

Distribución temporal de las fases del ciclo sueño-vigilia en el gato: registros de 23 horas en condiciones de luz-oscuridad y oscuridad-luz

Alejandro Valdés-Cruz*
Víctor M. Magdaleno-Madrigal*
Adrián Martínez-Cervantes*
Rodrigo Fernández-Mas*
Augusto Fernández-Guardiola**

Summary

The cat can be profitably used for chronobiological studies of sleep-wakefulness and other physiological circadian rhythms. Four stages of the sleep-wakefulness cycle have been described in this animal: Wakefulness (W), Slow Wave Sleep I (SWS I), Slow Wave Sleep II (SWS II) and Rapid Eyes Movement Sleep (REM). Convincing sleep-wakefulness rhythms had not previously been well-established for this animal, mainly regarding environmental indicators as the light-dark cycles. The purpose of this study was to identify and to describe the temporal distribution of the sleep-wakefulness cycle in the cat on 23 hours recording under Light-Dark (L-D) 12:12 hours and Dark-Light (D-L) 12:12 hours conditions. Eight freely-moving adult male cats chronically implanted for conventional sleep recording were studied. All animals underwent 23 hour sleep recordings twice a week starting at 8:30 am. Four cats were recorded in D-L and four in L-D cycle, a total 50 recordings were obtained. The following variables were analyzed: sleep stages number (NF), duration percentage (%), duration average (\bar{x}) and total time (TT) of each hour. Periods from 0-12 hours and from 12-23 hours were analyzed under light and dark conditions. Results showed that the sleep total time predominates in the 0-12 hours periods. Significant differences did not appear between light and dark periods regarding NF, %, \bar{x} and TT in all stages. Augmented REM sleep % under the light period of the L-D cycle was an exception. Temporal distribution of SWS I and SWS II did not show significant differences in the hour by hour analyses. The REM sleep occurrence had inverse relation with W stage. The results show that the REM sleep occurrence is related to the W decrease. The sleep-wakefulness cycle in the cat is not strictly related to light and dark periods, nevertheless is reinforced in L-D cycle.

Key words: Sleep-wakefulness cycle, EEG recording, cat, circadian rhythms, environmental indicators.

Resumen

El gato ha sido utilizado como modelo para estudios de sueño y otros ritmos fisiológicos. En el gato se han descrito cuatro fases del ciclo sueño-vigilia: vigilia (V), sueño de ondas lentas I (SOL I), sueño de ondas lentas II (SOL II) y sueño de movimientos oculares rápidos (MOR). Existen pocas evidencias referentes al ritmo circadiano del sueño en el gato, principalmente en relación a los indicadores ambientales como la luz y la oscuridad. El objetivo del presente trabajo fue identificar y describir la distribución temporal de las fases del ciclo sueño-vigilia en el gato, en registros de 23 horas en condiciones de luz-oscuridad (L-O) 12:12 horas y oscuridad-luz (O-L) 12:12 horas. Los experimentos se llevaron a cabo en ocho gatos machos adultos libres de movimiento crónicamente implantados para registros convencionales de sueño. Los animales fueron registrados durante 23 horas dos veces por semana, iniciando a las 8:30 am. Cuatro gatos se registraron en el ciclo O-L y cuatro en el ciclo L-O, se obtuvo un total de 50 registros. Las variables analizadas fueron: número de apariciones (NF), porcentaje de duración (%), duración promedio de cada aparición (\bar{x}) y tiempo total (TT) de las fases por cada hora. Se analizaron los periodos de 0-12 y de 12-23 horas de registro, en condiciones de luz y de oscuridad. En los resultados se observó que el tiempo total de sueño es predominante de 0-12 horas. No se encontró una diferencia significativa entre los periodos de luz y oscuridad en NF, %, \bar{x} y TT de todas las fases, a excepción del % de MOR en el periodo de luz del ciclo L-O. En el análisis hora por hora se encontró que la distribución temporal de SOL I y SOL II no presentaron variación significativa. La aparición del sueño MOR tuvo una relación inversa con la V. Los resultados sugieren que la aparición de sueño MOR está en relación con la disminución de la V. El ciclo sueño-vigilia en el gato no depende completamente de los periodos de luz y de oscuridad, no obstante, es reforzado en el ciclo L-O.

Palabras clave: Ciclo sueño-vigilia, registro EEG, gato, ritmo circadiano, indicadores ambientales.

* División de Investigaciones en Neurociencias. Instituto Mexicano de Psiquiatría. Calzada México-Xochimilco 101, Col. San Lorenzo Huipulco, 14370, México D.F.

** Facultad de Psicología, UNAM.

Introducción

Uno de los ritmos biológicos fundamentales en los mamíferos es el ciclo sueño-vigilia, que ha sido descrito en muchas especies. El gato es un modelo para los estudios cronobiológicos del sueño y de otros ritmos fisiológicos (4). Presenta cuatro fases en el ciclo sueño-vigilia: vigilia (V), sueño de ondas lentas I (SOL I), sueño de ondas lentas II (SOL II) y sueño de movimientos oculares rápidos (MOR) (10,13,16). Sin embargo, el ciclo sueño-vigilia del gato es diferente a la norma común de otros mamíferos. Su componente circadiano en la conducta sueño-vigilia es débil (5), sobre todo en relación con los indicadores ambientales como la luz y la oscuridad. Esto lo distingue, por ejemplo, de la rata (1), el ratón (8) y el hámster (14), que predominantemente duermen durante el periodo de luz, o de la ardilla (3) y el hombre, los cuales, duermen durante el periodo de oscuridad.

