

176



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

029126

PATRONES DE SUEÑO EN EL CANARIO
(Serinus canarius)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGIA
P R E S E N T A :
LINDA MARICELA MURILLO RODRIGUEZ



DIRECTOR DE TESIS: DR. FRUCTUOSO AYALA GUERRERO

MEXICO, D.F.

2001

FACULTAD DE PSICOLOGÍA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis está dedicada a Mary, mi madre, un ejemplo de dedicación, tolerancia, amor, cariño, ternura y sobre todo firmeza. La mujer más importante en mi vida, mi mejor amiga. Gracias mamá, por impulsarme a ser mejor estudiante, mejor hija y mejor mujer, esta tesis es uno de mis logros inspirados en ti.

A Luis, mi padre, que por tanto tiempo me ha enseñado a vencer las adversidades. Papá ésta es una muestra más de esmero y dedicación, atributos que he aprendido de ti. Gracias por tu cariño, comprensión, apoyo e interés en mi trabajo!

Al Dr. Eric Murillo-Rodríguez, mi hermano, mi mayor influencia y modelo a seguir, Gracias por estar conmigo apoyándome a lo largo de 24 años en las buenas y en las malas, gracias por tus ánimos y sinceridad; por tus acertadas intervenciones y comentarios a este trabajo!

A mi Director de Tesis, Tutor y Maestro: Gracias al Dr. Fructuoso Ayala Guerrero, por dedicarme gran parte de su tiempo y permitirme estar bajo su asesoría. Gracias Doctor por todos sus comentarios que me hicieron ser mejor y sentirme más segura en cada paso, Gracias también por su apoyo y preocupación, en todos los aspectos, incluyendo la realización de este trabajo.

Un agradecimiento especial a la Dra. Graciela Mexicano Medina, una gran mujer y amiga; cuyas sugerencias siempre fueron muy valiosas y por su apoyo en todo momento. Graciela... Gracias por todo tu apoyo en la elaboración de esta tesis, y por permitir que mi estancia en el laboratorio haya sido siempre más placentera.

A mis Sinodales, miembros del Jurado y revisores:

Un especial reconocimiento y agradecimiento a la Dra. Ma. Corsi Cabrera, por sus comentarios, sugerencias y por brindarme un poco de su tiempo, para darle la calidad que este trabajo necesitaba.

También quiero agradecer a la Mtra. Ana E. Díaz de León D' Hers; por su gran amistad, afecto e inquietud en mi trabajo. Gracias Mtra. Ana, por los ánimos que siempre me dio!!!

Gracias al Dr. José Ma. Calvo por sus comentarios y por su sencillez! Gracias Doctor Calvo, por darme la oportunidad; mediante sus sugerencias; de ser mejor y buscar la perfección.

Quisiera también agradecer al Mtro. Alfonso Salgado Benítez, por hacerme un pequeño espacio en su agenda y recibirme siempre con una sonrisa para hacerme comentarios muy acertados.

Aprovecho este espacio para agradecer al Biólogo Leonel Vargas, por su ayuda en la calificación de los registros y en la elaboración del hipnograma; a mis compañeras de laboratorio Carmen Martínez: Gracias por tu apoyo durante los registros y en esos momentos tan difíciles. Mis sinceros agradecimientos a Carmen Alejandra Herrera por su compañía y apoyo durante los largos registros nocturnos; y a Ivonne Espitia; por su generosidad.

Un agradecimiento especial a Jazmín Yáñez González, por su gran amistad, y aunque estés lejos amiga, eres mi gran compañía, gracias por tus consejos, tu experiencia y sinceridad, que me han dado un gran ejemplo! Gracias por la amistad tan hermosa que hemos compartido durante 9 años!

A mis amigas: Un sincero agradecimiento a Verónica Rojas e Ines Chávez, por acompañarme en los momentos más difíciles, por su paciencia, por sus consejos y por su amistad incondicional!! Gracias AMIGUITAS! Esta tesis se logró mediante un gran esfuerzo y apoyo de grandes amigas como Ustedes. A mis amigos y futuros médicos: Alfonso Torres Rojo (mi sincero y gran amigo) y Osbelia Martínez Gudiño; gracias por todos esos momentos de alegría que hemos venido compartiendo juntos desde los 6 años. A Paola Peralta, por tu franqueza y sencillez, cualidades que aprendí de ti.

A la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México, mi más sincero agradecimiento por darme la oportunidad de formarme como una profesionista dedicada a los principios de nuestra Máxima Casa de Estudios. A todos los profesores que me apoyaron desde el 1er momento en que ingresé a la Facultad y me inspiraron a continuar en esta larga batalla.

Gracias a mis lindos canarios (por su participación) y por su actual compañía! Sin ustedes no habría logrado este trabajo. También quiero agradecer a Greenpeace, por influirme a conservar nuestro medio ambiente!

Y finalmente, pero no por eso los menos importantes: Abyss, Landa y Kernel , mis consentidos! Sin ellos la vida sería muy aburrida!!!

**Las aves han ayudado a los hombres
durante miles de años, desde los ánsares,
cuyos chillidos de advertencia salvaron a Roma,
hasta los canarios, que en las minas de carbón
fueron empleados para avisar a los mineros
de las filtraciones de gas metano...**

Dean Amadon

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1.- Generalidades del ciclo Sueño - Vigilia	1
ESTADOS DE VIGILANCIA	8
2.1.- VIGILIA	8
2.1.1.- Características Conductuales	8
2.1.2.- Electrofisiología	8
2.1.3.- Fisiología de la Vigilia	9
2.2.- SUEÑO DE ONDAS LENTAS	11
2.2.1.- Características Conductuales	11
2.2.2.- Electrofisiología	12
2.2.3.- Fluctuaciones cardiovasculares	13
2.2.4.- Fluctuaciones respiratorias	13
2.2.5.- Mantenimiento de la temperatura	14
2.2.6.- Fisiología del Sueño de Ondas Lentas	14
2.3.- SUEÑO DE MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS	15
2.3.1.- Características generales	15
2.3.2.- Características conductuales	17
2.3.3.- Características cuantitativas	17
2.3.4.- Electrofisiología	18
2.3.5.- Eventos Tónicos	18
Desincronización cortical	19
Ritmo Theta	19
Atonía Muscular	19
2.3.6.- Eventos Fásicos	20
Mioclonías	20
Movimientos Oculares Rápidos	20
Actividad PGO	21
2.3.7.- Fluctuaciones cardiovasculares	23
2.3.8.- Fluctuaciones respiratorias	23
2.3.9.- Mantenimiento de la temperatura	24
2.3.10.- Fisiología del Sueño de Movimientos Oculares Rápidos	24
SUSTANCIAS REGULADORAS QUE PARTICIPAN EN EL SUEÑO	26
TEORÍAS ACERCA DE LA FUNCIÓN DEL SUEÑO	28
FILOGENIA DEL SUEÑO	34
5.1.- AVES	38
5.1.1.- Clasificación y características generales de las aves	39
5.1.2.- El canario (<i>Serinus canarius</i>)	41
5.2.- ELECTROFISIOLOGÍA DE LAS AVES	43
MATERIAL Y MÉTODOS	54

6.1.- Planteamiento del problema	54
6.2.- Hipótesis	55
6.3.- Variables	55
6.3.1.- Variables Independientes	55
6.3.2.- Variables Dependientes	55
6.4.- Definición conceptual de variables	55
6.4.1.- Canarios	55
6.4.2.- Condiciones de laboratorio	56
6.4.3.- Patrones de sueño	56
6.5.- Definición operacional de variables	56
6.5.1.- Canarios	56
6.5.2.- Condiciones de laboratorio.....	57
6.5.3.- Patrones de sueño	57
6.6.- Muestra	57
6.7.- Muestreo	58
6.8.- Tipo de estudio	58
6.9.- Diseño	58
6.10.- Escenario	58
6.11.- Materiales	59
6.12.- Procedimiento	59
6.13.- Análisis Estadístico de los datos	60
II.- RESULTADOS	61
7.1.- Estados de Vigilancia	61
7.1.1.- Descripción conductual	61
7.1.2.- Electrofisiología	63
7.1.3.- Resultados Cuantitativos	66
III.- DISCUSIÓN	73
IV.- CONCLUSIONES	78
V.- SUGERENCIAS Y LIMITACIONES	79
VI.- APORTACIONES	81
VII.- BIBLIOGRAFÍA	82

I.- INTRODUCCIÓN.-

1.1.- Generalidades del Ciclo Sueño-Vigilia.

La conducta puede ser estudiada y comprendida mediante el empleo de cuatro perspectivas; y éstas son: 1) descripción de la conducta, 2) estudio evolutivo de la conducta, 3) estudio descriptivo del desarrollo de la conducta a lo largo del ciclo vital, y 4) establecimiento de los mecanismos biológicos de la conducta.

También podemos adoptar otro enfoque descriptivo que consiste en considerarla desde tres escalas de tiempo diferentes. En la escala de tiempo de la evolución, la pregunta se centra en cómo ha evolucionado tanto la conducta como sus mecanismos, así como su valor adaptativo. En la escala del ciclo vital, el desarrollo de la conducta y sus mecanismos son de interés principal. Por último, en el presente inmediato, podemos preguntarnos cómo operan los mecanismos para producir la conducta que observamos (Rosenzweig, M.R., y col., 1992). Las perspectivas anteriores servirán como una aproximación y estudio de la conducta de sueño del presente trabajo.

Por lo anterior, primero debemos tener en cuenta, que una de las principales características de los sistemas vivos, es la ritmicidad periódica que presentan en algunas de sus funciones. Los periodos de los distintos ritmos biológicos varían en una escala muy amplia que va desde poco más de un milisegundo hasta cerca de un año. Los ritmos biológicos se dividen según su frecuencia en 3 grupos: Los que oscilan en periodos menores a 24 hrs., llamados ritmos ultradianos o de frecuencia rápida; en otros casos, los ritmos que varían en periodos de/o cercanos a 24 hrs., llamados ritmos circádicos; y finalmente los

denominados ritmos infradianos, que oscilan en un periodo mayor a 24 hrs. (Halberg, 1960).

En los ritmos de nuestro interés (circádicos y ultradianos), el papel que juega la iluminación es de gran importancia; pues la luz sirve de Zeitgeber, literalmente un marcador de tiempo, un estímulo que sincroniza un ritmo endógeno y el reloj circádico. Existe la evidencia que, al menos en animales experimentales, el reloj biológico primario está localizado en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo. Éste contiene vías que sirven para emparejar a los animales al ciclo externo de luz-obscuridad. El mecanismo mediante el cual el sol sale y se mete, sincroniza al reloj endógeno al tiempo local, y a las células del núcleo supraquiasmático. (Kelly, D., 1991).

El ciclo sueño-vigilia ha sido subdividido en las siguientes fases: Vigilia (VIG), Sueño de Ondas Lentas (SOL) y Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR). Estas fases presentan patrones conductuales, electrofisiológicos y bioquímicos diferentes.

Conductualmente el sueño se caracteriza por:

- a) la adopción espontánea de una postura determinada que depende de la especie, inmovilidad conductual,
- b) umbral elevado para responder a estímulos del medio ambiente y,
- c) reversibilidad rápida de la conducta con estimulación supraumbral

Debido a la necesidad para dormir, se han formulado varias hipótesis que tratan de explicar qué es el sueño. Por ejemplo, durante mucho tiempo se ha concebido al sueño como una etapa en la cual reponemos la energía gastada durante nuestras múltiples actividades realizadas durante el día, el sujeto se

desconecta de la realidad para entrar en un mundo de fantasías y deseos según la Teoría Psicoanalítica de Freud.

Las primeras hipótesis formularon que el sueño era un fenómeno pasivo (Hipótesis Pasiva) y que era resultado de la supresión del estado de vigilia. De tal forma que el sueño se presentaba como una consecuencia directa de la eliminación de los factores responsables de la vigilia (Bremer, F., 1935; citado por Corsi-Cabrera, M., 1983).

Los hallazgos de Frederic Bremer en 1935 y 1937 (citado por Corsi-Cabrera, 1983) con sus preparaciones de "cerebro aislado" y "encéfalo aislado" apoyaron aún más la idea del sueño como fenómeno pasivo, conocida también como la Teoría de la desafrentización, al demostrar que en el "cerebro aislado" los gatos mantenían un estado de coma irreversible con una actividad cerebral sincronizada propia del animal dormido, mientras que en el "encéfalo aislado", el animal se mantenía con una actividad cerebral normal en la que se alternaban los periodos de sueño y de vigilia y que podía activarse con estímulos sensoriales.

Bremer afirmó que la preparación del "cerebro aislado", dormía incesantemente por que no recibían suficientes aferencias sensoriales que lo activara. En contraste, la transección entre el bulbo raquídeo y la médula espinal preservó una aferencia sensorial de los nervios craneales, particularmente del quinto (Trigémino) y del octavo (Vestíbulo coclear), y que esta aferencia preservaba el ciclo sueño-vigilia. Para apoyar tal interpretación, Bremer mostró que si los nervios craneales del tallo cerebral eran cortados en una preparación de "encéfalo aislado", resultaba un estado de sueño continuo similar al del "cerebro aislado".

En 1949, Giuseppe Moruzzi y Horace Magoun llevaron a cabo estos mismos experimentos, dudando respecto a los resultados de Bremer; y señalaron que la aferencia más importante para el mantenimiento de la VIG, no era de vías somatosensoriales, sino que provenía de la formación reticular (FR) del tallo cerebral. Para probar lo anterior, primero demostraron que la estimulación eléctrica del núcleo reticular del tallo cerebral, pero no de sus vías, producía activación cortical de larga duración, marcada por una sustitución de la actividad cortical lenta por actividad rápida; mientras que las lesiones de la FR, pero no de las vías sensoriales, producía la pérdida de la activación cortical, sustituida por activación cortical de baja frecuencia e inmovilidad conductual, tal y como en un estado comatoso.

