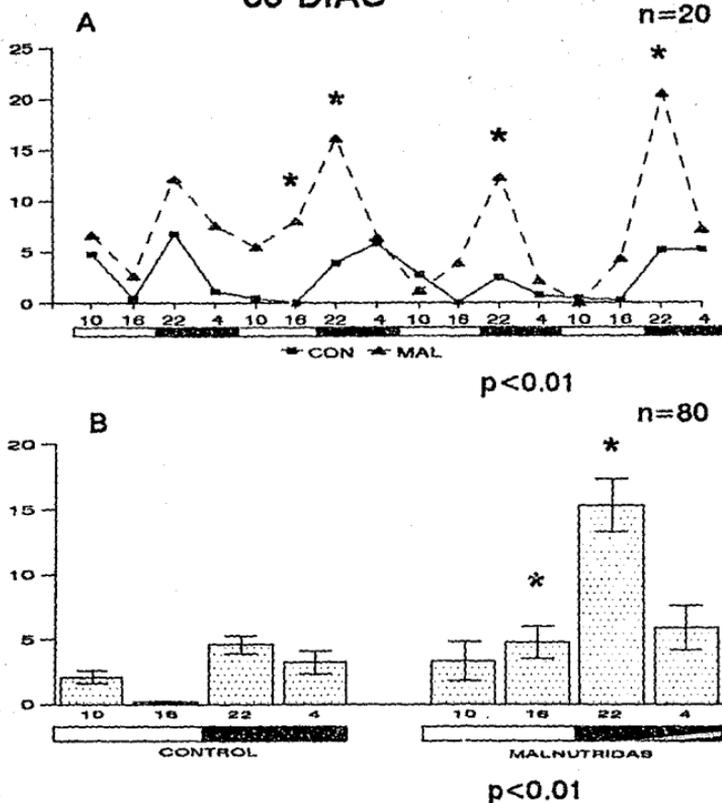


Fig. 14. Conducta arriba del comedero en ratas malnutridas y sus controles de 60 días de edad. Valores promedio para los 4 días de registro (A); medias y error estándar para cada hora (B). Obsérvese que esta conducta es más frecuente en las malnutridas y que su pico máximo coincide con el momento de máxima actividad * ($p < 0.01$).

Los resultados del valor Mesor, que representa la media global de los datos obtenidos para todas las horas de registro (Tabla 5) a los 30 días de edad, mostró en general que los MAL tienen mayor actividad, siendo las categorías de exploración, juego y arriba del comedero las que más reflejan el exceso de actividad; por el contrario, las conductas de aseo y de comer se muestran disminuidas en los MAL. A la edad de 60 días la frecuencia general de actividad de las MAL decreció con respecto a los CON, manteniéndose con mayor frecuencia sólo las categorías de comer y arriba del comedero.

Tabla 5. Los valores de Mesor para ratas CON y MAL de 30 y 60 días de edad, obtenidos de 4 días de registro.

VALORES DE MESOR

CONDUCTA	30 días		60 días	
	CONTROLES	MALNUTRIDOS	CONTROLES	MALNUTRIDOS
ACTIVIDAD	34.11	36.98	38.26	31.19
EXPLORACIÓN	9.37	18.52	12.05	9.04
ASEO	11.41	9.0	14.69	11.74
COMER	9.53	6.27	6.82	8.53
JUEGO	1.75	2.39	2.21	1.26
ARRIBA	4.78	15.06	2.52	7.27

DISCUSION

La malnutrición hipoproteínica, padecida desde la gestación, lactancia y hasta la edad de 30 y 60 días de edad produjo importante reducción del peso corporal, reflejando una grave lentificación del crecimiento.

Los resultados concuerdan con datos previos en donde los distintos métodos de desnutrición como son la reducción de la cantidad de alimento en la gestación, ligadura de los conductos galactóforos de la madre o separación parcial de la madre en la etapa de lactancia (Salas y col. 1984, 1991), provocan efectos en las crías como son la reducción del peso y poco desarrollo corporal. Estos mismos datos han sido observados en trabajos que han utilizado dietas hipoproteínicas (Cintra y col. 1988; Morgane y col. 1978).