La distribución de los estados de vigilancia durante 24 horas de registro continuo ha sido descrita en el gato (2,7,11,13,16), obteniendo solamente 2 registros en condiciones de luz-oscuridad (12:12 horas). También se han presentado resultados de cinco días de registro en condiciones de iluminación igual que en las

anteriores (6) y de ocho días de registro en penumbra constante (9), en un gato.

En un estudio realizado con registros de 22 horas (15), se muestra la distribución de las fases del ciclo sueño-vigilia en gatos privados de sueño (4, 8 y 16 horas), la línea base que se obtuvo antes de la privación de sueño fue un registro de 24 horas, con 14 horas de luz y 10 horas de penumbra. En otros estudios de privación de sueño (5,17), también se obtuvo sólo un registro de 24 horas, en luz-oscuridad 12:12 horas.

Kuwabara y cols. (4), realizaron estudios de 24 horas en condiciones distintas de luz-oscuridad (12:12 y 15:9 horas) y de oscuridad constante, encontrando cambios bimodales en la distribución del tiempo total de sueño. Por otra parte, Lucas (7) analizó 48 horas de registro continuo, en periodos cortos de luz-oscuridad (27:79 minutos), obteniendo un aumento en la vigilia comparada con una línea base de 48 horas en condiciones de luz-oscuridad 12:12 horas. Estos trabajos aportan algunos datos acerca de la distribución temporal de las fases del ciclo sueño-vigilia del gato en relación con los indicadores ambientales de luz-oscuridad.

Sin embargo, aún es poco lo que se conoce acerca de la influencia de los indicadores ambientales y los

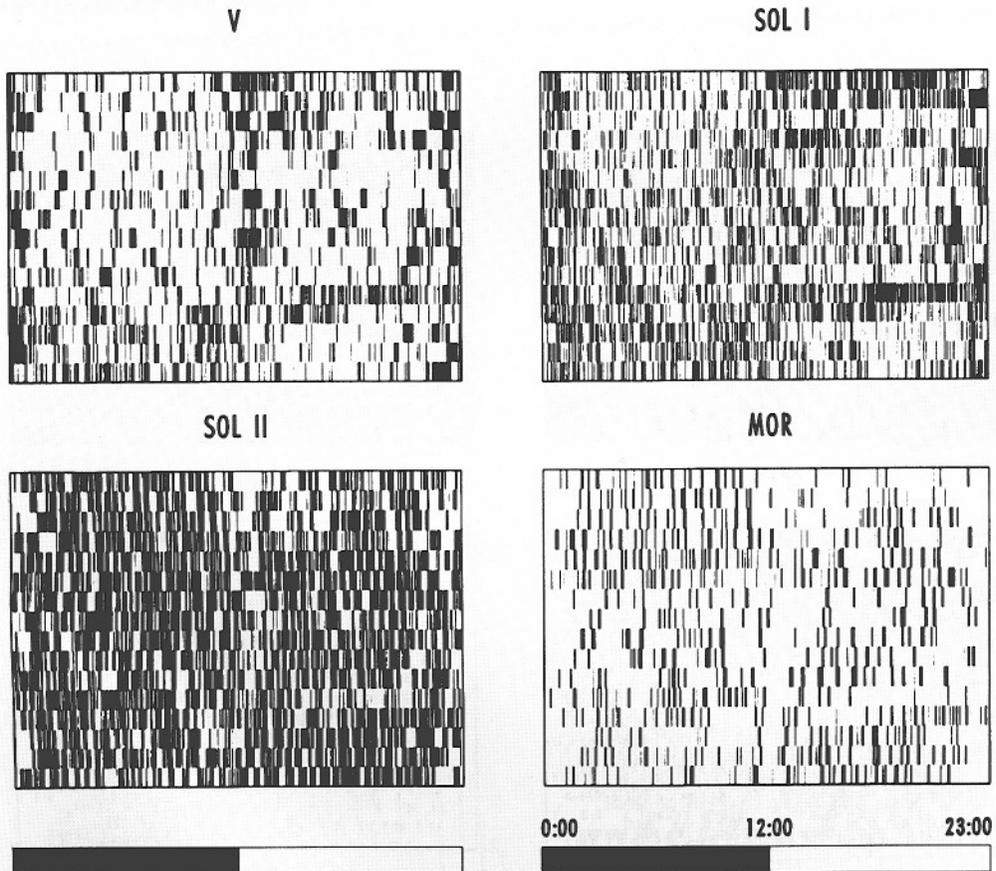


Figura 1. Distribución de las fases del ciclo sueño-vigilia, en registros de 23 horas de cuatro gatos estudiados en el ciclo O-L. Obsérvese que en el periodo de 0-12 horas hay mayor ocurrencia de sueño MOR y menor ocurrencia de V. Las barras negras verticales representan la ocurrencia de la fase. La barra horizontal indica el tiempo de distribución de los periodos de luz (L) y oscuridad (O).

osciladores circadianos en el gato. Existen datos contradictorios con respecto a la distribución temporal y cuantitativa sueño-vigilia en este animal. Debido en parte a una variabilidad individual entre los gatos y a la diferencia en las condiciones de registro (15). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es identificar y describir la distribución temporal de las fases del ciclo sueño-vigilia de gatos libres de movimiento, en registros de 23 horas, en ciclos de luz-oscuridad (L-O) 12:12 horas y oscuridad-luz (O-L) 12:12 horas.