Hasta ahora la técnica electroencefalográfica (EEG) ha posibilitado la descripción del sueño en un amplio abanico de especies. Se observa, por ejemplo, durante la VIG los animales presentan conductas típicas de su especie así como una actividad electrográfica rápida de bajo voltaje junto con elevado tono muscular; durante el SOL la actividad cerebral está constituida por ondas de gran amplitud y baja frecuencia disminuyendo la actividad muscular; mientras que durante el SMOR la actividad electrográfica se caracteriza por una actividad de ondas rápidas y de bajo voltaje como se observa en el electroencefalograma (EEG). La actividad del EMG se reduce hacia el SMOR, presentándose fuertes sacudidas musculares en las extremidades, llamadas mioclonías (Timo-laria, C., y cols., 1970).

Los movimientos oculares observados en el electrooculograma (EOG) disminuyen en frecuencia de la VIG al SOL y, aparecen abruptamente formando ráfagas durante el SMOR (Timo-laria, C., y cols., 1970).

La transición de SOL a VIG tiene una duración corta, puesto que dura unos segundos y se caracteriza por presentar una disminución de la amplitud e incremento en la frecuencia de las ondas lentas

del EEG que preceden al tono muscular incrementando abruptamente y los movimientos oculares rápidos que ocurren al despertar; la transición inversa de VIG a SOL no muestra una clara sincronización del EEG ininterrumpida, sino que está marcada por la aparición episódica de ondas en huso. Sólo en los estados más tardíos aparecen las ondas lentas, generalmente uno o varios minutos después de la ocurrencia de los husos.

La transición de SOL a SMOR, en algunos animales, como por ejemplo el gato, está marcada por un periodo corto (1-2 min.) durante el cual el EEG está todavía sincronizado, aún sin indicios de atonía muscular pero con la presencia de ondas ponto-geniculo-occipitales (PGO) de alta amplitud. Cuando el SMOR está completamente desarrollado, las espigas PGO aparecen como potenciales individuales o agrupadas como potenciales de pequeña amplitud, la desincronización cortical es evidente y el tono muscular se abate totalmente además se aprecia una actividad hipocámpica llamada ritmo theta (θ).

Gran parte del conocimiento que se tiene acerca del sueño, ha surgido del estudio realizado en diferentes especies de animales. La mayor parte de la información relacionada con los mecanismos que intervienen en la regulación de este proceso biológico, se ha obtenido de observaciones clínicas realizadas en humanos y de experimentos de lesión, estimulación, farmacológicos y neuroquímicos llevados a cabo principalmente en el gato y en la rata (Ayala-Guerrero, 1997).

El sueño en los vertebrados, como muchos otros procesos biológicos tienen una larga historia filogenética que se expresa por medio de patrones conductuales y electrofisiológicos progresivamente más elaborados de acuerdo al grado de evolución alcanzado por el cerebro (Amlaner, C.J., y col., 1994).

El estudio del sueño en diversas especies animales puede facilitar importante información respecto a la función de éste. En el caso de ciertos animales que poseen características primitivas o arcaicas; los estudios filogenéticos proporcionan claves acerca de las condiciones biológicas y ecológicas originales involucradas en el sueño. Las diferencias cualitativas y cuantitativas respecto a la expresión de SMOR en especies animales existentes, pueden proveer información respecto a la utilidad del SMOR en animales más recientes. La presencia o ausencia del sueño en los animales de nuestros días es una prueba para la creación de nuevas teorías acerca del sueño. Claramente, ninguna teoría respecto a la función del sueño puede ser capaz de explicar la presencia o ausencia del sueño en ciertos animales.

En la actualidad sólo una diminuta fracción de las miles de especies animales existentes ha sido estudiada en aspectos afines al sueño. Consecuentemente, en relación a las aves, es muy difícil llegar a conclusiones decisivas respecto de la evolución del sueño, muchos de estos estudios presentan controversias.

El análisis comparativo del sueño, entre especies de vertebrados con diferentes grados de desarrollo encefálico, podría proporcionar información que facilite la comprensión del papel funcional desempeñado por este proceso biológico.

Dado que los animales difieren ampliamente en las medidas de sueño, se espera que estas comparaciones puedan permitir a los investigadores determinar qué factores controlan la organización temporal y las propiedades periódicas del sueño.

Se han realizado estudios en diversas especies de aves, como palomas (Tradardi, V., 1966; Van Twyver, H., y cols., 1972; Lendrem, D.W., 1984), gallinas (Karmanova, I.G., 1970; Sugihara, K., y cols.,

1973), halcones (Rojas-Ramírez, J., y cols., 1970), pollos (Schlehuber, C.J., et al., 1974), búhos (Berger, R.J., y cols., 1972; Susic, V.T., y cols., 1973), patos (Zepelin, H., y cols., 1982; Lendrem, D.W., 1983), gansos (Dewasmes, G., y cols., 1985), pingüinos (Stahel, C.D., 1984; Buchet., C., y cols., 1986; Dewasmes, G., y cols., 1989), mirlos (Szymczak, J.T., y cols., 1993; Szymczak, J.T., y cols., 1996), grullas (Amlaner, C.J., y col., 1981), periquitos (Ayala-Guerrero, F., 1989), perico verde (Ayala-Guerrero, F., y cols., 1988; Mexicano-Medina, 1991), urracas (Szymczak, J.T., 1987) entre otros; se han obtenido resultados de registros de sueño a niveles electroencefalográficos y conductuales parecidos, pero no idénticos.

Por lo que es necesario realizar estudios de sueño en aves que hasta el momento no han sido reportadas; como el canario; ya que los estudios anteriormente mencionados no representan ni el 0.2% del total de especies de aves existentes.

II.- ESTADOS DE VIGILANCIA.

En la literatura, al ciclo Vigilia – Sueño; y sus fases también se les ha llamado Estados de Vigilancia (Steriade, M., 1999); a lo largo del presente trabajo, se nombrará a la Vigilia, al Sueño de Ondas Lentas y al Sueño de Movimientos Oculares Rápidos, o bien en su conjunto; como Estados de Vigilancia.

2.1.- VIGILIA.

2.1.1.- Características conductuales.

La fase de VIG se divide en: Vigilia Activa y Vigilia Pasiva.

Las características conductuales presentadas en un animal en este estado de vigilancia son: cabeza erguida respondiendo rápidamente a estímulos del medio ambiente, ojos abiertos con pupilas dilatadas, ritmo respiratorio rápido e irregular.

2.1.2.- Electrofisiología.

La VIG alerta, en mamíferos, se caracteriza por una actividad cerebral de frecuencia variable en un rango de 11.5 - 30 Hertz (Hz) con un voltaje medio que varía de 30 a 50 microvolts (μV) o más. La vigilia pasiva se distingue por el contrario por un ritmo rápido y de bajo voltaje, acompañado de actividad de tipo theta de 6 -7 cps en el hipocampo, además de presentar actividad electromiográfica elevada en músculos posturales. El EOG muestra una gran actividad al presentar una cantidad de movimientos

oculares, debido a la exploración continua del medio ambiente y a los estímulos percibidos (Jouvet, 1962; citado por Corsi-Cabrera, 1983).

2.1.3.- Fisiología de la vigilia.

El estado de VIG es mantenido por un sistema de neuronas contenidas en el tallo cerebral, la FR (se localiza en la porción medular del tronco cerebral, ésta se extiende caudalmente hacia la médula espinal y rostralmente hacia el tálamo), con sus núcleos en el tronco cerebral y en el tálamo, y las conexiones de esos núcleos reticulares con estructuras del sistema límbico mesencefálico y la corteza filogenéticamente nueva, participan de manera definitiva en la conducta de sueño; de esta área se deriva el sistema reticular activador mesencefálico que es de naturaleza colinérgica. La FR ha sido referida también como sistema reticular, ya que puede ser subdividida en distintas regiones con determinadas características fisiológicas. Se ha observado que la FR proyecta fibras noradrenérgicas y serotoninérgicas hacia el hipotálamo, subtálamo, cerebro basal y directamente a la corteza así como al hipocampo. Los núcleos mejor conocidos son los denominados genéricamente núcleos del rafe; ya que se hallan colocados en la línea media. En los núcleos reticulares del rafe se describe un total de ocho núcleos: núcleo rafe (n.r.) oscuro, n.r., pálido, n.r., magno, n.r., central superior, n.r., del puente, n.r., dorsal, n.r., lineal intermedio y n.r., lineal rostral.

Las conexiones eferentes se dirigen a la porción rostral del mesencéfalo, al putamen, globo pálido, núcleo caudado y los núcleos anteriores del tálamo. Las conexiones eferentes en dirección caudal, se dirigen en menor cuantía a los segmentos cervicales y dorsales de la médula espinal y a los núcleos fastigial y dentado del cerebelo. Las vías aferentes a los núcleos del rafe proceden de la corteza sensorio

motriz y de la corteza visual: así como del núcleo fastigial del cerebelo y de la médula espinal (Fernández-Guardiola, A., y cols., 1973; Kayama, Y., y col., 1998).

Moruzzi y Magoun (1949) encontraron que la estimulación de la FR (particularmente la FR dorsal y el núcleo del tracto solitario), en animales dormidos con pulsos de alta frecuencia (300 pulsos por segundo) y bajo voltaje, bloqueaban la actividad lenta de alto voltaje y era sustituida por un ritmo rápido y desincronizado característico de la VIG. Ellos observaron que el efecto producido por la estimulación eléctrica dependía del estado conductual que el animal presentara previamente a la estimulación, ya que si el animal estaba dormido, despertaba inmediatamente después de la estimulación; y si estaba despierto, su nivel de VIG aumentaba considerablemente. Moruzzi y Magoun (1949) introdujeron con sus experimentos el concepto de Sistema Reticular Activador Ascendente (SRAA). Con este descubrimiento no se contradijo la Teoría pasiva del sueño o la Teoría de la Desafrentización, sino que solamente se modificó. Ahora el sueño era interpretado como al ausencia de VIG, debido a la falta de estimulación activadora del SRAA y no por la falta de estimulación sensorial.

Entre los neurotransmisores que participan en el control y mantenimiento de la VIG se encuentra la dopamina, la cual está implicada en el despertar conductual y de alertamiento; la norepinefrina (NE) del Locus Coeruleus (LC), la noradrenalina (NA) proyectándose a todo el cerebro anterior y cuya frecuencia de disparo se encuentra incrementada durante la VIG; la acetilcolina (Ach) que juega un papel importante en la activación cortical en VIG y SMOR, y el Glutamato que se asocia con la activación cortical, VIG espontánea o bien al estimular la FR mesencefálica; su liberación incrementa.

Celesia y Jasper en 1966 (citado por Murillo-Rodríguez, E., 1996), reportaron un incremento en la liberación de Ach durante la VIG, encontraron además un aumento en la liberación de este neurotransmisor después de la estimulación de la FR mesencefálica.

2.2.- SUEÑO DE ONDAS LENTAS.

2.2.1.- Características conductuales.

Cuando una persona comienza a dormir, el EEG progresa a través de cuatro fases de ondas lentas a lo largo de un periodo aproximado de 30-45 minutos, y después regresando sobre las mismas fases con un orden a lo largo de la noche. Durante el Sueño de Ondas Lentas (SOL) los músculos están relajados, pero la actividad somática está presente. Para calificar cualquier estado como sueño, éste debe poseer un elevado umbral de activación para la VIG; de otra manera, sólo estaremos observando una VIG relajada.

El SOL presenta patrones conductuales claramente definidos; en la rata; ésta se caracteriza por recostarse sobre su vientre, presenta además, relajación de las membranas nictitantes, la pupila se contrae y se presentan pocos movimientos oculares. La respiración es rítmica, la frecuencia cardiaca comienza a identificarse en relación con la del estado de VIG, y el umbral para reaccionar ante los estímulos se encuentra elevado en comparación con el estado de vigilancia anterior.

2.2.2- Electrofisiología.

En el EEG de una rata, podemos observar la presencia de una actividad lenta, con ondas de frecuencia baja de 2 a 4 cps., y una amplitud elevada (150 a 250 μv); observándose algunas ondas theta de regular amplitud y ondas alfa dispersas que tienden a desaparecer; con estas ondas lentas se presenta una actividad en forma de husos que es característica de esta fase y se conocen como "husos de sueño". La frecuencia de estos husos es de 6 a 12 cps., con un voltaje elevado entre 50 y 300 μv (Timo-laria, C., y cols., 1970). En el registro del EMG, la actividad muscular decremента comparada con la observada en VIG y esta disminución se acentúa conforme avanza el tiempo en el cual el animal permanece en esta fase. El registro del EOG presenta actividad esporádica y lenta (Timo-laria, C., y cols., 1970).

Un signo electrofisiológico que caracteriza a esta fase de sueño está constituido por ondas mono o bifásicas de gran amplitud que reciben el nombre de ondas agudas del vértex cuya frecuencia oscila entre 4 y 7 cps. Las ondas del vértex son electronegativas y se distribuyen simétricamente en ambos hemisferios cerebrales de manera esporádica y frecuentemente están asociadas a estímulos auditivos (Ayala-Guerrero, 1997).