A la edad de 30 días, la actividad general fue mayor en las MAL que en las CON. Así mismo, la frecuencia del grupo MAL en las categorías de exploración, juego y arriba del comedero estuvo por encima del grupo CON, mientras que las categorías que presentaron menor frecuencia fueron las de aseo y comer en el grupo MAL (Tabla 5). En la literatura se ha descrito a la rata malnutrida como hiperactiva (Almeida y col. 1993; Whatson y col. 1976) y esta característica conductual se expresa principalmente en patrones locomotores

asociados al desplazamiento. El exceso de actividad que se observó en las ratas de 30 días se concentra principalmente en estas conductas, de manera que nuestros datos reflejan ese fenómeno de hiperactividad. Aunque es importante recalcar que este exceso se presenta sólo durante la fase oscura del periodo, que es a su vez la fase en que los roedores nocturnos son más activos.

A los 60 días de edad toda la actividad general de las MAL se vió decrementada, posiblemente debido a los efectos de la malnutrición crónica. De tal manera, hubo disminución de frecuencia en las categorías conductuales de exploración, aseo y juego. Sólo las categorías de comer y arriba del comedero fueron mantenidas por las MAL por encima de sus CON a la edad de 60 días. A esta edad fue evidente el deterioro de las ratas tras una vida de malnutrición hipoproteínica. La deficiencia en el peso corporal fue muy marcada y como el valor de Mesor refleja, la cantidad de actividad, sobre todo asociada al desplazamiento disminuyó importantemente.

Por otra parte, en la categoría de aseo en ambas edades la frecuencia que presentó el grupo CON siempre estuvo por encima de los MAL. En un trabajo previo Salas y col. (1991) describieron un incremento de los patrones de aseo a edad adulta en ratas desnutridas. Este incremento fue evidente únicamente en patrones complejos de movimiento, sin embargo las ratas se registraron aisladamente en una caja limpia sin

agua ni alimento y el aseo pudo ser una expresión de ansiedad, lo cual en nuestros registros no se presentó.

En ambas edades, la mayor frecuencia de las MAL en la conducta "arriba del comedero" pudo deberse a una reacción que parece dirigirse a cuidar más el alimento. Previamente se había observado que las ratas MAL realizan sus actividades cerca o encima del comedero, aunque no dedican forzosamente el tiempo a comer. Por ello se incluyó la categoría Arriba, ya que manifiesta un patrón conductual muy singular de las desnutridas y confirma la alta motivación por el alimento observada previamente en tareas de aprendizaje con reforzamiento apetitivo (García-Ruiz y col. 1994; Halas, 1980), a pesar de no estar privadas.

El patrón circadiano que mostraron los MAL fue distinto a los CON para las dos edades estudiadas. A los 30 días las CON mostraron un patrón circádico de menor amplitud, lo cual coincide con trabajos previos que han descrito que la distribución circadiana de actividad alcanza patrones maduros después de la tercera semana de vida postnatal en conductas de locomoción y de beber (Reppert, 1987). En contraste, fue muy evidente el cambio de actividad entre la fase de luz y de oscuridad en las malnutridas, que denota sobre todo una alta sensibilidad a los cambios de luz. De acuerdo a Cassore (1991), esta respuesta está mediada por la melatonina, y datos previos (Herbert y Reiter, 1981) muestran que la

malnutrición disminuye la secreción de esta hormona. De manera que las MAL responden automáticamente al cambio de estímulo luminoso.

Por el contrario, a los 60 días se observó una curva de distribución circadiana de la conducta en ambos grupos. En la comparación del patrón circadiano de los MAL con los CON se observó lo que puede ser un corrimiento en la distribución del patrón conductual. Esto es, que aunque en ambos grupos nutricionales la presentación de la acrofase fue a las 22 hrs, el punto de menor frecuencia para los CON fue a las 16 hrs y para los MAL a las 10 hrs.

Los datos obtenidos por otros grupos mencionan haber encontrado alteraciones de los patrones circadianos asociados a la malnutrición. Forbes y col. (1977) encontraron que en ratas malnutridas se altera la conducta de sueño causando un cambio en la distribución de los estados de sueño MOR. Los malnutridos exhiben gran proporción de sueño MOR durante la fase oscura, mientras que los controles presentan menos sueño MOR durante esta misma fase. Se ha propuesto que la alteración de las malnutridas puede deberse a cambios metabólicos o funciones endócrinas.