Método

Los experimentos se llevaron a cabo en ocho gatos adultos machos entre 3.8 y 4.1 kg de peso, crónicamente implantados. La preparación quirúrgica se llevó a cabo bajo anestesia con pentobarbital (33 mg/kg) intraperitoneal. Todos los gatos fueron preparados para registros convencionales de sueño con electrodos epidurales de acero inoxidable en ambas cortezas prefrontales (C x Pf), en ambas cortezas visuales (C x V) y en el arco supra-orbital derecho para el registro del electrooculograma (EOG). Para el electromiograma (EMG) se registraron los músculos de la nuca. Además se implantaron electrodos bipolares de acero inoxidable en ambos cuerpos geniculados laterales (CGL) para el registro de las ondas ponto-geniculo-occipitales

(PGOs) y en ambas amígdalas (AM) de acuerdo al Atlas Estereotáxico de Snider y Niemer (12). Todos los electrodos fueron soldados en un conector de 25 pin que fue fijado en el cráneo con cemento dental.

Todos los animales recibieron tratamiento con antibióticos (penicilina G, procaína) y complejo B, durante 5 días después de la cirugía. Tuvieron un periodo de recuperación postoperatorio de 15 días en cajas sonoamortiguadas de madera con fibra de vidrio (105 x 69 x 74 cm) y una doble puerta de cristal transparente y madera. Durante este tiempo cuatro gatos fueron habituados a un periodo de O-L 12:12 horas (8:30 am -8:30 pm oscuridad y 8:30 pm -8:30 am luz) y otros cuatro gatos se habituaron a un periodo de L-O 12:12 horas (8:30 am - 8:30 pm luz y 8:30 pm - 8:30 am oscuridad). Para mantenerlos en oscuridad se cerraron las dos puertas de la caja, y en el periodo de luz, se abrió sólo la puerta de madera, manteniendo la iluminación con la luz habitual del laboratorio. En ambos casos los animales recibieron agua y alimento *ad libitum*. La limpieza de la caja y la puesta de alimento se realizó diariamente de 7:30 a 8:30 am.

Procedimiento

Todos los animales se sometieron a registros polisomnográficos de 23 horas dos veces por semana

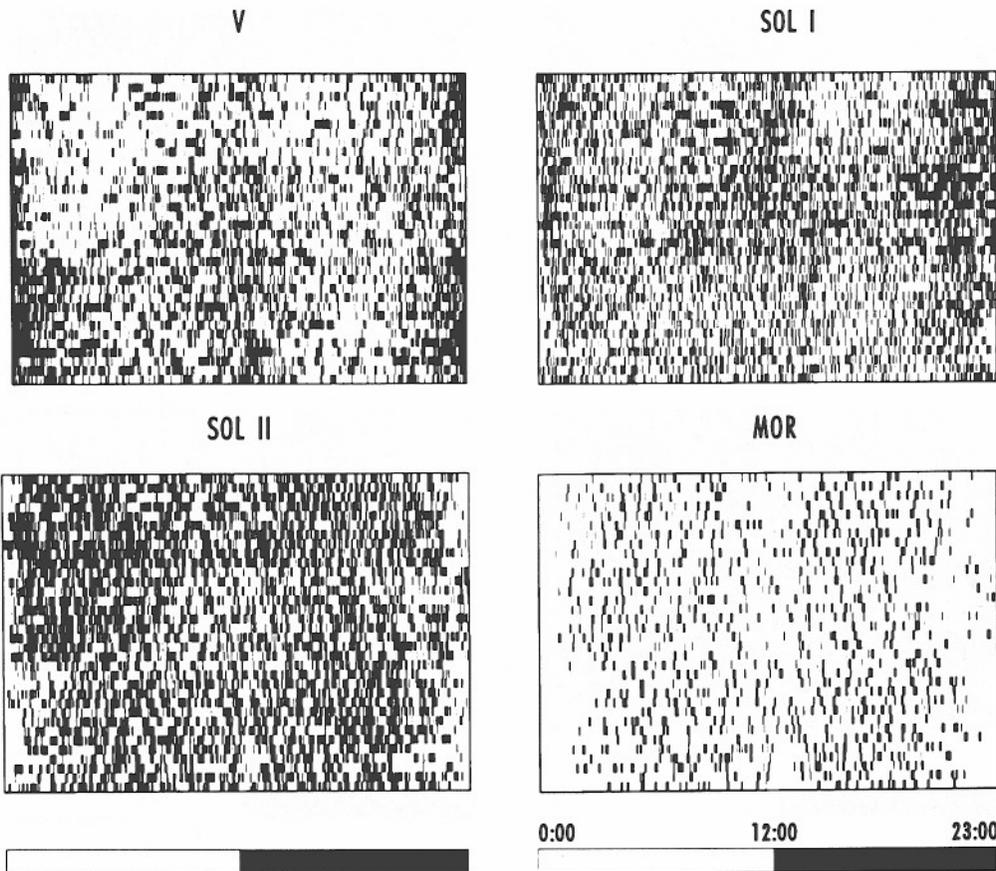


Figura 2. Como la figura 1, otros cuatro gatos estudiados en el ciclo L-O. Es más claro el aumento del MOR en el periodo de luz.