El EEG de un sujeto humano en VIG pero relajado y con los ojos cerrados muestra la presencia de un ritmo llamado alfa (8 - 13 cps) en regiones parieto-occipitales. Cuando aumenta el nivel de relajación el sujeto inicia el sueño, el ritmo alfa desaparece y es sustituido por una actividad de 5 -7 cps y de bajo voltaje (ritmo theta), esta etapa se denomina Fase I; esta fase ocupa aproximadamente la mitad del tiempo total de sueño (TTS). Después de unos minutos, aparece una actividad en forma de husos (14 -16 cps) alternándose con frecuencias rápidas y con unos potenciales de alto voltaje denominados complejos "K" y puntas del Vértex. El tono muscular empieza a disminuir y aparecen un 20% de ondas lentas,

correspondiendo a la Fase II. La Fase III se caracteriza por la presencia de actividad delta (0.5 - 4 cps) mezclada con frecuencias rápidas y de bajo voltaje así como una mayor relajación muscular. En la Fase IV la actividad delta se toma más constante (más del 50%) y es acompañada por una actividad muscular disminuida en comparación con las fases anteriores así como de movimientos oculares lentos. Estas dos últimas fases ocupan aproximadamente el 15% del TTS; además de ser las más profundas del sueño lento (revisado en Ayala-Guerrero, F., 1997).

2.2.3.- Fluctuaciones cardiovasculares.

Durante el SOL, la presión arterial disminuye en el hombre durante los estadios III y IV, el ritmo cardíaco se lentifica y la temperatura cerebral decremента (Orem y Barnes, 1980). Existen estudios que reportan una reducción del 25% del flujo sanguíneo en tallo cerebral y cerebelo, así como una reducción del 18 - 20% en la corteza frontal durante esta fase del sueño (Orem y Barnes, 1980).

2.2.4.- Fluctuaciones respiratorias.

Se ha observado que la respiración durante el SOL se ve disminuida como resultado de una reducción en el metabolismo, debido a un cambio en el control neuronal de la respiración (Kleitman, N., y col., 1933).

Por otro lado, se ha observado que la respiración se presenta de manera muy regular y monótona, la frecuencia es ligeramente baja comparada con la de la VIG (Orem y Barnes, 1980).

2.2.5.- Mantenimiento de la Temperatura.

Kleitman y Doctorsky (1933) notaron que la temperatura corporal en humanos presentaba una ligera disminución durante el SOL. Otros autores han encontrado que la temperatura registrada en la región preóptica se encontraba ligeramente decrementada durante esta fase de sueño (Abrams y Hammel, 1964; citado por Murillo-Rodríguez, E., 1996).

2.2.6- Fisiología del Sueño de Ondas Lentas.

El SOL también recibe el nombre de sueño telencefálico porque las estructuras que están involucradas en él, se encuentran localizadas en el telencefalo; recibe el nombre de sincronizado porque la actividad que se registra es sincrónica; ligero, por que el umbral para despertar es más bajo que el del SMOR; también se denomina sueño NO-MOR por que en esta fase no se presentan movimientos oculares rápidos (MOR'S).

Diversos experimentos de lesión y estimulación han permitido identificar las estructuras que intervienen en el control del sueño. Bremer en 1935 estudió dos tipos de preparaciones en el gato:

- a) "encephale isolé" (encéfalo aislado) el cual se produce por la sección entre la parte alta de la médula y el bulbo raquídeo, y
- b) "cereveau isolé" (cerebro aislado) que se logra mediante el corte del mesencéfalo por detrás del inicio de los nervios oculomotores

La preparación del "encéfalo aislado" permitió el estudio de la actividad cortical bajo la influencia de estímulos visuales, auditivos, músculo-cutáneos, olfativos y vestibulares; la preparación "cerebro aislado" permitió solo estudiar la influencia sensorial olfativa y visual características propias de cada caso, así como los cambios en el EEG. Bremer describió que la supresión de impulsos aferentes, producidos por el corte a nivel mesencefálico, los impulsos visuales y olfativos no eran suficientes para mantener al animal en un nivel óptimo de VIG ya que se había seccionado la mayor parte de las proyecciones de información sensorial proveniente del rostro y del cuerpo.

En conclusión, podemos afirmar que las áreas involucradas, tanto en la generación como en el mantenimiento del SOL son: el hipotálamo anterior, el área preóptica, el cerebro basal anterior, parte del tallo cerebral, ganglios basales, núcleo del tracto solitario y la corteza cerebral.

2.3.- SUEÑO DE MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS.

2.3.1.- Características generales.

También se le ha llamado sueño romboencefálico, por el hallazgo de Jouvet de la integración reticular protuberancial de esta fase. Numerosos estudios apoyan que del Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR) depende una actividad serotoninérgica presente en vigilia, que promueve la formación de péptidos hipofisarios en el hipotálamo, que activa las estructuras de la región pontina del tallo cerebral, donde se integran los mecanismos del SMOR.

Existen tres relaciones significativas, que han sido descritas en la mayoría de las especies de mamíferos; una es que la duración del SMOR está correlacionada positivamente con el TTS (Ayala-Guerrero, 1997). Una segunda correlación, se refiere a que los animales altriciales (aquellos nacidos en un estado relativamente inmaduro) presentan mayores cantidades de SMOR desde el nacimiento. Un tercer y último factor que se ha encontrado, es la seguridad del sitio para dormir. Los animales predadores o bien, animales con sitios seguros para dormir presentan grandes cantidades de SMOR (Siegel, 1995).

El hecho de que mientras más inmaduro sea el animal al nacer mayor es el tiempo ocupado en SMOR en la vida postnatal es una característica que ha sido descrita en varias especies de mamíferos. Esta alta proporción de SMOR va disminuyendo conforme el organismo madura aumentando al mismo tiempo los porcentajes del SOL y VIG hasta alcanzar una actividad cerebral más desarrollada (revisado en Ayala-Guerrero, 1997).

Han existido numerosos intentos de correlacionar la duración del SMOR con la temperatura del cuerpo, presencia de hibernación, estilo de vida, tamaño cerebral, peso del cerebro, peso del cuerpo, así como otras variables; pero ninguna de éstas se correlaciona tan fuertemente como las descritas anteriormente.

La privación de SMOR durante varias noches, es seguida por un incremento compensatorio, caracterizado por una pronta iniciación, así como duración y frecuencia incrementada de los periodos de SMOR. A mayor privación, mayor el rebote de SMOR. La existencia de un mecanismo compensatorio para la recuperación del SMOR privado, sugiere que éste es necesario fisiológicamente (op cit.).

2.3.2.- Características conductuales.

Los animales que se encuentran en este estado de vigilancia presentan ojos cerrados, movimientos rápidos de orejas, vibras y de las extremidades, la respiración irregular y con periodos cortos de apnea.

La posición característica que adopta la rata se denomina "ovillo", ya que enrolla el cuerpo y lo descansa al igual que la cabeza sobre el piso (Swisher, J.E., 1962).

2.3.3.- Características cuantitativas.

En el hombre, la precisión de la ritmicidad del SMOR se repite cada 90 ó 100 minutos. Esta ciclicidad del SMOR, se mantiene aún con la modificación de diversas condiciones; después de la privación de SMOR, la cantidad de éste aumenta, pero no se recupera súbitamente.

En general durante una noche se presentan aproximadamente de 4 a 6 fases de SMOR (Goodenough, D.R., 1978; citado por Roth, T., et al., 1988); la primera de estas fases, es la menos intensa en cuanto a su duración, sus manifestaciones fisiológicas y al contenido de las ensoñaciones, haciéndose las fases subsecuentes, fisiológicamente más intensas y con imágenes oníricas más vívidas (Aserinsky y Kleitman 1953). Los periodos de SMOR ocurren principalmente en la segunda mitad de la noche de sueño, y por lo tanto las horas de la mañana están asociadas frecuentemente con despertares (revisado en Kelly, D., 1991).

Después del primer periodo de SMOR, los intervalos entre los subsecuentes periodos disminuyen a lo largo de la noche, mientras que la duración de cada episodio tiende a incrementar.

2.3.4.- Electrofisiología.

El SMOR en ratas se caracteriza por presentar en el EEG una actividad conocida como ritmo theta (θ) cuya frecuencia varía entre 5 - 8 cps. El voltaje puede variar desde 50 hasta 150 μ V.

Aserinsky y Kleitman (1953) descubrieron otro parámetro característico del SMOR, durante un estudio acerca del parpadeo en los niños durante el sueño, encontraron que resultaba imposible cuantificarlos debido a la gran cantidad de movimientos oculares que aparecían en forma de brotes acompañados de movimientos de todo el cuerpo y, seguidos de absoluta quietud, por esto se le llamó a esta fase de sueño, sueño de movimientos oculares rápidos.

Los fenómenos que se presentaban de manera constante a lo largo del SMOR, han sido divididos en eventos tónicos y eventos fásicos.

2.3.5.- Eventos Tónicos.

Entre los eventos tónicos tenemos la desincronización cortical descrita por Jouvet en 1962, la aparición del ritmo θ y la atonía muscular; entre los eventos fásicos podemos mencionar las mioclonías, los movimientos oculares rápidos y a las ondas ponto - geniculo - occipitales (PGO).

Desincronización Cortical.

En esta fase, el cerebro se caracteriza por presentar una sustitución de actividad lenta de la fase anterior (SOL) por actividad rápida de bajo voltaje; similar a la presentada durante la VIG.

Ritmo Theta.

Este ritmo θ es un patrón electrográfico que presenta una amplitud de 30 - 50 μ V y una frecuencia de 5 a 8 cps, conocido como actividad rítmica lenta y se ha registrado en todas las especies de mamíferos en los que se ha estudiado la actividad eléctrica del hipocampo (Timo-laria, C., y cols., 1970).

Atonia Muscular.

Durante el SMOR se presenta una disminución del tono de los músculos antigravitatorios (Swisher, J.E., 1962) .

Una región del núcleo reticular que se conoce como locus coeruleus (LC) ha recibido importante atención, pues se le atribuye el mantenimiento de la inhibición del tono muscular del SMOR; este núcleo se conecta con los nervios del vago y glossofaríngeo y se ha considerado que participa en el mecanismo respiratorio.

Los axones del LC se unen a los axones de otras neuronas noradrenérgicas de la FR lateral del puente y del mesencéfalo para formar una vía ascendente en el haz medial del cerebro anterior, que va a

terminar en el hipotálamo, tálamo, núcleo amigdalóide y corteza de la circunvolución del cíngulo; y posiblemente también a la corteza cerebelosa.

Del I.C. emergen fibras que hacen relevo en los núcleos reticularis pontis oralis y reticularis pontis caudalis, para llegar a las astas ventrales de la medula espinal y provocan la hiperpolarización de las motoneuronas y con ello, la inhibición del tono muscular. Las neuronas del locus coeruleus se encuentran más activas durante la VIG que durante el SOL (Steriade, M., 1992).

2.3.6.- Eventos Fásicos.

Mioclónías.

Las sacudidas mioclónicas fueron originalmente descritas por Jouvet en 1962 (Corsi-Cabrera, M., 1980). Parece ser que son controladas por los núcleos reticulares pontis caudalis y gigante celularis.

Movimientos Oculares Rápidos.

Con los descubrimientos de Aserinsky y Kleitman (1953) y de Dement y Kleitman (1957) (revisado en Kleitman, N., 1959), en los que refieren que las fases de SOL de alto voltaje son interrumpidas periódicamente por episodios de sueño con una actividad EEG rápida de bajo voltaje de bajo voltaje acompañada de MOR's y relajación muscular, se pudo establecer la existencia de una alternancia periódica entre el SOL y el SMOR. Los MOR's se presentan desde el inicio de la fase del SMOR con una frecuencia de 60 - 70 movimientos por minuto.

La mayoría de estos movimientos oculares durante el SMOR son lentos y siguen un patrón ondulatorio; ligeros sobresaltos de movimientos oculares se superponen a este fondo de movimientos oculares lentos (revisado en Fernández-Guardiola, A., y cols., 1973). Estos MOR's, al igual que la activación fásica del oído medio, están controlados por sobresaltos fásicos de actividad eléctrica que puede ser registrada en animales de una amplia variedad de estructuras del tallo cerebral (puente dorsolateral, núcleo motor del nervio oculomotor, del trigémino y del nervio facial) en el tálamo (núcleo geniculado lateral), y en la corteza visual y auditiva. Estas ondas agudas monofásicas se propagan de manera rostral desde el puente, conocidas como ondas ponto-geniculo-occipital (PGO) (Calvo, J.M., 1991).

Actividad PGO.

Unos segundos antes de finalizar el SOL aparece de manera fásica una actividad electrofisiológica en forma de espigas de alto voltaje ondas rápidas de gran amplitud llamadas ondas PGO. Las ondas PGO fueron registradas originalmente a nivel del puente por Jouvet y Michel (1959) (citado por Corsi-Cabrera; 1983), después a nivel del núcleo geniculado lateral por Mikiten y cols. (1961) (citado por Calvo, 1995). La actividad PGO se propaga bilateralmente hacia los cuerpos geniculados externos del tálamo y hacia diferentes estructuras corticales y subcorticales del sistema visual y auditivo para finalmente generar una actividad en la corteza occipital (Calvo, J.M., 1991).

Los potenciales PGO guardan una estrecha relación con varios fenómenos fásicos periféricos, como las contracciones de los músculos del oído medio, mioclonías de los músculos esqueléticos y modificaciones transitorias de las frecuencia cardiaca y respiratoria (revisado en Calvo, J.M., 1995 y

Fernández-Guardiola, A., y cols., 1973). Durante el SMOR, los potenciales PGO activan a los hemisferios cerebrales de manera intermitente y asincrónica, pues aparecen en salvas y existe una diferencia temporal (8 a 12 ms) entre los potenciales PGO generados en un lado de la región pontina y los generados en el lado contralateral (Fernández-Guardiola, A., y cols., 1973).

Diversos autores han propuesto a la actividad PGO como responsable de los MOR's del SMOR y que posiblemente juegue un papel importante en la producción de los fenómenos oníricos visuales que acompañan a esta fase (revisado en Calvo, J.M., 1991 y Calvo, J.M. y cols., 1995).