En el patrón de ingesta de alimento de ratas malnutridas se ha descrito un retraso en su ritmo circadiano en donde las malnutridas comen una porción más pequeña de su ingesta diaria, durante la segunda mitad del periodo de luz, y una

gran parte del alimento durante la segunda mitad del período oscuro, a diferencia del grupo control que sólo se alimentaba durante el período de oscuridad (Hall, 1978).

En estudios recientes Cintra y col. (1994) sugieren que la malnutrición crónica reduce el tamaño del soma en las células del núcleo supraquiasmático, y que posiblemente estas alteraciones sean el sustrato morfológico que provoque las alteraciones en los patrones circadianos del sueño y conducta que se observan en animales malnutridos.

Por otra parte, se ha sugerido que los patrones de alimentación tienen efecto sobre las fluctuaciones circadianas de los niveles de neurotransmisores, hormonas y enzimas circulantes, y que estos cambios pueden modificar de manera importante otros procesos conductuales o cerebrales (Anderson y col. 1979; Morgane y col. 1978).

Nuestros datos muestran alteraciones del patrón conductual que pudiera ser la manifestación de alteraciones a nivel anatómico y fisiológico.

Este estudio aporta datos conductuales que apoyan observaciones previas en el sentido de que la malnutrición ocasiona alteraciones en el patrón circadiano de la conducta. A su vez se pudo constatar que hay patrones de conducta más sensibles a sufrir cambios por la malnutrición. En este sentido, el hecho de que las conductas de exploración y juego se alteren en ambas edades estudiadas, ya sea con un exceso a

los 30 días o un decremento a los 60 días, refleja la capacidad deficiente de las ratas malnutridas para interactuar adecuadamente con su medio ambiente físico y social.

La organización circadiana es una manifestación importante de la adaptación del individuo a los cambios fluctuantes y periódicos del medio externo (Pittendrigh, 1984)). Una expresión alterada de ellos, puede reflejar dificultad del organismo para adaptarse o para interactuar con su medio.

Otros grupos han observado en ratas malnutridas principalmente un decremento de la exploración y han propuesto que esta interacción deficiente con el medio puede ser la causa principal de las alteraciones en el aprendizaje (Escobar, 1987; Morgane y col. 1993; Rogers, 1986), características del desnutrido.

Los resultados obtenidos nos indicaron que la rata malnutrida presentó un ritmo conductual que se expresó diferente en las dos edades estudiadas. A corto plazo, se observó un ritmo con una amplitud muy alta en las conductas de exploración y juego; esto en un niño pudiera manifestarse como una alteración en los ritmos de la conducta de exploración y juego que posiblemente repercutirá en una interacción deficiente con su medio. A largo plazo, el ritmo se presentó con una fase diferente y con una amplitud menor,

por lo que su frecuencia de actividad en general se vio decrementada; en el niño posiblemente pudiera expresarse en una actividad menor haciendo que su rendimiento en general se vea afectado.

Por el tipo de muestreo utilizado para este estudio es difícil determinar otros parámetros circadianos. Estos deberán solucionarse con un estudio más detallado, utilizando intervalos de muestreo más cortos. Así mismo, se plantea la necesidad de definir el rol que tiene la alimentación para la maduración y mantenimiento de patrones circadianos.

CONCLUSIONES

1. La malnutrición crónica padecida en los periodos pre y postnatal afecta el crecimiento corporal, ya que el consumo de una dieta hipoproteínica produjo menor peso corporal en las dos edades estudiadas.
2. Los MAL a los 30 días, presentaron mayor actividad siendo esta evidente en las categorías de exploración, juego y arriba del comedero, que rebasaron la frecuencia dedicada por las CON a estas mismas.
3. El patrón conductual circádiano del grupo MAL a los 30 días de edad presentó oscilaciones más marcadas entre las fases de luz y oscuridad en comparación al grupo CON, que denota un retraso en la maduración del sistema circádiano.
4. A la edad de 60 días el grupo MAL disminuyó su frecuencia de actividad general debido a un deterioro ocasionado por la malnutrición crónica.
5. A esta misma edad en el patrón circadiano se observó una distribución similar; ambos grupos presentaron su acrofase a las 22 hrs., aunque el punto de menor frecuencia fue a las 10 hrs. para las MAL y a las 16 hrs. para las CON.