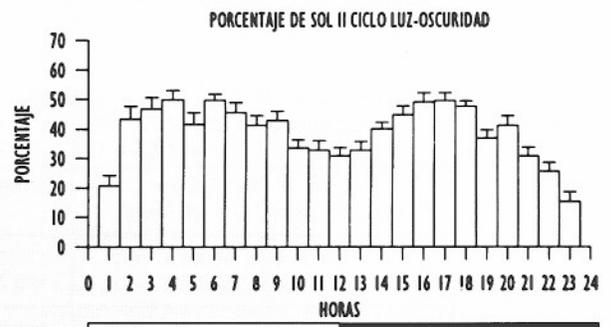
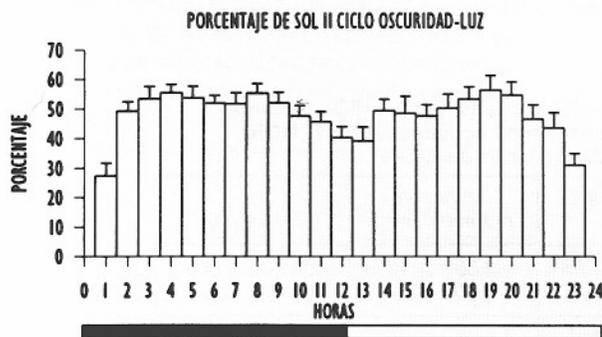
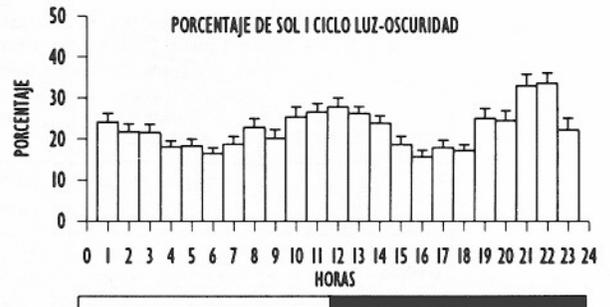
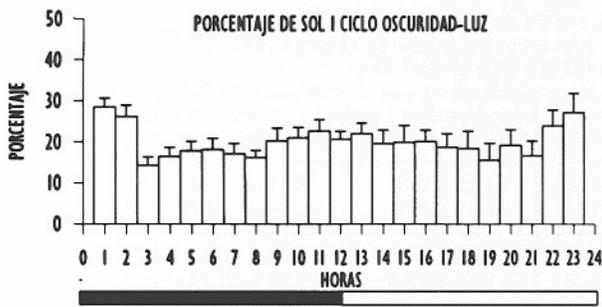


Figura 3. Las barras verticales representan los valores promedio del porcentaje por hora (+ error estándar) de SOL I y SOL II en los ciclos O-L y L-O (ver texto)

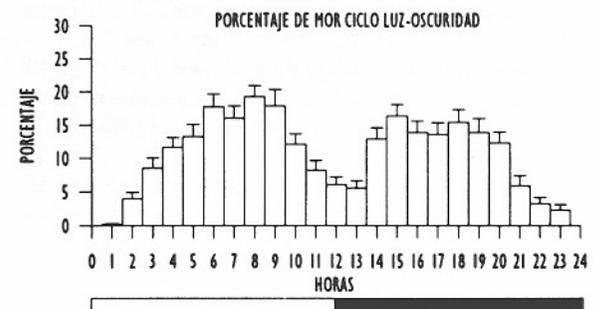
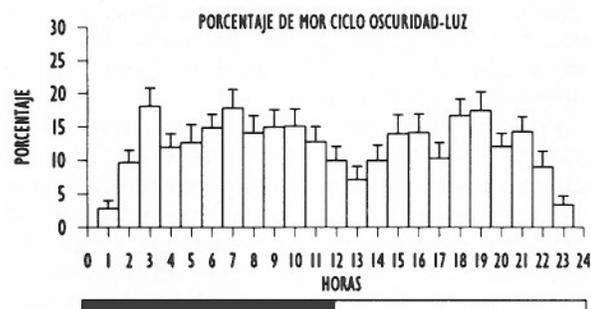
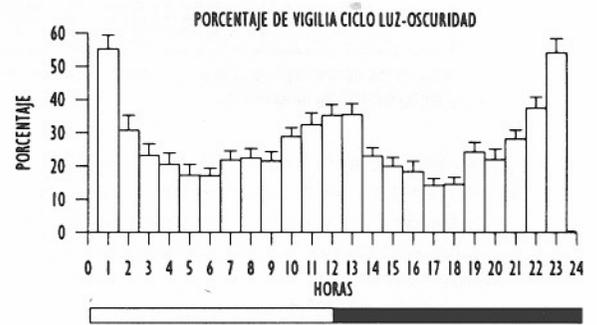
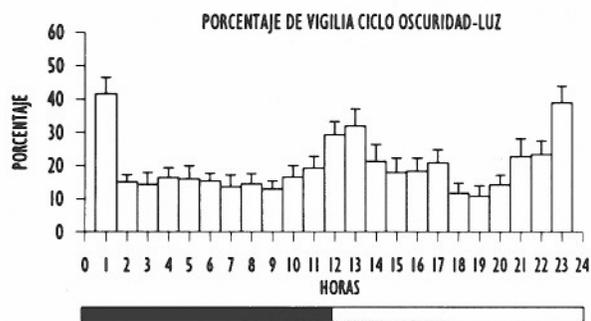