El SMOR se acompaña también de cambios emocionales vegetativos y de ensoñaciones. Estos cambios emocionales y vegetativos sugieren que la actividad fásica PGO del SMOR se propaga hacia el sistema límbico e hipotálamo. La actividad fásica PGO del sistema límbico pudiera estar relacionada con la integración de los componentes alucinatorios del SMOR.

Se sabe que existen sustratos anatómicos y bioquímicos y distintas regiones que pueden disparar el SMOR. Por ejemplo, la región lateral del núcleo reticular pontis oralis (ventralmente hacia el LC) es la región más importante para el SMOR en gatos; las células reticulares mediales del puente presentan un índice de descarga mayor en SMOR; también las células reticulares de la región lateral pontina y medial presentan un disparo similar al de las células reticulares mediales del puente (Siegel, J.M., 2000).

El mesencéfalo caudal y el puente son suficientes para generar gran parte de la fenomenología característica del SMOR. La mayoría de las neuronas serotoninérgicas en el núcleo del ratón dorsal en la materia gris periacueductal medial dispara durante la VIG y reduce drásticamente sus disparos durante el SMOR (Siegel, J.M., 2000).

2.3.7.- Fluctuaciones cardiovasculares.

Durante el SMOR, la presión arterial no cae por debajo de los niveles del SOL, sino que presenta incrementos variables (Orem y Barnes, 1980).

El ritmo cardíaco se incrementa durante el SMOR relacionándose con la actividad física de este estado de vigilancia tales como las sacudidas mioclónicas acompañadas de breve taquicardia, seguidas algunas veces por rebotes de bradicardia (Orem y Barnes, 1980). Estos cambios físicos del corazón y de la circulación coronaria pueden ocasionar ataques cardíacos durante el SMOR, la mayoría de las muertes durante el sueño, ocurren alrededor de las 5 -6 de la mañana, tiempo en el cual se presentan las últimas fases de SMOR (Orem y Barnes, 1980).

La temperatura cerebral y la corporal se decrecientan durante el SOL y se incrementan en el SMOR, esto ha sido atribuido a un incremento en la temperatura de la sangre que cubre al cerebro así como al incremento en el rango del metabolismo cerebral citado anteriormente (Orem, 1980).

La actividad neuronal aumenta durante el SMOR y por tanto se observa un incremento en el consumo de O₂; este aumento puede a su vez, incrementar el metabolismo (Orem, 1980).

2.3.8.- Fluctuaciones respiratorias.

La respiración se presenta de manera acelerada e irregular, algunos investigadores (Kleitman, N., 1959) relacionaban estas variaciones con los contenidos emocionales de los sueños; pero en 1965

Aserinsky encontró que la variabilidad de la frecuencia respiratoria estaba en función de los periodos de SMOR durante los cuales se disminuía la amplitud y aumentaba la frecuencia; es decir, cuando los ojos están en reposo, los patrones respiratorios se presentan lentos y tienden a regularizarse; por lo tanto, las variaciones presentadas durante el SMOR son constantes en cada episodio del SMOR y en cada individuo.

2.3.9.- Mantenimiento de la Temperatura.

Se ha reportado que las temperaturas más bajas, ocurren en las primeras horas de la mañana y la temperatura corporal varía de acuerdo al ciclo sueño-vigilia (Orem, 1980). Durante el SMOR la temperatura de la piel se incrementa cerca de $0.5 - 0.2$ ° C (Kleitman, N., 1959). Experimentos con animales han demostrado que durante el sueño, la temperatura corporal cambia dependiendo de la temperatura ambiental; una baja temperatura ambiental ocasiona un decremento en la temperatura corporal durante el SMOR y un incremento durante el SOL. A temperaturas elevadas en el medio ambiente, la temperatura corporal durante el SMOR va disminuyendo hacia la fase de SOL. La correlación negativa entre la temperatura ambiental y corporal en el SMOR sugiere la participación de mecanismos termorreguladores (Orem y Barnes, 1980).

2.3.10.- Fisiología del Sueño de Movimientos Oculares Rápidos.

Al SMOR también se le llama sueño rápido, por que la frecuencia de la actividad cerebral dominante en este periodo es rápida; se le conoce como desincronizado por que sus ondas no presentan sincronía; MOR ó REM por que son las iniciales de Movimientos Oculares Rápidos en Español; y Rapid Eye Movements en Inglés respectivamente (Aserinsky y Kleitman, 1953).

Lo que distingue al SMOR del SOL es la actividad motora; que primeramente se observa en los músculos extraoculares. Este fenómeno está dado por la activación de los sistemas retículo - motor del tallo cerebral. Estos sistemas incluyen la formación reticular paramedial pontina, la cual controla los movimientos oculares; así como los sistemas reticuloespinal descendente, que causa las sacudidas de extremidades que caracterizan al SMOR. La activación motora fásica del SMOR, a su vez, está acompañada por inhibiciones tónicas del tono muscular, resultando en ocasionales movimientos de los miembros, además se presentan frecuentes MORs, irregularidades en la actividad respiratoria y la ocurrencia de signos de activación motora autonómica (Swisher, J.E., 1962).

Carli y cols., en 1983 afirmaron que el núcleo pontis oralis estaba directamente involucrado en la desincronización cortical durante el SMOR; propiamente los núcleos del rafe pontis y rafe magnus. Las lesiones totales del sistema del rafe suprimen por completo la aparición del SMOR y disminuye el SOL. Esto sugiere que las neuronas de la región caudal del rafe constituyen los mecanismos preparativos del SMOR y las neuronas regionales anteriores (dorsalis o centralis) están más involucradas en los mecanismos del SOL.

Jouvet en 1972, (citado por Corsi-Cabrera en 1983) propuso sistemas de desincronización para el SMOR y la VIG. Las neuronas de las partes caudales del LC, junto con el mesencéfalo colinérgico y las células serotoninérgicas, serían las responsables directas de la desincronización durante el SMOR. La fuerza dirigente responsable del disparo del SMOR y del control de su duración es aún desconocida.

Por otro lado Moruzzi y Magoun (1949) demostraron que las estimulaciones de la FR provocaban desincronización cortical. A la FR se le han atribuido las siguientes funciones: a) disparar el SMOR, b)

controlar el despertar y la atención, c) establecer el nivel óptimo del tono muscular, d) coordinar los movimientos del cuello, cabeza y músculos extraoculares, y finalmente; e) activar el proceso de marcha.

Es importante mencionar a modo de resumen, que la mayor parte de las neuronas colinérgicas localizadas en la región dorsolateral del puente juegan un papel importante en los mecanismos de generación de SMOR (Steriade, M., 1992). Por lo que entonces podemos concluir que la interacción de todas las estructuras que participan en la regulación de la conducta del sueño son: el núcleo talámico intralaminar, el sistema talámico difuso que sincroniza el EEG y produce conducta de sueño. La FR (n. reticularis pontis oralis) actúa sobre la corteza y el sistema talámico difuso para desincronizar el EEG y producir estado de vigilia. Los núcleos reticulares pontis caudalis actúan sobre la porción rostral del mesencéfalo, sobre la formación reticular caudal y sobre la corteza cerebral para producir fenómenos EEG y musculares del sueño paradójico (SMOR). Finalmente, la formación reticular bulbar actúa produciendo sincronización del EEG, posiblemente por inhibición sobre los núcleos de la formación reticular activadora (Moruzzi, G., y Magoun, W., 1949).

III.- SUSTANCIAS REGULADORAS QUE PARTICIPAN EN EL SUEÑO.

A principios del siglo pasado Pieron introdujo el concepto de factores químicos que podrían acumularse en el cerebro durante la VIG y metabolizarse durante el sueño. También, este autor mostró evidencia experimental con su experimento, transfiriendo líquido cefalorraquídeo (LCR) de animales privados de sueño a animales no privados, en los cuales causaba sueño.

controlar el despertar y la atención, c) establecer el nivel óptimo del tono muscular, d) coordinar los movimientos del cuello, cabeza y músculos extraoculares, y finalmente; e) activar el proceso de marcha.

Es importante mencionar a modo de resumen, que la mayor parte de las neuronas colinérgicas localizadas en la región dorsolateral del puente juegan un papel importante en los mecanismos de generación de SMOR (Steriade, M., 1992). Por lo que entonces podemos concluir que la interacción de todas las estructuras que participan en la regulación de la conducta del sueño son: el núcleo talámico intralaminar, el sistema talámico difuso que sincroniza el EEG y produce conducta de sueño. La FR (n. reticularis pontis oralis) actúa sobre la corteza y el sistema talámico difuso para desincronizar el EEG y producir estado de vigilia. Los núcleos reticulares pontis caudalis actúan sobre la porción rostral del mesencéfalo, sobre la formación reticular caudal y sobre la corteza cerebral para producir fenómenos EEG y musculares del sueño paradójico (SMOR). Finalmente, la formación reticular bulbar actúa produciendo sincronización del EEG, posiblemente por inhibición sobre los núcleos de la formación reticular activadora (Moruzzi, G., y Magoun, W., 1949).

III.- SUSTANCIAS REGULADORAS QUE PARTICIPAN EN EL SUEÑO.

A principios del siglo pasado Pieron introdujo el concepto de factores químicos que podrían acumularse en el cerebro durante la VIG y metabolizarse durante el sueño. También, este autor mostró evidencia experimental con su experimento, transfiriendo líquido cefalorraquídeo (LCR) de animales privados de sueño a animales no privados, en los cuales causaba sueño.

Con el desarrollo de las técnicas bioquímicas, se descubrió que los neurotransmisores identificados previamente en el Sistema Nervioso Periférico, también estaban contenidos en el Sistema Nervioso Central.

Las técnicas bioquímicas han tenido grandes avances, y han guiado hacia el descubrimiento y caracterización de muchos factores inductores del sueño. La lista incluye: neurotransmisores como la acetilcolina (Ach), la serotonina (5HT), histamina, óxido nítrico (ON), epinefrina, glutamato, GABA, péptidos muramil, lipopolisacáridos, prostaglandinas, interleukin-1, interferon-2, péptido inductor de sueño delta, VIP (péptido vasoactivo intestinal), endocannabinoides, entre otros.

El sueño depende de la interacción de varias estructuras neuronales y sistemas químicos; y es necesario determinar exactamente cómo suceden tales interacciones.

El SMOR es el resultado de una sucesión de fenómenos que incluyen mecanismos serotoninérgicos preparativos, mecanismos catecolaminérgicos y colinérgicos de instalación y mantenimiento; así como de la participación de factores humorales presentes en el LCR.

La 5HT está involucrada en los mecanismos reguladores de la biosíntesis, almacenaje y liberación de factores inductores de sueño. Los mecanismos serotoninérgicos probablemente están asociados a la producción del sueño paradójico, y los catecolaminérgicos a la fase de ondas lentas (revisado en Drucker-Colín, R., 1990).

IV.- TEORÍAS ACERCA DE LA FUNCIÓN DEL SUEÑO.

Tomando en cuenta las características de a cada fase del sueño, se han propuesto muy variadas hipótesis para tratar de explicar las distintas funciones del dormir. Algunas de ellas son opuestas y otras son complementarias; sin embargo, existe la consideración de que durante el sueño se pueden realizar varias funciones simultáneamente.

La hipótesis adaptativa considera al sueño como una conducta instintiva, cuyo papel principal en los organismos vertebrados es de adaptación a un nicho ecológico. Justamente, la necesidad de dormir conlleva a la búsqueda de lugares apropiados para el reposo, produciéndose, por tanto, un período de inmovilización, el cual disminuye la probabilidad, para algunas especies, de ser cazadas por sus predadores (Rechtschaffen, A., 1998).

La quietud del sueño y la sensación de bienestar que normalmente lo continúa, ha sido una característica que ha inspirado para crear la hipótesis que "el sueño es para descansar" (Hipótesis Restaurativa) (revisado en Rechtschaffen, A., 1998). Esta hipótesis postula que el sueño es un estado necesario para la recuperación del desgaste que se produce en el organismo durante la VIG.

También se ha sugerido que el SMOR, por su alta activación cerebral, es un estadio adecuado para que la conducta innata (alimentación, reproducción, nidación, ataque, huida, impronta, etc.) sea reorganizada periódicamente por programas endógenos. Esta reprogramación sería de utilidad para que los organismos, durante la VIG respondieran con la conducta apropiada, dependiendo de las circunstancias de su medio ambiente. Esta hipótesis se basa en que las neuronas son células que no se reproducen y que para mantener su función a través de la vida, es necesario que sean reprogramadas.

De acuerdo con esta hipótesis, el SMOR sirve como una función "centinela" que prepara al durmiente para la activación rápida, cuando es confrontado por amenaza predatoria. Existe evidencia de que el SMOR disminuía en ratas, al estar presentes gatos, mientras éstas dormían (revisado en Rechtschaffen, A., 1998).

Zepelin, H., y cols., (1992), mostraron correlaciones entre la duración total del sueño y el peso corporal. También, se han realizado investigaciones donde interviene el tamaño corporal y la conservación de la energía; esto asociado al sueño. Los animales más grandes conservan mayor energía, debido a que sufren, una menor pérdida de calor por unidad de volumen. Se ha sugerido que la presencia de SMOR puede haber evolucionado para servir como una función termorreguladora autonómica (Zepelin, H., y cols., 1992).

El hecho de que durante el SOL se observa una disminución en los procesos metabólicos del organismo, ha llevado a postular que una de sus posibles funciones es la de disminuir el gasto de energía, particularmente aquel empleado en el mantenimiento de la temperatura corporal y cerebral, las cuales descienden durante el SOL en comparación a la VIG.