6. Los patrones de conducta de exploración y juego, que son actividades dirigidas a interactuar con el entorno, fueron las más afectadas por la malnutrición en ambas edades.

7. A los 60 días las MAL mostraron incrementadas las conductas dirigidas al alimento, que son comer y arriba, posiblemente por su alta motivación al alimento debido al estado de deficiencia nutricional.

REFERENCIAS

- Aguilar Roblero, R. (1993): Teorías de los ritmos biológicos. I. Curso Latinoamericano de Cronobiología. Facultad de Medicina, U.N.A.M.
- Ahmed, M.G.E., Bedi, K.S., Warren, M.A. y Kamel, M.N. (1987): Effect of a lengthy period of undernutrition from birth and subsequent nutritional rehabilitation on the synapse: Granule cell neuron ratio in the rat dentate gyrus. *Journal of Comparative Neurology* 263: 146-158.
- Almeida, S.S., Garcia, R.A. y De Oliveira, L.M. (1993): Effects of early protein malnutrition and repeated testing upon locomotor and exploratory behaviors in the elevated plus maze. *Physiology and Behavior*. 54: 749-752.
- Altman, J., Sudarshan, K., Das, D., McCormick, N. y Barnes, D. (1971): The influence of nutrition on neural and behavioral development: III. Development of some motor, particularly locomotor patterns during infancy. *Developmental Psychobiology*. 4: 97-114.
- Anderson, G.H. (1979): Control of protein and energy intake: Role of plasma amino acids and brain neurotransmitters. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 10:1043-1054.
- Aréchiga, H. (1976): La problemática de los ritmos circádicos. *Boletín de Estudios Médicos y Biológicos de México*. 29: 1-17.
- Aréchiga, H. (1983): Mecanismos de integración de los ritmos biológicos. *Ciencia*. 34: 141-152.
- Barnes, D. y Altman, J. (1973): Effects of different schedules of early undernutrition on the preweaning growth of the rat cerebellum. *Experimental Neurology*. 38: 406-419.
- Bass, N.H., Netsky, M.G. y Young, E. (1970): Effect of neonatal malnutrition on developing cerebrum. 1. Microchemical and histologic study of cellular differentiation in the rat. *Archives of Neurology*. 23: 289-302.
- Caldelas, I. (1994): Aprendizaje olfatorio en crías de rata desnutridas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Psicología, U.N.A.M.

Cassone, V.M. (1991): Melatonin and suprachiasmatic nucleus function. En: Klein, D.C., Moore, R.Y. y Reppert, S.M. (Eds.) Suprachiasmatic Nucleus. Oxford University Press, New York. pp. 309-323.

Chase, H.P., Dabiere, C.S., Welch, N.N. y O'Brien, D. (1971): Intra-uterine undernutrition and brain development. Pediatrics. 47: 491-500.

Cintra, L. y Díaz-Cintra, S. (1985): Efecto de la desnutrición proteínica en los núcleos Rafe dorsal, Locus coeruleus y en las células no piramidales de la corteza visual de la rata. Review for Child Nutrition. 13: 76-82.

Cintra, L., Díaz-Cintra, S., Galván, A., y Morgane, P.J. (1988): Circadian rhythm of sleep in normal and undernourished rats. Boletín de Estudios Médicos y Biológicos de México. 36: 3-17.

Cintra, L., Galván, A., Díaz-Cintra, S. y Escobar, C. (1994): Protein malnutrition on suprachiasmatic nucleus cells in rats of three ages. Boletín de Estudios Médicos y Biológicos de México. 42: 11-19.

Clark, G., Zamenhof, S., Marthens, E., Grauel, L. y Kruger, L. (1973): The effect of prenatal malnutrition on dimensions of cerebral cortex. Brain Research. 54: 397-402.

Cragg, B. (1972): The development of cortical synapses during starvation in the rat. Brain. 95: 143-150.

Cravioto, J., y De Licardie, E. (1971): Desnutrición en la infancia y nivel intelectual. Boletín Médico del Hospital Infantil. 37 (6): 663-672.