Figura 4. Las barras verticales representan los valores promedio del porcentaje por hora (+ error estándar) de V y MOR en los ciclos O-L y L-O. Obsérvese la relación inversa del MOR y la V.

CUADRO 1
Promedio de las variables de vigilia (V), sueño de ondas lentas I (SOL I)
sueño de ondas lentas II (SOL II) y sueño de movimientos oculares rápidos (MOR)
en periodos de oscuridad (O) y luz (L), con el ciclo O-L.

Fases de sueño		Numero de fases	Tiempo total (min)	Duración promedio (min)	Porcentaje
W	O	37.62 ± 17.18	134.76 ± 44.96	3.90 ± 1.16	18.71 ± 6.24
	L	36.12 ± 21.96	137.94 ± 50.42	4.51 ± 2.08	20.90 ± 7.64
SWS-I	O	83.06 ± 27.77	142.71 ± 36.60	2.03 ± 0.99	19.79 ± 5.10
	L	73.93 ± 31.96	131.60 ± 67.83	1.76 ± 0.43	19.93 ± 10.27
SWS-II	O	70.06 ± 15.15	349.91 ± 49.17	7.05 ± 6.72	49.62 ± 5.18
	L	59.56 ± 17.67	313.63 ± 74.33	5.96 ± 2.81	47.52 ± 11.26
REM	O	18.12 ± 8.29	92.35 ± 32.62	4.86 ± 1.41	12.82 ± 4.53
	L	15.62 ± 6.05	76.80 ± 31.13	5.12 ± 1.92	11.63 ± 4.71

Los datos están expresados por la media ± desviación estándar.

CUADRO 2
Promedio de las variables de vigilia (V), sueño de ondas lentas I (SOL I), sueño
de ondas lentas II (SOL II) y sueño de movimientos oculares rápidos (MOR)
en periodos luz (L) y oscuridad (O), con ciclo L-O.

Fases de sueño		Numero de fases	Tiempo total (min)	Duración promedio (min)	Porcentaje
W	L	48.44 ± 12.01	170.36 ± 61.55	3.62 ± 1.42	25.81 ± 10.89
	O	52.88 ± 11.81	193.35 ± 78.41	3.66 ± 1.29	26.85 ± 9.32
SWS-I	L	91.79 ± 12.05	159.61 ± 37.69	1.73 ± 0.31	22.16 ± 5.23
	O	82.47 ± 13.27	160.18 ± 47.08	1.92 ± 0.37	24.27 ± 7.13
SWS-II	L	62.47 ± 9.52	293.3 ± 67.65	4.71 ± 0.91	40.73 ± 9.39
	O	55.20 ± 10.76	245.87 ± 46.83	4.53 ± 0.84	37.25 ± 7.09
REM	L	14.26 ± 4.13	83.49 ± 29.21	5.74 ± 1.18	12.65 ± 4.42*
	O	12.90 ± 3.65	73.49 ± 20.36	5.86 ± 1.38	10.20 ± 2.82

Los datos están expresados por la media ± desviación estándar.

*P<0.008 ("t" de student).

(martes y jueves), iniciando a las 8:30 am. Los animales se registraron con un polígrafo (Grass mod 78), con un conector de 25 pin unido a 3 metros de cable telefónico flexible, lo que permitió que los gatos estuvieran libres de movimiento durante los registros.

Se obtuvo un total de 50 registros. Cuatro gatos se registraron en el ciclo O-L y cuatro en el ciclo L-O. Los registros se calificaron visualmente de acuerdo al manual de Ursin y Sterman (18) y se realizó un hipnograma* por cada registro.

Se analizaron las siguientes variables: número de apariciones (NF), porcentaje de duración (%), promedio por cada aparición (\bar{x}) y tiempo total (TT) de cada una de las fases, por cada hora de los ciclos O-L y L-O. También se realizó el análisis de periodos de 0-12 y de 12-23 horas de registro. Para la evaluación estadística fue utilizado el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba t de Student.

Los hipnogramas, los valores numéricos y el cálculo de todas las variables se realizó por medio de un programa de computación (*winsleep*) desarrollado en nuestro laboratorio.

*Distribución en el tiempo de las fases de sueño. El eje X representa el tiempo de registro y el eje Y, la ocurrencia de las fases.

Resultados

En el análisis cualitativo de los hipnogramas de 23 horas se observó que la distribución de las fases del ciclo sueño-vigilia es similar en los ocho gatos en ambas condiciones de registro (fig. 1 y 2).