Existe, a su vez, la hipótesis sobre la maduración del SNC, la cual está fundamentada en el hecho de que tanto durante la vida fetal como la neonatal de los seres humanos y otras especies de mamíferos, existe una alta proporción de SMOR en comparación con la del adulto. Ya que durante esta fase del sueño existe una gran actividad neuronal, se ha propuesto que dicha actividad contribuye a la maduración cerebral (revisado en Kelly, D., 1991; Arankowsky, S.G., 1997; y Rechtschaffen, A., 1998).

Roffwarg y cols., en 1966 (citado por Rechtschaffen, A., 1998) propusieron que la activación cerebral que se presenta durante el SMOR, optimiza el crecimiento neural; mientras que la inhibición motora que caracteriza a esta fase, protege al infante de ciertos peligros, mientras su cerebro se encuentra activado.

Drucker-Colín, R., (1995) sugiere que la estructura del SMOR no es siempre la misma, sino que ésta es susceptible de ser modificada de acuerdo a necesidades específicas del organismo que se derivan de las actividades realizadas durante la VIG.

Esta fase de sueño estaría regulada por un mecanismo de control capaz de modular los niveles de excitabilidad de diversas áreas cerebrales, permitiendo así que tanto la generación como la duración del SMOR se ajusten a las necesidades o funciones que se tengan que llevar a cabo en ese momento (por ejemplo, la consolidación de la memoria).

Debido a la gran actividad cerebral que se presenta durante el SMOR, se ha llegado postular que durante el sueño, se lleva a cabo el procesamiento de la información que nuestro cerebro registra durante la VIG, la cual sería posteriormente almacenada en la memoria (revisado en Arankowsky, S.G., 1997).

El SMOR es un estado necesario para la consolidación de la memoria, ya que la privación de esta fase de sueño provoca trastornos de la memoria y del aprendizaje. Por otro lado, las tareas de aprendizaje aumentan la cantidad de SMOR y el número de MOR's, tanto en animales como en el hombre.

Es bien conocido que el hipocampo y la amígdala intervienen en la consolidación de la memoria. Por consiguiente, es probable que los potenciales PGO promuevan cambios neuronales, para favorecer la fijación de memorias a largo plazo.

En la búsqueda de pruebas que indiquen una asociación entre los estadios de sueño y la memoria, se han diseñado estudios fundamentados en los siguientes razonamientos: la estructura del sueño debe de sufrir modificaciones después del aprendizaje.

Otro estudio interesante fue el realizado por un grupo de investigadores franceses (Hennevin, E., Hars, B., Bloch, V., 1989; citado por Arankowsky, S.G., 1997) quienes observaron un aumento de SMOR durante el entrenamiento para el aprendizaje de una tarea, este entrenamiento estuvo distribuido en varias sesiones. Cuando los animales aprendieron completamente la tarea, dicho aumento, concluyó retornando a sus valores normales. Así mismo, utilizando un diseño experimental similar, se ha mostrado que en algunos animales en los que no se presentó un aumento espontáneo de SMOR durante el entrenamiento, fueron incapaces de aprender la tarea. Este hecho indica que existen diferencias individuales en la capacidad de aprender y modificaciones en la duración del SMOR.

Los resultados obtenidos de estos experimentos han mostrado que, independientemente de la prueba utilizada, existe un aumento del SMOR posterior al aprendizaje (Hennevin, E., Hars, B., Bloch, V., 1989; citado por Arankowsky, S.G., 1997). En los casos en los que este aprendizaje es muy intenso y se lleva a cabo durante un tiempo prolongado, se observa que el SMOR continúa elevado por muchos días después de terminado el entrenamiento. Curiosamente, los aumentos de SMOR no son uniformes a través de las 24 horas de registro, algunas veces manifestándose inmediatamente después de la instalación del

sueño que ha sido precedido por algún entrenamiento, y otras veces, apareciendo horas después de periodos de sueño normales.

Resulta importante mencionar que en algunos estudios, en los que se comparan animales que fueron expuestos a ambientes enriquecidos con sus controles que no lo fueron, aumenta el SOL, aunque no en la misma proporción que el SMOR. Un hecho muy interesante que se ha encontrado en este tipo de experimentos, es que los animales que se han mantenido en ambientes enriquecidos muestran un aumento en el peso cerebral, así como otros cambios neuroanatómicos que incluyen la aparición de nuevos contactos sinápticos, particularmente en la corteza cerebral.

Una aportación a esta hipótesis es el estudio llevado a cabo en aves que dormían; señales auditivas fueron emitidas; al escuchar las grabaciones de sus propios cantos, al despertar, los cantos de estas aves mejoraban. Con esto Margoliash D., (1998) sugiere que durante el sueño las aves refinan los disparos neurales que producen el canto en las áreas correspondientes.

Uno de los postulados más controversiales fue el propuesto por Crick y Mitchison (1983), quienes propusieron que las mioclonías y la actividad neuronal aleatoria durante el SMOR funcionan para borrar o eliminar memorias inútiles, con el objetivo de "hacer espacio" para el nuevo aprendizaje. Esto es, un sistema cortical puede ser considerado como una red interconectada de células. Tal sistema puede tener conexiones erróneas o "modos de comportamiento parasitarios", los cuales surgen con la experiencia; éstos pueden ser detectados y suprimidos por un mecanismo que opera durante el SMOR, en oposición al Aprendizaje (Aprendizaje contradictorio - "Desaprendizaje"), que actúa modificando la corteza cerebral, por ejemplo, mediante la alteración de ciertas sinapsis individuales. Por lo que se concluye en esta hipótesis que dormimos para "olvidar" (Crick, F., y col., 1983).

La hipótesis sobre la coordinación ocular como papel funcional de sueño; indica que el SMOR facilita el desarrollo y mantenimiento de los movimientos conjugados y coordinados de los ojos durante la VIG. Esta hipótesis estuvo apoyada por la evidencia de que la percepción binocular de la profundidad era mejor cuando se despertaba al sujeto al final de los periodos de SMOR, que a aquellos despertares realizados al principio de los periodos de SMOR (Berger, R.J., et al., 1969; y Berger, R.J., et al., 1971; citados por Rechtschaffen, A., 1998.).

Una teoría reciente propone que la función del sueño es remover el exceso de radicales libres que se acumulan durante la VIG (Reimund, E., citado por Rechtschaffen, A., 1998). Esta eliminación se realiza a través de los mecanismos antioxidantes, que se encuentran incrementados durante el sueño.

Las implicaciones de las hipótesis anteriormente descritas son: (1) el soporte de la mayoría de estas teorías no se ha completado. (2) diversas hipótesis han requerido explicaciones auxiliares, pues presentan datos inconsistentes. (3) muchas de las hipótesis han tratado con fenómenos restringidos. (4) algunas de estas hipótesis se aplican a poblaciones limitadas; por ejemplo, la hipótesis acerca del sueño como sustento del funcionamiento intelectual creativo, que sólo puede ser aplicada a humanos adultos; pero no se aplica fácilmente a infantes o ratas. (5) en algunas ocasiones, estas hipótesis cuentan con ratificaciones limitadas.

V.- FILOGENIA DEL SUEÑO.

La información existente, sobre la duración del sueño y el lugar que ocupa dentro de las 24 horas del día conduce hacia un origen filogenético común en las diferentes especies; esto se ve reflejado en ciertas características comunes que se comparten.

Jouvet y Mourier (citados por Siegel, J.M., 1999), concluyeron que los animales "altriciales" (aquellos que nacen inmaduros y por lo tanto son incapaces de cuidar de sí mismos, tales como el gato, el humano y la rata) tienen mayores cantidades de SMOR al momento del nacimiento a diferencia de los animales "precociales", que son animales relativamente independientes al momento de nacer, (el caballo y el conejillo de Indias). Las cantidades de SMOR disminuyen con la edad en los mamíferos altriciales, en comparación con los mamíferos precociales; sin embargo, los animales altriciales continúan teniendo muchos más periodos de SMOR que los mamíferos precociales aún en la edad de adulto.

Zepelin y Rechtschaffen (1992) han examinado la posible relación entre la duración del sueño y el tiempo de vida, así como la relación entre las etapas del sueño y algunas variables tales como la tasa metabólica, el peso cerebral y el tamaño corporal. En este contexto, se ha descrito una relación inversa entre la intensidad del metabolismo basal y la duración de los ciclos de sueño, o bien una relación directa cuando se toma en cuenta el volumen corporal.

El estudio de la evolución del sueño ha sido influido por los criterios electrofisiológicos del sueño, los cuales fueron desarrollados para definir el sueño en mamíferos. Las medidas electrofisiológicas siempre han sido interpretadas dentro el marco de la estimación conductual; es esencial que las definiciones del sueño en otras especies que no sean mamíferos sean determinadas sobre la base de

manifestaciones conductuales de ese estado, y subsecuentemente correlacionadas con índices electrográficos, los cuales tomen en consideración las diferencias en estructura y función entre los sistemas nerviosos de tales especies y los existentes en mamíferos.

Podemos dividir el SMOR que presentan los diversos animales estudiados, en características primarias; aquellas que describen de una manera similar y casi exacta este estado; características secundarias; aquellas que sugieren, pero no concluyen en la evidencia real de este estado; y características terciarias; las cuales son inconsistentes, es decir, que sólo se encuentran en esas especies. Las características primarias de los estados similares al SMOR, son la presencia de activación neuronal endógena combinada con elevados niveles de activación (comparados con la VIG). Las características secundarias son activaciones fásicas de la musculatura periférica (mioclonias, MORs), irregularidades y/o incrementos en el ritmo cardiopulmonar, presencia de mecanismos compensatorios después de la privación de este estado. Finalmente, las características terciarias son la presencia de cambios termorreguladores, atonía y activaciones cerebrales fásicas (ondas PGO).

En los mamíferos hasta ahora estudiados como los Monotremas (equidna y el ornitorrinco o platypus), Marsupiales (zarigüeya u opossum y el canguro), Insectívoros (puerco espín, topo y musaraña), Quirópteros (murciélago), Primates (lemúr, mono, etc.), Edentata (perezoso), Lagomorfos (conejo), Roedores (ratas, castores y ardillas), Cetáceos (ballenas focas y delfines), Carnívoros (Perros, jaguar, gatos, etc.), Probóscides (elefante), Hyracoidea (Hyrax), Perisodáctilos (caballo y tapir), y los Artiodáctilos (oveja, cerdo, vaca, etc.); el inicio del sueño se asocia con la disminución progresiva de la frecuencia de la actividad cerebral, con un incremento concomitante de su amplitud, seguido en la mayoría de las especies, por la aparición de "husos de sueño", y culminando en todos los casos con la instalación

sostenida de ondas lentas de gran amplitud. Este patrón de sueño, corresponde a la fase de SOL (revisado en Campbell, S.S., et al., 1984).

Sin embargo si deseáramos entender el sueño en su forma más desarrollada, debemos estudiar su evolución a través del estudio de comportamientos similares a éste en invertebrados. Estudios adicionales diseñados para examinar específicamente la fase de inactividad en el ciclo descanso-actividad de diferentes especies, proveerán la base para un estudio evolutivo más certero del sueño.

Debido a los problemas inmersos en la definición del sueño, especialmente con aquellas especies que no son mamíferos, algunos autores (Amlaner, C.J., 1994) han preferido emplear un término más conservador; descanso o somnolencia; que es un estado importante dentro de la Filogenia del sueño, y puede ser definido como un estado intermedio entre la VIG pasiva y el sueño, que está caracterizado por una quietud o reposo conductual, pero cuyo umbral para despertar se mantiene bajo.

A pesar de que los invertebrados son las criaturas vivientes más numerosas en la tierra (Campbell, S.S., et al., 1984), existen relativamente muy pocos estudios a cerca de los ciclos de actividad en estas especies. Se ha documentado ampliamente que muchas especies de invertebrados, especialmente los insectos, exhiben un ritmo de descanso-actividad que depende de la intensidad de la luz; la fase de descanso está caracterizada por episodios prolongados de inmovilidad; pero esto no significa que el sueño está presente en los invertebrados.

La ausencia de datos electrográficos, a conllevado a que el término de "sueño" aplicado a los insectos, tenga una definición muy confusa y ambigua. Se ha utilizado el término de "aquinesis" y "sueño" como sinónimos, y diferenciando los términos de "inmovilidad tónica" con "sueño" y "aquinesis",

en los cuales se requiere una intensa estimulación táctil. Aquinesis ha sido definida como inactividad debido a una estabilidad nerviosa y fisiológica, notando que la intensidad en la estimulación causará inestabilidad y actividad consecuente.

Probablemente y debido a la dificultad de registros electrográficos en el medio acuático, el número de estudios relacionados específicamente con la duración del sueño en peces ha sido muy reducido. A pesar de que muchos autores han descrito patrones de descanso-actividad y comportamientos de descanso en diferentes especies; tales reportes consisten en observaciones directas durante una porción de las 24 horas del día, y debido a esto tales estudios han producido reducidos datos cuantitativos.

Existen muy pocos estudios de sueño realizados en peces, y de éstos sólo una división taxonómica (Teleósteos) ha sido examinada (revisado en Campbell, S.S., et al., 1984).

Los intentos para decidir si existe sueño en los peces basados en registros de actividad cerebral no han sido exitosos, ya que no existen datos referentes a respuesta ante umbrales de activación, ni datos referentes a la reversibilidad en el estado conductual de estas especies.

Nueve especies de anfibios han sido estudiadas (revisado en Campbell, S.S., et al., 1984), exhibiendo periodos de descanso conductual, con duraciones de hasta el 50% de las 24 horas del día. Todos los estudios en los que las medidas electrográficas han sido examinadas han reportado cambios en la actividad eléctrica cerebral, que acompañan a tales estados de descanso. Estos estados de descanso son caracterizados por una disminución de respuesta ante la estimulación externa.