Cordero, M.E., Trejo, M., García, E., Barros, T., Rojas, A.M. y Colombo, M. (1986): Dendritic development in the neocortex of adult rats following a maintained prenatal and/or early postnatal life undernutrition. Early Human Developmental. 14: 245-258.

Díaz-Cintra, S., Cintra, L., Ortega, A., Kemper, T. y Morgane, P.J. (1990): Effects of protein deprivation on pyramidal cells of the visual cortex in rats of three age groups. Journal Comparative Neurology. 292: 117-126.

Díaz-Cintra, S., Cintra, L., Galván, A., Aguilar, A., Kemper, T. y Morgane, P.J. (1991): Effects of prenatal protein deprivation on postnatal development of granule cells in the fascia dentata. Journal of Comparative Neurology 310: 356-364.

Debassio, W.A. y Kemper, T.L. (1985): The effect of protein deprivation on neural migration in rats. Developmental Brain Research 20: 191-196.

Dobbing, J., Hopewell, J. y Lynch, A. (1971): Vulnerability of developing brain: VII Permanent deficit on neurons in cerebral and cerebellar cortex following early mild undernutrition. Experimental Neurology 32: 439-447.

Dobbing, J. y Sands, J. (1971): Vulnerability of developing brain. IX. The effect of nutritional growth retardation on the timing of the brain growth-spurt. Biology Neonate 19: 363-378.

Dobbing, J. (1990): Vulnerable periods in developing brain. En: J. Dobbing (Ed.) Brain, Behavior and Iron in the Infant Diet. USA. pp. 1-25.

Dyson, S. y Jones, D. (1976): Some effects of undernutrition on synaptic development. A quantitative ultrastructural study. Brain Research. 114: 365-378.

Egwim, P.O., Cho, B.H. y Kummerow, F.A. (1986): Effects of postnatal protein undernutrition on myelination in rat brain. Comparative Biochemical Physiology. 83: 67-70.

Escobar, A. (1974): Cytoarchitectonic derangement in the cerebral cortex of the undernourished rat. En: Cravioto, J., Hambreaus, L. y Vahlquist, B. (Eds.) Early Malnutrition and Mental Development, Almqvist and Wiksell, Sweden.

Escobar, C. (1987): Efectos de la desnutrición y de la estimulación sensorial temprana sobre el desarrollo y la conducta de la rata. Tesis de Maestría en Ciencias Fisiológicas UCPYP, CCH. U.N.A.M.

Escobar, C. y Salas, M. (1993): Neonatal undernutrition and amygdaloid complex development: an experimental study in the rat. Experimental Neurology. 122: 311-318.

Franková, S. (1973): Effect of protein-calorie malnutrition on the development of social behavior in rats. Developmental Psychobiology. 6: 33-43.

Forbes, W.B., Tracy, C.A., Resnick, O., Morgane, P.J. (1977): Effect of protein malnutrition during development on sleep behavior of rats. Experimental Neurology. 57: 440-450.

Galler, J.R. (1979): Home-orienting behavior in rat pups surviving postnatal or intergenerational malnutrition. Developmental Psychobiology. 13(6): 563-572.

Gambetti, P., Autilio-Gambetti, L., Rizzuto, N., Shafer, B. y Pfaff, L. (1974): Synapses and malnutrition: Quantitative ultrastructural study of rat cerebral cortex. *Experimental Neurology*. 43: 464-473.

García-Ruiz, M. Parra, L. y Díaz-Cintra, S. (1994): Los efectos de la desnutrición sobre los procesos de aprendizaje y memoria en modelos animales. *Revista Biomédica*. 5: 88-108.

Gramsbergen A. y Westerga J. (1992): Locomotor development in undernourished rats. *Behavioural Brain Research*. 48: 57-64.

Granados, L. (1995): Efecto de la malnutrición hipoproteínica prenatal sobre el desarrollo de las fibras musgosas de la formación hipocámpica. Tesis de Maestría, U.N.A.M. pp. 17-20.

Griffin, W.S.T., Woodward, D.J. y Chanda, R. (1977): Malnutrition and brain development: cerebellar weight, DNA, RNA, protein and histological correlations. *Journal of Neurochemistry*. 28: 1269-1279.