En el promedio de los datos obtenidos, hora por hora, para cada uno de los periodos, se encontró que la distribución de SOL I y SOL II es constante (fig. 3), es decir, los valores no varían. El MOR y la V presentaron mayor variabilidad en las 23 horas (fig. 4). La V fue mayor al inicio y al final de los registros y en los periodos de transición de oscuridad a luz y de luz a oscuridad, en estos periodos el MOR fue menor. En las horas en que el MOR alcanzó sus máximos valores la V disminuyó notablemente.

En el análisis de los promedios de los periodos de 0-12 y de 12-23 horas de registro (cuadros 1 y 2), se observó que existe un mayor % del sueño MOR de 0-12 horas de registro y la V tuvo un mayor % de 12-23 horas, sin importar el ciclo al cual se haya sometido al gato (O-L o L-O) (fig. 5), aun cuando en el periodo de luz del ciclo L-O se encontró una diferencia significativa en el % del sueño MOR (P < 0.008). En SOL I y SOL II no se encontró diferencia significativa entre los

periodos de luz y oscuridad en cada una de las condiciones de registro (fig. 6).

Por último se encontró que el tiempo total de sueño (SOL I + SOL II + MOR) (fig. 6) es significativamente mayor de las 0-12 horas de registro ($P < 0.007$) (cuadro 3).

Discusión

El aumento de la V en los periodos de transición de luz y oscuridad es similar al descrito por otros autores (4,5,7,15), hallándose también una disminución del MOR en estos periodos. Lo anterior es importante destacar, dado que se ha reportado (17) en registros de 24 horas en gatos privados de sueño, que la mayor aparición de MOR está en función del aumento de SOL II. Sin embargo, la relación inversa entre la V y el MOR, muestra que la mayor ocurrencia del sueño MOR está en función de la disminución de la V y viceversa, puesto que en SOL I y SOL II no se presentan variaciones significativas con el aumento del sueño MOR ni con el aumento de V.

Se concluye que el ciclo sueño-vigilia del gato mantiene un patrón independiente de los periodos de oscuridad y luz, presentando mayor cantidad de sueño en las primeras horas de registro. Esto concuerda con reportes donde se realizaron registros de L-0 12:12 horas (4,5), no obstante, es difícil asegurar que esto se deba únicamente al indicador ambiental de la luz, pues en nuestros registros donde los animales perma-

CUADRO 3
°Tiempo total de sueño de 0-12 h y de 12.23 h.
'Tiempo total de sueño de 0-12 h y de 12-23 h
en periodos de luz (L) y oscuridad (O).

0-12h°	543.8818 ± 73.2545*
12-23h°	496.3184 ± 63.395
0-12h (L)'	548.5159 ± 72.4716
0-12h (O)'	584.0737 ± 44.7756
12-23h (O)'	485.0906 ± 65.5624
12-23h (L)'	520.1775 ± 52.7161

Los datos están expresados por la media en minutos ± desviación estándar.

* $P < 0.007$ (*t Student).

necen en la oscuridad las primeras 12 horas, presentaron esta misma tendencia aunque con menor intensidad. Por lo que se sugiere que los cambios circadianos de luz y oscuridad actuarían como reforzadores de un ritmo endógeno.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los señores Alejandro Rubio Luviano y Alfredo Martínez Rojas por su excelente asistencia técnica, al señor Raúl Cardoso por la elaboración de las ilustraciones y al psicólogo Roberto Sánchez por su colaboración. Este trabajo fue subvencionado parcialmente por CONACYT 3605-N, DGAPA-UNAM IN-202894, IMP-SSA 3210 y PUIS-UNAM.