Vasilescu (1972) (citado por Campbell S., y Tobler, I., 1984), es uno de los primeros autores que afirman que los reptiles poseen un tipo de sueño como el exhibido en los mamíferos, y que además existe una diferencia cualitativa entre este tipo de sueño "real" y el estado silencioso de descanso de los peces y los anfibios. Mientras que parece que virtualmente todos los reptiles exhiben fases de sueño conductual, los resultados varían ampliamente respecto a las características asociadas al EEG y a la naturaleza de esos estados similares a los estados reportados en mamíferos.

En muchos estudios realizados en reptiles (Ayala-Guerrero, F., y cols., 1997), se ha encontrado que el SMOR está acompañado de la apertura de los ojos, lo que sugiere que los sobresaltos motores y los MORs observados en algunas especies de reptiles, son activaciones preparatorias de las estructuras motoras que preceden a la VIG.

Concluyendo, de las 16 especies de reptiles estudiadas, 13 de ellas han reportado sueño conductual, con duraciones que van desde 3 horas hasta 22 horas por día. Durante este sueño conductual, todas estas especies exhibieron cambios en la actividad cerebral. En general, tales cambios fueron caracterizados por una reducción en la frecuencia y en la amplitud, con una actividad de espigas súper impuesta (revisado en Campbell, S.S., et al., 1984).

5.1.- AVES.

Las aves son Saurópsidos (grupo conformado entre las aves y los reptiles), de sangre caliente, con el cuerpo cubierto de plumas y los miembros anteriores modificados para el vuelo. Sólo la consideración de estos caracteres indica que estos animales son los más especializados de los Vertebrados (Samat, H.B.,

y col., 1981). Las primeras aves arcaicas aparecieron el periodo Jurásico de la era Mesozoica (Sarnat, H.B., y col., 1981). El último ancestro de las aves y los mamíferos murió hace aproximadamente 250 millones de años (Brodkorb, P., 1971; citado por Amlaner, C.J., 1994).

Las aves superan en número a los demás vertebrados, excepción hecha de los peces, y se hallan prácticamente esparcidas por toda la faz de la tierra, desde los límites de los hielos polares y desde las más elevadas cumbres del Himalaya y de los Andes hasta los mares más borrascosos, el interior de la jungla más sombría, el desierto más inhóspito y la ciudad más populosa (op cit.).

Hoy el número de especies de aves existentes sobre la tierra suele estimarse en unas 8, 580; más o menos el 10% de todas las especies de vertebrados existentes (revisado en Campbell, S.S., et al., 1984).

5.1.1.- Clasificación y características generales de las Aves.

Las aves se dividen en dos subclases:

SUBCLASE I. Saururas (*Archaeonithes*)

Esta subclase, cuyo nombre significa "aves ancestrales"; está representada por una sola forma fósil el *Archaeopteryx lithographica*, curioso animal del tamaño de un cuervo, con caracteres mixtos de ave y reptil, pero unánimemente considerado como ave y probablemente de costumbres arborícolas. El cráneo es de aspecto avícola, el *Archaeopteryx* (que significa ala pristina) ha sido hallado en el Jurásico.

SUBCLASE II. Omituras (*Neornithes*)

Este grupo abarca todas las aves actuales. Sus caracteres diferenciales consisten en los huesos metacarpianos soldados, y la cola corta, reducida a un número máximo de trece vértebras, unidas las cinco o seis últimas en un pigostilo. Todas las formas están comprendidas en tres divisiones: Ratitas, Odontolcas y Carinatas.

La última división comprende las órdenes siguientes:

- 1er Orden: COLIMBIFORMES (*Pygodes*).
- 2º Orden: ESFENISCIFORMES (*Impennes*).
- 3er Orden: PROCELARIFORMES (*Turbinares*).
- 4º Orden: CICONIFORMES.
- 5º Orden: ANSERIFORMES (*Lamellirostres*).
- 6º Orden: FALCONIFORMES (*Accipitres*).
- 7º Orden: TINAMIFORMES.
- 8º Orden: GALLIFORMES (*Rasores*).
- 9º Orden: GRUIFORMES (*Grallae*).
- 10º Orden: CARADRIFORMES.
- 11º Orden: CUCULIFORMES.
- 12º Orden: CORACHIFORMES
- 13º Orden: PASERIFORMES. (Fuste, T.J., 1944).

5.1.2.- El canario (*Serinus canarius*)

Ave perteneciente al orden de los Paseriformes; suborden Oscines, familia de los Fringílidos, género *Serinus*. Apareció en la escena hasta el siglo XVI, cuando los navegantes lo llevaron a Europa procedente de las Islas Canarias. El canario común se alimenta de semillas y frutos; principalmente de higos. Vuela en bandadas, entre los árboles y a baja altura.

Los pájaros caseros han alegrado con su presencia las viviendas del hombre a partir de la Edad de Bronce, pero el canario; el símbolo auténtico de los pájaros de jaula, demostró una plasticidad semejante a la del gallo de la jungla y de la paloma bravia, y la crianza selectiva pronto produjo gran variedad de formas.

No fue hasta los años que siguieron a la segunda Guerra Mundial cuando la supremacía del canario fue puesta en tela de juicio por otro pájaro de jaula, el pequeño periquito. En la actualidad las principales razas de canarios pueden agruparse en tres tipos: el holandés, el alemán y el inglés.

El canario salvaje es monógamo; en cautiverio, por el contrario, puede admitir 3 ó 4 hembras. La puesta empieza en el mes de Febrero. El color amarillo intenso de gran número de razas no se encuentra como color natural de esta especie; apareció (mutación) por primera vez en el Siglo XVII en un criadero europeo. Comparte la familia (Fringílidos) con los pinzones, jilgueros y gorriónes (Fuste, T. J., 1944).

En el cerebro de los canarios existe un área de la vocalización, localizada en el mesencéfalo; encargada de la producción del canto, la cual es más grande durante la Primavera y disminuye su tamaño

en verano y otoño, periodo en el cual el canto del canario es más esporádico. Y el órgano encargado de la vocalización de estos cantos es conocido como siringe. Los cantos de los canarios están constituidos por elementos individuales, periodos de sonidos separados por periodos de silencio, llamados "silabas", los cantos están organizados en "frases", que son secuencias y repeticiones de "silabas" (Brown, S.D., et al., 1993). El canto del canario ha sido utilizado como índice de salud e incluso de adaptación.

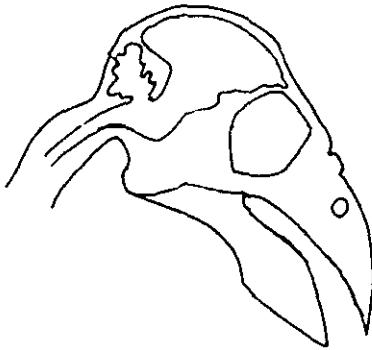


Figura 1. Esquema del cerebro del canario (*Serinus canarius*) Obtenido de Stereotaxic Atlas of the canary brain (Tegner, M., y cols., 1974)

Hasta nuestros días existe sólo un estudio de sueño realizado en canarios (Whalström, G., 1968) el cual consistió en inducir este estado de vigilancia mediante progesterona y medroxyprogesterona vía oral; haciendo poco énfasis diferencial entre los estados de "embriaguez", anestesia y/o sueño. Concluyendo que ambas sustancias inducen el sueño conductual en canarios; una vez administradas en diferentes horas del día.

5.2.- ELECTROFISIOLOGÍA DE LAS AVES.

Existen aves diurnas, nocturnas, crepusculares o polifásicas (Amlaner, C.J., 1994) y, se cree que el nido es el lugar ideal para dormir, pero éste sólo es el lugar ideal para poner huevos, hacerlos crecer, desarrollarse y madurarlos. Algunas excepciones a esta regla son los pájaros carpinteros, los gorriones, golondrinas y vencejos los cuales duermen en sus nidos y crían en éstos. Los nidos de las aves en muchos de los casos, sólo duran un período muy corto del año, el cual lo dedican a la crianza de sus progenies. Un ejemplo de esto es la garza real del ganado africano (*Bubulcus ibis*), la cual está posada el día completo en el lomo del ganado para alimentarse de insectos, y al anochecer, vuela con cientos de aves de su misma especie al sitio tradicional para conciliar el sueño. Al igual que estas aves, los pavorreales tienen estrictamente un lugar específico para el dormir, que no sólo tiene duración de un año, o varios, sino por generaciones enteras (revisado en Hediger, H., 1980).

Se sabe que muchas aves tienen diferentes posturas para dormir, desde aquellas que duermen con la cabeza metida en una de las alas como las gallinas, los pericos, los gansos, los patos, entre otros (Karmanova, I.G., y cols., 1970; Van Twyver, H., y cols., 1972; Sugihara, K., y cols., 1973; Zepelin, H., y cols., 1982; Lendrem, 1983; Dewasmes, G., y cols., 1984; Lendrem, 1984; Dewasmes, G., 1985; y Ayala-Guerrero, F., 1989), hasta las que doblan sus patas y se recuestan sobre su vientre, como los flamings y las cigüeñas; o bien aquellas que meten la cabeza en un agujero sobre el suelo para dormir, como los avestruces; otras aves se colocan sobre las ramas de los árboles y se recargan sobre el tronco para dormir, en especial las aves de menor tamaño (revisado en Hediger, H., 1980).

Las aves exhiben estados de vigilancia semejantes a los descritos en los mamíferos, es decir, VIG. SOL y SMOR. Durante VIG, las aves tienen los ojos abiertos, presentan una activación rápida ante estímulos exógenos; la actividad cerebral está constituida por un patrón de ondas de frecuencia elevada y

baja amplitud; el EMG de los músculos de la nuca exhibe intensa actividad tónica con descargas fásicas que coinciden con los movimientos de los animales; el EOG indica la presencia de frecuentes movimientos oculares conjugados y parpadeos frecuentes en muchas especies, a excepción del búho, el cual posee pocos movimientos oculares (Berger, R.J., 1972; y Susic, V.T., 1973). El inicio del sueño se caracteriza por la adopción de una postura específica y inmovilidad y que es debida, en algunos casos y según Hediger, H., (1980) para protección en contra de ruidos; también se observa un aumento progresivo en la amplitud de la actividad cerebral, al mismo tiempo que disminuye su frecuencia. El tono muscular disminuye o excepcionalmente desaparece. A medida que esta fase de sueño se hace progresivamente más profunda, los MORs y los parpadeos disminuyen su frecuencia a un mínimo, presentándose periodos en los cuales los ojos permanecen completamente cerrados. Cuando se presentan etapas prolongadas de sueño lento, aparecen episodios cortos de desincronización cerebral que corresponden a las fases de SMOR, de unos cuantos segundos de duración, cuyo patrón electrográfico es semejante al de la VIG (Tradardi, V., 1966; Karmanova, I.G., y cols., 1970; Rojas-Ramírez, J., et al., 1970; Van Twyver, H., y cols., 1972; Sugihara, K., y cols., 1973; Schlehuber, C.J., y cols., 1974; Zepelin, H., y cols., 1982; Lendrem, 1983; Dewasmes, G., y cols., 1984; Lendrem, 1984; Dewasmes, G., 1985; Buchet, C., y cols., 1986; Van Luijtelaar, E.L.J.M., y cols., 1987). Es importante afirmar que las aves no presentan husos de sueño, debido a que carecen de una neocorteza desarrollada, y es ésta la que interviene en la elaboración de los husos de sueño.

Klein (1963) y Klein y cols., (1964; citados por Tradardi, V., 1966) realizaron numerosas investigaciones en diferentes clases de animales, incluyendo las aves. Sus resultados lo llevaron a concluir que en el sueño exhibido por estos animales existen periodos de desincronización.

Estudios realizados en palomas (*Columba livia*): Tradardi (1966) reportó respecto al SMOR una duración de 10-12 segundos en esta fase; sin observarse relajación en alas, pero la actividad muscular disminuyó para dar lugar a depresiones fásicas.

Este mismo estudio fue realizado por Van Twyver, H., y cols., en 1972, pero con mucho más detalle, ya que involucró, no sólo las variables contenidas en los estudios de Tradardi (1966), sino que además involucró registros del ritmo respiratorio, cardíaco y de temperatura cerebral. Correlacionando los índices de disminución y aumento con cada una de las fases de sueño; proponiendo como conclusión, que el SOL sigue un curso evolutivo, que posiblemente esté relacionado con los animales homeotermos y no con los poiquilotermos. Es importante hacer notar que este autor no observó husos de sueño en esta especie.

Karmanova, I.G., y cols., (1970), registraron la actividad EEG de gallinas, resaltando la importancia que hasta el momento no se había dado a los cambios en la actividad eléctrica de algunas estructuras involucradas en este estado de vigilancia. Durante la fase de SMOR, ésta promedió entre 1 a 15 segundos; representando esta fase de sueño, por las tardes el 9%, al anochecer el 3.3% y por las noches el 16% del TTS. Así mismo, demostró que la destrucción de hipotálamo anterior no producía efectos en el SMOR; pero destruyendo el núcleo rotundus del tálamo; por un mes, los animales permanecieron en un estado cataléptico. La duración del SOL se redujo y no se observaron periodos de SMOR. Con esto, demostraron que el tálamo posee mecanismos sincronizadores muy poderosos en las aves. Las posturas para dormir fueron de pie con la cabeza metida entre las alas; como se ha descrito en anteriores estudios (Hediger, H., 1980), sin observarse sobresaltos mioclónicos; y en muchas de las ocasiones el sueño se presentó con los ojos abiertos (Van Luijelaar, y cols., 1987).