Halas, E.S., Burger, P.A., Sandstead, H.H. (1980): Food motivation of rehabilitated malnourished rats: Implications for learning studies. *Animal Learning Behavior*. 8: 152-158.

Halberg, F. (1959): Physiologic 24-hour periodicity: General and procedural considerations with reference to the adrenal cycle. *Vitamin-Hormon-Fermentforsch*. 10: 25-96.

Hall, R.D., Forbes, W.B. y Robertson, W.M. (1978): The effects of protein malnutrition on the rat's circadian patterns of food and water intake. *Nutrition Reports International*. 18: 713-720.

Hall, R., Leahy, J. y Robertson, W. (1979): The effect of protein malnutrition on the behavior of the rats during the suckling period. *Developmental Psychobiology*. 12: 455-466.

Hammer, R.P. y Marthens, E. (1981): Morphological development of the brain stem reticular core in prenatally undernourished rats. *Developmental Brain Research*. 1: 203-213.

Herbert, D.C. y Reiter, R.J. (1981): Influence of protein calorie malnutrition on the circadian rhythm of pineal melatonin in the rat. *Society for Experimental Biology and Medicine*. 166: 360-363.

Icaza, J.S. y Behar M. (1981): Nutrición. Ed. Interamericana. Segunda Edición. pp. 3-6.

Levitsky, D. (1975): Malnutrition and animal models of cognitive development. En: G. Serban (Ed.), Nutrition and Mental Functions. Proceedings of Kittay Scientific Fundation. New York: Plenum Press: pp. 75-89.

Lewis, P.D., Balázs, R., Patel, A.J. y Johnson, A.L. (1975): The effect of undernutrition in early life on cell generation in the rat brain. Brain Research. 83: 235-247.

Lynch, A. (1976): Postnatal undernutrition: an alternative method. Developmental Psychobiology. 9: 39-48.

Massaro, T., Levitsky, D. y Barnes, R. (1977): Protein malnutrition induced during gestation: It's effect on pup development and maternal behavior. Developmental Psychobiology. 10: 339-345.

Morgane, P., Miller, M., Kemper, T., Stern, W., Forbes, W., Hall, R., Bronzino, J., Kissane, E., Hawrylewicz, E. y Resnick, O. (1978): The effects of protein malnutrition on the developing central nervous system in the rat. Neuroscience Biobehavioral Reviews. 2: 137-230.

Morgane, P.J., Austin, K., Siok, C., LaFrance, R. y Bronzino, J.D. (1985): Power spectral analysis of hippocampal and cortical EEG activity following severe prenatal malnutrition in the rat. Brain Research. 354: 211-218.

Morgane, P.J., Austin-LaFrance, R., Bronzino, J., Tonkiss, J., Diaz-Cintra, S., Cintra, L., Kemper, T. y Galler, J. (1993): Prenatal malnutrition and development of the brain. Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 17: 91-128.

Mourek, J., Himwick, W.A. (1967): The role of nutrition in the development of evoked cortical responses in rat. Brain Research. 6: 241-251.

Nakhasi, H.L., Toews, A.D. y Horrocks, L.A. (1975): Effects of a postnatal protein deficiency on the content and composition of myelin from brains of weanling rats. Brain Research. 83: 176-179.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1985): El hambre en el mundo. Folleto del día mundial de la alimentación, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 1985, pp. 20.