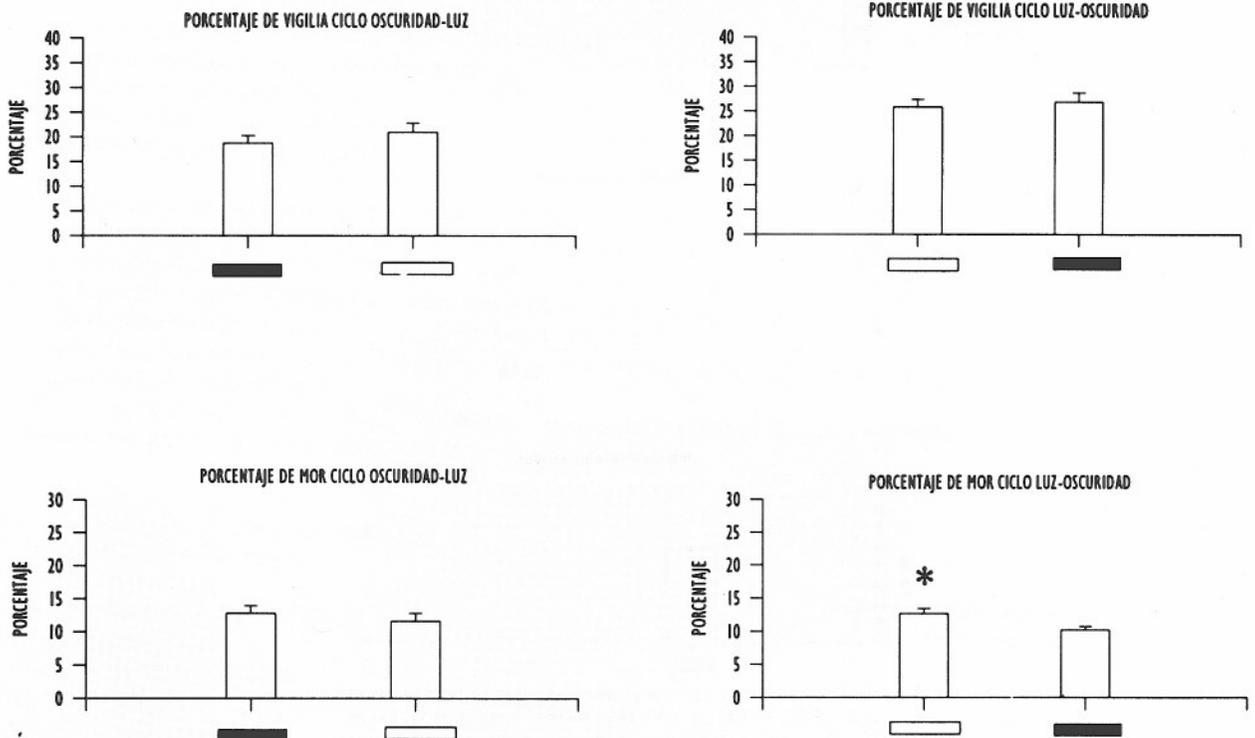


Figura 5. Las barras verticales representan los valores promedio de 12 horas, del porcentaje (+ error estándar) de V y sueño MOR, en los ciclos O-L y L-O. Sólo se observa diferencia significativa de sueño MOR, en el periodo de luz en el ciclo L-O (* $p < 0.008$).

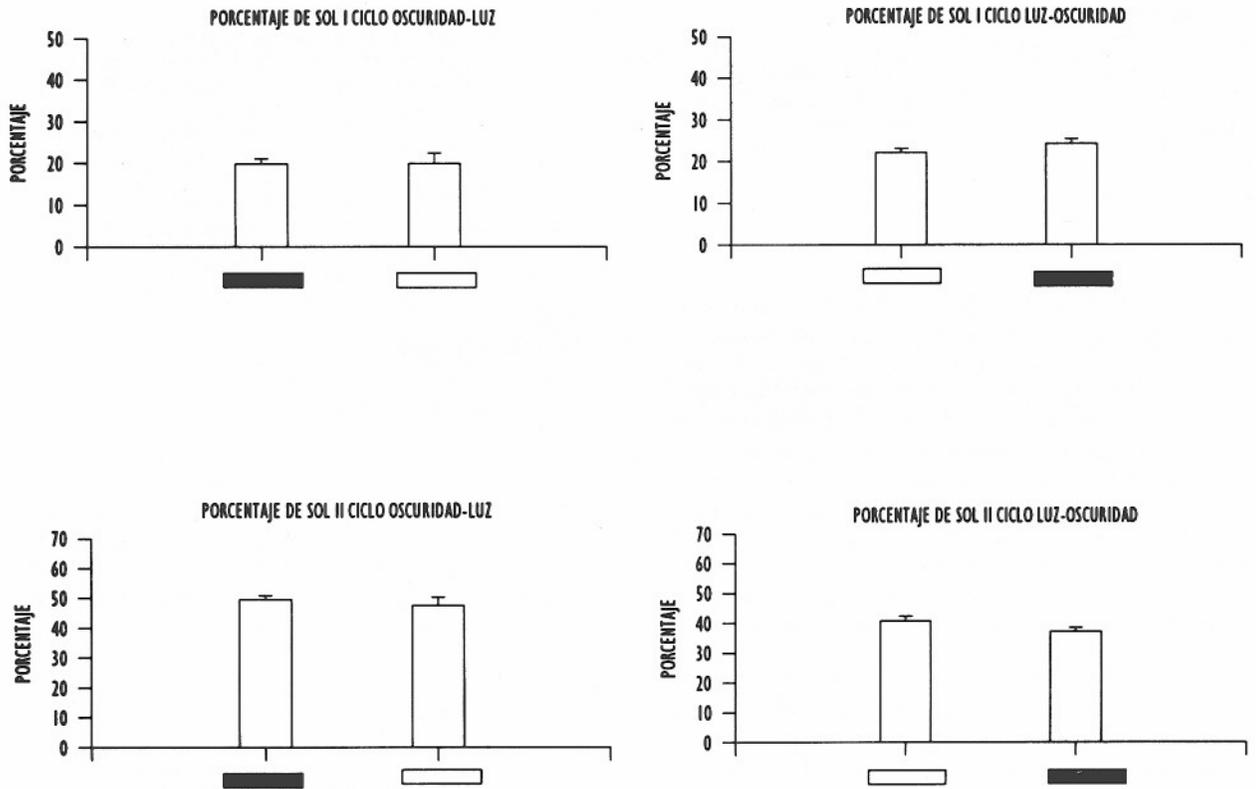


Figura 6. Las barras verticales representan los valores promedio de 12 horas, del porcentaje (+ error estándar) de SOL I y SOL II, en los ciclos O-L y L-O. Nótese que no hay diferencia entre los periodos de luz y oscuridad.