Rojas Ramírez, J., y cols. (1970), registraron cuatro halcones; tres del tipo *Buteo jamaicensis arborealis* y uno del tipo *Herpetotheres cachinnans chapmani*; encontrando que durante la fase de inicio de sueño, estos animales presentaron inmovilidad, ojos cerrados y descenso abrupto de la cabeza; mientras el sueño se profundizaba, la cabeza y las alas presentaban mayor relajación; aunque siempre se mantuvo la postura en percha. No se observaron trenes de ondas lentas y los episodios de SMOR tuvieron una duración de entre 4 y 8 minutos; es decir, el 7-10% del tiempo total de sueño.

Lack, D., en 1973 (citado por Hediger, H.), realizó un estudio en vencejos (*Apus apus*), concluyendo que éstos duermen durante la noche mientras realizan sus recorridos volando.

Un estudio, en pollos, aún más detallado, donde se registraron estructuras tales como el área corticoide, la cual corresponde a la neocorteza en los mamíferos, el arquiestriado, que es considerado el homólogo del núcleo amigdalino en mamíferos, hipocampo, tectum óptico, que corresponde a los colículos superiores en los mamíferos, el paleostratum augmentatum, que es el equivalente al núcleo caudado y parte del putamen en mamíferos, y el paleostratum primitivum que es homólogo al globus pallidus de los mamíferos; concluye que se registraron espigas monofásicas en el tectum óptico durante la fase de SMOR; pero no se observaron ondas lentas (θ) en el hipocampo a diferencia de las que se han reportado en mamíferos. También se registró una duración de 1-8 segundos de la fase de SMOR y espigas de 100-150 μ V que estaban asociadas con los MOR's (Sugihara, K., y cols., 1973). Al igual que los mamíferos, los pollos neonatos presentan elevados porcentajes de SMOR, sin embargo éste aumenta en frecuencia con la edad, más no en duración, (Schlehuber, C., y cols., 1974).

Schlehuber, C., y cols., (1974) así como Van Luijtelaaar, y cols., (1987): concluyeron que las diferencias en duración del SMOR en pollos en otros estudios, son debidas a la aparición de ondas rápidas de bajo voltaje en un lóbulo cerebral y ondas lentas de gran amplitud en el lóbulo opuesto.

Berger en 1972 llevó a cabo un estudio en búhos (*Speotyto cunicularia hypugaea*); en donde tres estados fueron diferenciados: Vigilia (VIG) con un voltaje $< 50\mu\text{V}$ y una frecuencia > 10 cps. Sueño de Ondas Lentas (SOL) en el cual, los búhos durmieron sobre ambas patas, o bien sobre una sola y con la otra retraída; con la cabeza en alto, aunque con un ligero descenso comparado con la posición de la cabeza presentada durante la VIG; los ojos permanecieron abiertos, a excepción de los periodos que antecedían al inicio del SMOR. Este último se caracterizó por un cierre parcial o total de los párpados; aunque en algunas ocasiones se presentó SMOR con los ojos abiertos. En esta misma fase, el EEG mostró un voltaje disminuido con frecuencias altas, similar al de la VIG, excepto por la ausencia de ritmo theta; y algo muy notorio fue que los músculos mantuvieron un nivel de actividad tónica constante. Berger concluyó que estos animales durmieron un 59.5% del periodo total de registro, del cual el 5.1% fue en SMOR; cuya duración fue de 11.3 segundos. También Karadzic, V., y cols., (citado por Monnier, M.) registraron búhos obteniendo un promedio de 10 segundos para el SMOR, y características conductuales y posturales específicas.

Susic y cols., (1973), llevaron a cabo un estudio en otro género de búhos (*Strix Aluco*), considerando los parámetros anteriormente descritos (ritmo cardiaco, ritmo respiratorio, MORs, temperatura, etc.). Concluyendo resultados similares a los encontrados por Berger (1972), a pesar de que sólo experimentaron con 2 animales.

En 1975, Tymicz, I., y cols., (citado por Monnier, M., 1980) realizaron estudios en estorninos (aves diurnas), donde el SOL ocupó el 38.3% del nictémero, con una duración de 4 minutos cada fase, y sólo el 46.2% de las fases de SOL, fueron seguidas por SMOR. Cada periodo de SMOR duró 16 segundos en promedio, presentándose durante el invierno (época de descanso) más que durante la primavera o el otoño (época de migración); ocupando el 0.6% y el 0.8% respectivamente del tiempo total de registro.

Stahel, C.D., y cols., (1984), realizaron un estudio en pequeños pingüinos (*Eudyptula minor*), mostrando que éstos manifestaban índices electrofisiológicos similares a los descritos en otras aves; es decir, su sueño es polifásico; presentando mayor actividad "social" durante la noche. Estos investigadores obtuvieron los siguientes resultados: VIG con una actividad de 50 μ V, 13 - 17 Hz; SOL caracterizado por una actividad de voltaje amplio de 100 - 200 μ v, 8 - 12 Hz; mientras que el SMOR se caracterizó por ráfagas de movimientos oculares y patrones electroencefalográficos de < 50 μ V, y de 13 - 14 Hz. En este estudio se observa algo sorprendente: una gran proporción de SMOR; el 16.2% del TTS, que es mayor al registrado en otras aves, el cual es generalmente hasta el 7%. Afirmando que esta larga duración está asociada a factores de predación, ya que esta especie no está expuesta a peligros.

Por otro lado, Amlaner, C.J., y col., (1981) realizaron un estudio electroencefalográfico y conductual de sueño en grullas, encontrando varios factores que pueden ser utilizados como índices de SMOR.

Un estudio realizado en patos por Zepelin, H., y cols., (1982), muestra que estos animales no tienen posturas distintivas (recostados sobre su vientre con el cuello relajado y en ocasiones con el pico en el dorso; postura similar a la adquirida durante la VIG) posturas descritas también por Hediger, H.,

(1980); estos patos presentaban un reducido tono muscular. Las fases de SMOR tuvieron una duración aproximada de 5 segundos. A esta duración Lendrem, D.W., (1983) le da una explicación: los patos cierran los ojos por periodos cortos, siendo éstos alternados por una conducta de "atisbo", es decir, están periódicamente al acecho. Y en su estudio dedujo que entre más cerca esté un pato de la orilla del río (o donde habite), más presentaría tal conducta; pues los riesgos de ser acechado son mayores.

Dewasmes, G., (1985) realizó un estudio en gansos, estos animales duermen sobre una sola pata en equilibrio, con la cabeza recargada sobre las plumas de su espalda con lo que su cabeza se encuentra en una posición firme y estable, previniendo con esto la caída de la cabeza en algunas ocasiones. Dentro de los registros EEG, no se observaron periodos de ritmo theta durante la vigilia activa; siendo la somnolencia un patrón persistente, hasta de 15 minutos. Asombrosamente también se encontró que algunos otros episodios de SMOR estaban acompañados de depresión fásica de la actividad del EMG, el cual alcanzó niveles isotónicos "planos" y que además estos episodios presentaban tres criterios electrográficos que caracterizan al sueño en mamíferos: desincronización en el EEG, MOR's y la desaparición total de tono muscular en la nuca; afirmando que el tono muscular durante el SMOR, en el ganso, estaba influido por la postura adquirida para dormir; lo que contradice otros estudios realizados en aves, donde se observa una corta duración de SMOR, asociada a la caída de la cabeza (Tradardi, V., 1966).

Otro estudio realizado en pingüinos (Buchet, C., y cols., 1986) afirma que éstos presentan una duración de 8 - 10 segundos en la fase de SMOR, abarcando el 12-14% del TTS; su postura es muy similar a la descrita en las demás especies: de pie con la cabeza metida debajo de la aleta y tono muscular de la nuca disminuido. Este porcentaje presentado por Buchet, C., y cols., (1986), es muy alto comparado con los porcentajes exhibidos por otras aves.

Precisamente en el año de 1986, Szymczak, J. T., realizó un estudio en un tipo de cuervo (*Corvus monedula*), donde describe la distribución de las fases de sueño durante periodos de luz - oscuridad de 8 cuervos jóvenes. La actividad poligráfica durante la VIG fue de $<50\mu\text{V}$ con una frecuencia de $>10\text{ Hz}$; SOL caracterizado por una disminución en la actividad motora y ondas lentas de 2 a 4 Hz con un voltaje de 70 - $300\mu\text{V}$; sin movimientos oculares. El SMOR se caracterizó por ondas de 6 a 12 Hz., y un voltaje bajo $<50\mu\text{V}$; sin cambios en la actividad muscular (músculos de la nuca); con movimientos oculares esporádicos. El resultado más interesante de este estudio es que el sueño sólo ocurrió durante la noche; contrariando estos resultados con otros que hasta ahora describen el sueño de las aves como polifásico. Concluyendo por esto, que no todas las aves son polifásicas.

En 1987 Szymczak, J.T., y cols., describieron la distribución de sueño y VIG en la urraca (*Pica pica*), encontrando sólo tres estados de vigilancia: VIG con un voltaje bajo de $<50\mu\text{V}$ y una frecuencia de $>12\text{Hz}$; SOL caracterizado por $>200\mu\text{V}$ con una frecuencia de 3.5 Hz; y finalmente SMOR el cual se presentaba siempre después del SOL, con una frecuencia de $<50\mu\text{V}$ y $>12\text{ Hz}$; sin atonía muscular. Los autores concluyen en que los sujetos adultos de esta especie duermen menos que los sujetos jóvenes; además la duración diaria de SMOR en los adultos es mucho menor que en los jóvenes. Es importante afirmar que Szymczak, y cols., (1987) no encontraron un estado de somnolencia en estas aves.

También se ha descrito conductual y electrofisiológicamente el sueño en pericos (*Aratinga canicularis*), donde se obtuvieron los siguientes resultados: VIG, la cual está a su vez dividida en VP y VA, en la primera el perico estaba inactivo con los ojos abiertos y pocos movimientos de la cabeza, en general ambas se caracterizan por ondas de 7 a 24 c/s de baja amplitud, actividad ocular constante, tono muscular elevado; esta fase ocupó el 40.7% del TTS. Somnolencia se describió como una mezcla de

ondas rápidas y lentas, los movimientos oculares cada vez menos frecuentes y las plumas se "inflaban", descansando el cuerpo sobre una o ambas patas, esta fase ocupó el 14.7% del TTS. La fase de SOL estuvo identificada por tono muscular reducido, movimientos oculares mínimos e incluso reducidos, ocupando el 14.7% del TTS; y finalmente la fase de sueño MOR estaba determinada por baja amplitud y ondas rápidas similares a las observadas durante la VIG, ráfagas de movimientos oculares y el tono muscular permaneció similar al presentado en SOL sin llegar a total atonía muscular; esta fase ocupó el 1.98% del TTS, cada fase de SMOR, la cual tuvo una duración de entre 6 y 8.6 segundos. (Ayala-Guerrero, F., y cols., 1988).

Ayala-Guerrero, F., (1989) describió los patrones de sueño en el periquito australiano (*Melopsittacus undulatus*); confirmando que éstos no presentan husos de sueño, y sus cuatro estados de Vigilancia se caracterizan por: VIG con frecuencias de entre 10 a 24 Hz con amplitudes que van desde los 8 a los 20 μV ; Somnolencia con un voltaje de 100 - 150 μV y una frecuencia de 4 - 12 Hz; SOL caracterizado por periodos de ojos cerrados, ondas lentas de 5 Hz y amplitudes hasta de 150 μV ; SMOR que se caracterizó por ondas rápidas de bajo voltaje y la duración promedio de esta fase fue 6.4 segundos; con características conductuales similares a las descritas anteriormente.

De igual forma se han realizado estudios en otras aves silvestres, como el mirlo (*Turdus merula*) en el cual los patrones de sueño anteriormente descritos se confirman (Szymczak, J.T., y cols., 1993); aunque esta especie presenta cortos episodios de SOL comparados con otras especies silvestres (Szymczak, J.T., 1986); en estos estudios se correlaciona la posición de la cabeza con la presencia de SMOR; afirmando que un soporte estable para la cabeza no necesariamente lleva a un incremento en la duración de los episodios de SMOR; tampoco dormir sobre una pata se correlaciona con la presencia de SMOR.

La presencia de SMOR en las aves contradice las leyes formuladas en mamíferos (Siegel, 1995), que predicen la duración del SMOR; ya que muchas de las aves son relativamente menores en tamaño que los mamíferos; son inmaduras al momento del nacimiento; las aves depredadoras están a salvo durante el sueño y muchas otras aves tienen lugares y condiciones seguras donde dormir. Si las tres variables que han sido identificadas en mamíferos están relacionadas con la necesidad de presentar SMOR, entonces las aves deberían presentar mayores cantidades de SMOR que muchos mamíferos. Sin embargo, las aves poseen pequeñas cantidades de SMOR, como se ha venido mencionando; salvo sus excepciones (Stahel, C.D., et al., 1984; y Buchet, C., et al., 1986).

También prevalece otra postura, la cual afirma que existe una relación inversa entre la tasa metabólica y la duración del sueño; las aves, las cuales poseen un metabolismo mayor que el de los mamíferos tienen duraciones menores de SMOR, con lo que se explica esta corta duración en la fase de SMOR (Ayala-Guerrero, et al., 1988); sin embargo, Tradardi (1966) sugiere que el aspecto característico de esta fase de sueño en las aves es debido a la presencia de reflejos laberínticos producidos por la caída de la cabeza. Pero una vez más, este punto ha sido debatido por Walker y Berger (1972), quienes afirman que en su estudio, palomas fueron entrenadas para posicionar sus cabezas sobre un soporte al momento de dormir, y éstas seguían presentando cortos periodos de SMOR. Por lo que la corta duración en esta fase, sigue siendo un tema controversial.