- Patel, A. (1983): Undernutrition and brain development. Trends in Neurosciences. 6: 151-154
- Pittendrigh, C. (1984): Circadian Systems: General Perspective. En: Ashoff J. (Ed.) Handbook of Behavioral Neurobiology. Vol. 4 Biological Rhythms. Plenum Press, New York. pp. 57-80.
- Quirk, G.J., Mejia, W.R., Hesse, H. y Su, H. (1995): Early malnutrition followed by nutritional restoration lowers the conduction velocity and excitability of the corticospinal tract. Brain Research. 670: 277-282
- Ramos, G.R. (1985): Alimentación normal en niños y adolescentes. Ed. Manual Moderno. Primera Edición pp. 2-7.
- Read, M.S. (1975): Nutrition, environment and child behavior. En: Serban, G. (Ed.) Nutrition and Mental Functions. Plenum Press, New York. pp. 193-200.
- Reddy, P.V., Anasuya, D. y Sastry, P.S. (1979): Quantitative and compositional changes in myelin of undernourished and protein malnourished rat brains. Brain Research 161: 227-235.
- Reddy, T.S. y Horrocks, L.A. (1982): Effects of neonatal undernutrition on the lipid composition of gray matter and white matter in rat brain. Journal of Neurochemistry. 38: 601-605.
- Reppert, S.M., Duncan, M.J. y Weaver, D.R. (1987): Maternal influences on the developing circadian system. En: Perinatal Development: A Psychobiological Perspective. Academic Press. pp. 343-356.
- Rogers, P.J., Tonkiss, J. y Smart, J.L. (1986): Incidental learning is impaired during early-life undernutrition. Developmental Psychobiology. 19: 113-124.
- Russak, B. y Zucker, I. (1979): Neural regulation of circadian rhythms. Physiology Reviews. 59: 449-526.
- Salas, M. y Cintra, L. (1973): Behavioral effects of undernutrition on the neonatal rat. Boletín de Estudios Médicos y Biológicos México. 28: 23-27.
- Salas, M. y Cintra, L. (1973): Nutritional influences upon somatosensory evoked responses during development in the rat. Physiology and Behavior. 10: 1019-1022.
- Salas, M. y Cintra, L. (1975): Development of electrocorticogram during starvation in the rat. Physiology and Behavior 14: 589-593.

Salas, M., Torrero, C. y Pulido, S. (1984): Long-term alterations in the maternal behavior of neonatally undernourished rats. Physiology and Behavior 33: 273-278.

Salas, M., Torrero, C. y Pulido, S. (1986): Undernutrition induced by pup separation delays the development of the thalamic nucleus in rats. Experimental Neurology. 93: 447-455.

Salas, M., Pulido, S., Torrero, C. y Escobar, C. (1991): Neonatal undernutrition and selfgrooming development in the rat. Long-term effects. Physiology and Behavior 50: 567-572.

Sasson, A. (1993): La alimentación del hombre del mañana. UNESCO. Ed. Reverte Colec. Sextant Vol.3 Cap. 1 y 2.

Sharma, S.K., Nayar, U., Maheshwari, M.C. y Singh, B. (1987): Effect of undernutrition on developing rat cerebellum: Some electrophysiological and neuromorphological correlates. Journal for Neurological Sciences. 78: 261-272.

Suskind, R.M. (1977): Characteristics and causation of protein-calorie malnutrition in the infant and preschool child. En: Greene, L.S. (Ed.) Malnutrition, Behavior and Social Organization. Academic Press, New York. pp. 1-15.

Thomson, C.A. and Pollitt, E. (1977): Effects of severe protein-calorie malnutrition on behavior in human populations. En: Greene, L.S. (Ed.) Malnutrition, Behavior and Social Organization. Academic Press, New York. pp. 19-34.

Tonkiss, J. y Smart, J. (1983): Interactive effects of genotype and early life undernutrition on the development of behavior in rats. Developmental Psychobiology. 16: 287-301.

Velázquez, A. Dehesa S. y Escobar C. 1981 Desnutrición y privación de estimulación: Efectos sobre aprendizaje y su frecuencia en México SEP e Instituto de Investigaciones Biomédicas, U.N.A.M. pp 4-14.

Whatson, T., Smart, J. y Dobbing, J. (1976): Undernutrition in early life: Lasting effects on activity and social behavior of male and female rats. Developmental Psychobiology 9: 529-538.

Wiener, S., Fitzpatrick, K., Levin, R., Smotherman, W., y Levine, S. (1977): Alterations in the maternal behavior of rats rearing malnourished offsprings. Developmental Psychobiology. 10: 243-254.

Wiener, S., Robinson, L. y Seymour, L. (1983): Influence of perinatal malnutrition on adult physiological and behavioral reactivity in rats. *Physiology and Behavior*. 30: 41-50.

Winick, M. y Noble, A. (1966): Cellular response in rats during malnutrition at various ages. *Journal Nutrition*. 89: 300-306.

Winick, M. y Rosso, P. (1975): Malnutrition and central nervous system development. En: Prescott, J.W. (Ed.) Brain Function and Malnutrition. John Wiley & Sons, New York. pp. 41-52.