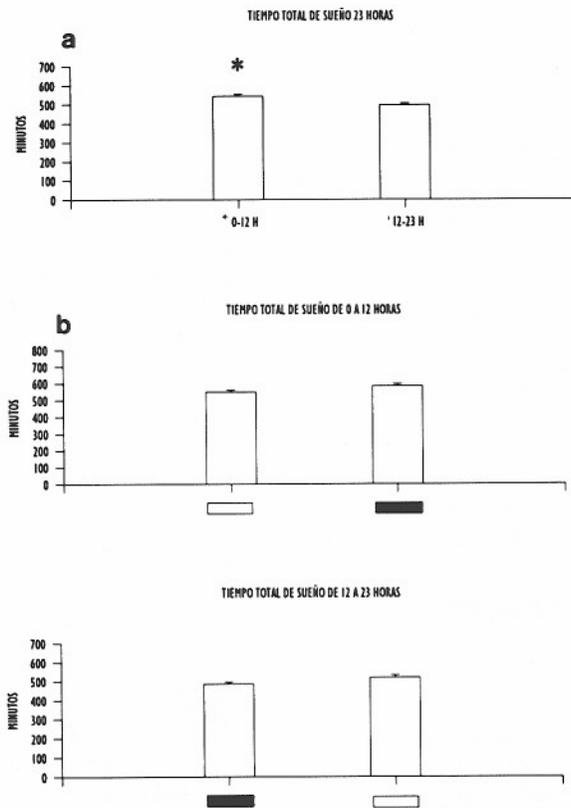


Figura 7. Las barras verticales representan el tiempo total de sueño (SOL I + SOL II + MOR) (+ error estándar), a) En el ciclo sueño-vigilia (+8:30 am -8:30 pm, '8:30 pm -7:30 am) (* $p < 0.007$) y b) En periodos de luz (L) y periodos de oscuridad (O).

REFERENCIAS

1. BORBELY AA, NEUHAUS HU: Sleep-deprivation: effects on sleep and EEG in the rat. *J Comp Physiol*, 133:71-87, 1979.
2. BOWERSOX S, BAKER T, DEMENT W: Sleep-wakefulness patterns in the cat. *Electroenceph clin Neurophysiol*, 58:240-252, 1984.
3. DIJK DJ, DAAN S: Sleep EEG analysis in a diurnal rodent: *Eutamias sibiricus*. *J Comp Physiol*, 165:205-215, 1989.
4. KUWABAPA N, SEKI K, AOKI K: Circadian sleep and brain temperature rhythms in cats under sustained daily light-dark cycles and constant darkness. *Physiol Behav*, 38:283-289, 1986.
5. LANCEL M, RIEZEN H, GLATT A: Effects of circadian phase and duration of sleep and EEG power spectra in the cat. *Brain Res*, 548:206-214, 1991.
6. LUCAS EA: A study of the daily sleep and waking patterns of the laboratory cat. *Sleep Res*, 7:142, 1978.
7. LUCAS EA: Effects of a short light-dark cycle on the sleep-wake patterns of the cat. *Sleep*, 1:299-317, 1979.
8. MITLER M, LUND R, SOKOLOVE P, PITTENDRIGH C, DEMENT W: Sleep and activity rhythms in mice: A description of circadian patterns and unexpected disruption in sleep. *Brain Res*, 131:129-145, 1977.
9. MOORE-EDE MC, GANDER PH, EAGAN SM, MARTIN P: Evidence for weak circadian in the cat sleep-wake cycle. *Sleep Res*, 10:288, 1981.
10. RUCKEBUSH Y, GAUJOUX M: Sleep patterns of the laboratory cat. *Electroenceph clin Neurophysiol*, 41:483-490, 1976.
11. SALLANON M, JANIN M, BUDA C, JOUVET M: Serotonergic mechanisms and sleep rebound. *Brain Res*, 268:95-104, 1983.
12. SNIDER RS, NIEMER WT: *A Stereotaxic Atlas of the Cat Brain*. University of Chicago Press, Chicago, 1961.
13. STERMAN M B, KNAUSS T, LEHMANN D, CLEMENTE CD: Circadian sleep and waking patterns in the laboratory cat. *Electroenceph clin Neurophysiol*, 19:509-517, 1965.
14. TOBLER I, JAGGI K: Sleep and EEG spectra in the Syrian hamster (*Miscricetus auratus*) under base line conditions and following sleep deprivation. *J Comp Physiol Scand*, 161:449-459, 1987.
15. TOBLER I, SCHERSCHLICHT R: Sleep and EEG slow-wave activity in the domestic cat: effect of sleep deprivation. *Behav Brain Res*, 37:109-118, 1990.
16. URSIN R: The two stages of slow wave sleep in the cat and their relation to REM sleep. *Brain Res*, 11:347-356, 1968.
17. URSIN R: Differential effect of sleep deprivation on the two slow wave sleep stages in the cat. *Acta Physiol Scand*, 83:352-361, 1971.
18. URSIN R, STERMAN MB: *A Manual for Recording and Scoring of the Sleep Stage in the Cat*. Brain Information Service/Brain Research Institute, Los Angeles, 1981.