La breve duración de SMOR que exhiben estos animales ha sido también atribuida a la necesidad de evitar al enemigo o depredador (Hediger, H., 1980), o bien, es un factor regulado genéticamente, que quedó impreso en el transcurso de la evolución, donde pudo haber intervenido la selección natural; esta selección pudo haberse llevado a cabo millones de años atrás; sobreviviendo únicamente las especies de aves que despertaban antes de caer y extinguirse (revisado en Ayala-Guerrero, 2000); aunque estas dos

explicaciones han sido rebatidas por los estudios de Dewasmes, G., et al., 1985; Buchet, C., et al., 1986; y Rojas-Ramírez, J., et al., 1970) descritos anteriormente. Desafortunadamente en aves no se han realizado más estudios que tomen en cuenta este factor y que puedan apoyar o bien refutar las hipótesis existentes sobre el sueño como un proceso de conservación de energía.

Dewasmes, G., y cols., proponen una teoría respecto a los mecanismos inhibitorios responsables de la atonía general y específica: (1) éstos afectan algunos grupos (cuello y músculos escapulares) los cuales no están implicados en el mantenimiento vertical de la postura (2) difieren en efecto, especialmente en los músculos de la nuca, de acuerdo a la posición elegida para dormir; la cual puede o no proveer un soporte estable para la cabeza (Dewasmes, G., y cols., 1985).

Es importante hacer notar que el mirlo y el pato, al igual que el delfín presentan sueño unihemisférico (Mukhametov, 1984) pero no en relación con el SMOR, sino con el SOL, que se observa cuando, el mirlo, está en una postura específica (en dos patas y con la cabeza erguida), el cual se asocia con la activación sensorial del sistema visual; ya que esta postura le facilita la observación del entorno (Szymczak et al 1996); mientras que el segundo, presenta sueño unihemisférico cuando está bajo riesgo de ser atacado o depredado (Rattenborg, N.C., y cols., 1999).

Se ha dado especial importancia a las aves a través de estudios filogenéticos del SMOR, debido a que en contraste con otros animales vertebrados no mamíferos, la evidencia de SMOR o estados similares es amplia. La presencia de SMOR en aves es de interés, debido a que el último ancestro vertebrado compartido por las aves y los mamíferos, previo a la separación entre aves y mamíferos podría no haber tenido SMOR. Esto sugiere que el SMOR evolucionó de manera separada en mamíferos y aves en algún momento después de la separación entre estas dos especies, de un ancestro reptil en común.

Debido a que los indicadores electrofisiológicos del sueño en aves son esencialmente los mismos que en los mamíferos, el número de animales utilizados ha sido limitado. Todas las aves hasta ahora estudiadas exhiben sueño conductual y electrográfico, con duraciones que van desde 4 hasta 16 horas por día.

Parece probable que en las aves como en los mamíferos, los hemisferios cerebrales no se relacionen directamente con el control del sueño. Además, el SOL puede ser predominantemente influenciado por el tálamo y el hipotálamo, mientras que el SMOR parece depender de un centro pontino (Sugihara, K., y cols., 1973).

Los análisis electrofisiológicos comparativos de sueño en vertebrados deben estar basados en la clasificación evolutiva y ser cuidadosos abarcando todo el ciclo circadiano (24 horas de vigilia - sueño); por lo que en este estudio se tomaron en cuenta dichas observaciones y se realizaron registros de 24 horas continuas.

VI.- MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1.- Planteamiento del problema.

Describir los patrones del ciclo sueño-vigilia en los canarios (*Serinus canarius*) bajo condiciones de laboratorio.

Debido a que los indicadores electrofisiológicos del sueño en aves son esencialmente los mismos que en los mamíferos, el número de animales utilizados ha sido limitado. Todas las aves hasta ahora estudiadas exhiben sueño conductual y electrográfico, con duraciones que van desde 4 hasta 16 horas por día.

Parece probable que en las aves como en los mamíferos, los hemisferios cerebrales no se relacionen directamente con el control del sueño. Además, el SOL puede ser predominantemente influenciado por el tálamo y el hipotálamo, mientras que el SMOR parece depender de un centro pontino (Sugihara, K., y cols., 1973).

Los análisis electrofisiológicos comparativos de sueño en vertebrados deben estar basados en la clasificación evolutiva y ser cuidadosos abarcando todo el ciclo circadiano (24 horas de vigilia - sueño); por lo que en este estudio se tomaron en cuenta dichas observaciones y se realizaron registros de 24 horas continuas.

VI.- MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1.- Planteamiento del problema.

Describir los patrones del ciclo sueño-vigilia en los canarios (*Serinus canarius*) bajo condiciones de laboratorio.

6.2.- Hipótesis

De acuerdo con la información previamente analizada se espera que el canario (*Serinus canarius*) exhiba patrones de sueño similares a los de otras aves estudiadas, los cuales a saber son Sueño de Ondas Lentas (SOL) y Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR); bajo condiciones de laboratorio.

6.3.- Variables.

6.3.1.- Variables Independientes:

a) Canarios.

b) Condiciones de Laboratorio.

6.3.2.- Variable Dependiente:

a) Patrones de sueño que presentan los canarios en condiciones de laboratorio.

6.4.- Definición conceptual de las variables.

6.4.1.- Canarios: Aves pertenecientes al orden de los Paseriformes; suborden Oscines, familia de los Fringílidos, género *Serinus*.

6.4.2.- Condiciones de laboratorio: Cámara sonoamortiguada con una temperatura ambiental de 20 °- 25 °C con ciclos de luz - oscuridad (12:12); que a su vez contendrá jaulas para aves pequeñas de 1.50 cm x 90 cm. Agua y alimento *ad libitum*.

6.4.3.- Patrones de sueño: Sueño de Ondas Lentas (SOL): Las características generales de esta fase de sueño son: músculos relajados, pero actividad somática presente; se requiere de un elevado umbral de activación; relajación en las membranas nictitantes, la pupila se contrae y se presentan pocos movimientos oculares. La respiración es rítmica, la frecuencia cardiaca comienza a lentificarse. En el EEG, se presenta una actividad lenta, con ondas de frecuencia baja de 2 a 4 cps., y una amplitud elevada (150 a 250 μv). El registro del EOG presenta actividad esporádica y lenta.

Sueño de Movimientos Oculares Rápidos: Los animales que se encuentran en este estado de vigilancia presentan sacudidas rápidas de las alas, la respiración se vuelve irregular y con periodos cortos de apnea; en el EEG presenta una actividad rápida y de alto voltaje ($< 50\mu\text{v}$, y de 13 a 14 Hz). Durante el SMOR se presenta una disminución del tono de los músculos de la nuca.

6.5.- Definición operacional de las variables.

6.5.1.- Canarios: Sujetos experimentales implantados crónicamente para su registro electroencefalográfico y conductual.

6.5.2.- Condiciones de laboratorio:

- a) Tiempo de habituación: 7 días antes de la implantación de electrodos y 7 días después de la cirugía, para su recuperación.
- b) Periodos de luz-obscuridad: Relacionados con el ciclo de actividad descanso o Vigilia-Sueño (12:12).
- c) Temperatura ambiental: Que fluctuará entre 20° - 22° C a lo largo del periodo luz - obscuridad.

6.5.3.- Patrones de sueño: Se entenderá como: Sueño de Ondas Lentas (SOL): Ojos cerrados; frecuencia electroencefalográfica de 2 a 4 cps., con una amplitud de hasta 150 μ v; con actividad muscular decremada y en el registro del EOG presencia de actividad esporádica y lenta. Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR): EEG presenta una actividad rápida y de alto voltaje < 50 μ v, y de 13 a 14 Hz., mioclonías, movimientos oculares rápidos y ligera disminución del tono muscular o bien atonía muscular.

6.6.- Muestra.

Conformada por 5 canarios de sexo indistinto, obtenidos a través de criadores; cuyo peso osciló entre los 12 - 23.6 grs.

6.7.- Muestreo.

Propositivo: Ya que se basa en las apreciaciones de estudios previos, realizados por otros investigadores con el mismo tamaño de muestra, los cuales obtuvieron resultados esperados; por ello se utilizó este mismo tamaño de muestra en la presente investigación.

6.8.- Tipo de estudio.

Exploratorio - Descriptivo - Experimental de laboratorio.

6.9.- Diseño.

De acuerdo con las características del estudio, se empleó el diseño de una sola muestra, por utilizarse principalmente en estudios exploratorios que permitirán conocer algunos aspectos relativos a los patrones de sueño de los canarios.

6.10.- Escenario.

Laboratorio: Cámara sonoamortiguada, con periodos de luz-obscuridad (12:00-12:00), con una temperatura ambiental que fluctuó entre 20° - 25° C a lo largo del periodo luz – obscuridad, esta cámara sonoamortiguada contenía jaulas para aves pequeñas de 70 cm x 90 cm., agua y alimento *ad libitum*.

6.11.- Materiales.

Para la presente investigación se utilizaron alimento para canarios; semillas y frutas frescas, anestésico para aves pequeñas, electrodos de acero inoxidable, cemento acrílico para fijar dichos electrodos sobre el cráneo y otros materiales quirúrgicos; respecto al equipo, se utilizó una cámara de video marca Sony HandycamVision, Hi8 Modelo CCD-TRV equipada con luz infrarroja, casets vírgenes para la videocámara, un Polígrafo marca Grass de 4 canales, papel y tinta para registro; para el análisis de los datos se utilizó una computadora Compaq Modelo MC525 Pentium III, con un paquete estadístico Análisis de Varianza de la Facultad de Psicología (UCII) de Daniel Zarabozo y Miguel Ángel Guevara, un paquete estadístico SPSS; una impresora Compaq LJ300, para la obtención de las fotografías; una cámara fotográfica marca Canon Panorama Caption modelo Z115; y para la obtención de las imágenes digitalizadas se empleó un escáner HP Precision Scan LT 3200C.

6.12.- Procedimiento.

Los canarios se mantuvieron 7 días en jaulas para aves pequeñas de 70 cm x 90 cm., que a su vez se encontraban dentro de una cámara sonomortiguada, con periodos de luz-obscuridad (12:00-12:00), con una temperatura ambiental que fluctuó entre 20° - 25° C a lo largo del periodo luz - obscuridad; con el objeto de lograr su habituación a este escenario (Obsérvese Fig. 1-A). Los animales tuvieron acceso a agua y alimento a todas horas; cabe mencionar que la limpieza y el suministro de alimento se realizaron en todos los casos siempre a la misma hora (10:00 Hrs.).

Bajo anestesia general (Ketamina 5mg/Kg IM) se colocaron bilateralmente un par de electrodos de acero inoxidable, para registrar la actividad cerebral (EEG) a nivel del hiperestriado. La actividad ocular

(EOG) se registró por medio de un electrodo colocado sobre los huesos supraorbitarios de los ojos. Además, se registró la actividad muscular (EMG) con un electrodo insertado en los músculos de la nuca. Otro electrodo, utilizado como electrodo indiferente, se colocó en la región anterior del cráneo (cerca de los orificios nasales). Los alambres provenientes de los electrodos se soldaron a un conector, el cual se fijó sobre el cráneo, por medio de cemento acrílico.

Después de la cirugía, los animales se dejaron recuperar durante una semana, dentro de las jaulas en la cámara Faraday sonoamortiguada (Obsérvese Fig. 1-A). Al término de estos 7 días se llevaron a cabo registros poligráficos de cada animal, durante 48 horas continuas, en un polígrafo marca Grass de 4 canales, a una velocidad de papel de 3mm/seg.

Los registros obtenidos se analizaron visualmente para identificar los estados de vigiliencia midiéndose el tiempo total invertido por los animales en cada estado durante el periodo descrito.

Cabe mencionar que 4 canarios fueron registrados durante 48 horas; mientras que un quinto canario sólo fue registrado por 24 horas; obteniendo aún los datos significativos necesarios.

6.13.- Análisis estadístico de los datos.

Se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) simple de dos vías de bloques aleatorizados completos completamente aleatorizado a los resultados obtenidos de 4 canarios, en donde uno de los factores fue los días de registro (Día 1 vs. Día 2), y el otro factor fue el periodo Luz – Oscuridad. También se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) simple de una vía de bloques aleatorizados

completos a los resultados obtenidos 5 canarios; donde el factor único fue luz vs. oscuridad. Se trabajó con un nivel de significancia menor o igual a 0.05.

VII.- RESULTADOS.

7.1.- Estados de Vigilancia.

7.1.1.- Descripción conductual.

El canario (*Serinus canarius*) presentó cuatro estados de Vigilancia, que a saber son: Vigilia (VIG); en esta especie se divide a su vez en Vigilia Activa (VA) y Vigilia Pasiva (VP), Sueño de Ondas Lentas (SOL) y Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR). Todas las observaciones conductuales durante el periodo de oscuridad fueron registradas mediante el uso de una cámara de video con luz infrarroja, que permitió realizar los registros aún en condiciones de total oscuridad.

La VA está caracterizada por cuerpo erguido, movimientos constantes del canario, ya sea para alimentarse, beber, caminar, estirar alas sin volar, bostezar, cantar, acicalarse o bien volar de una percha a otra. Los ojos abiertos con movimientos y constantes parpadeos (Obsérvese Figura 2). Esta fase estuvo acompañada por periodos de quietud; entrando entonces al siguiente estado de Vigilancia.

La VP en el canario está caracterizada por ojos abiertos, constantes parpadeos, cuerpo erguido sin movimiento, ave emperchada (Obsérvese Figura 3). Una vez que cesaba en sus parpadeos y éstos eran menos frecuentes, cerrando los ojos por completo, el siguiente estado de Vigilancia se hacía presente.

completos a los resultados obtenidos 5 canarios; donde el factor único fue luz vs. oscuridad. Se trabajó con un nivel de significancia menor o igual a 0.05.

VII.- RESULTADOS.

7.1.- Estados de Vigilancia.

7.1.1.- Descripción conductual.

El canario (*Serinus canarius*) presentó cuatro estados de Vigilancia, que a saber son: Vigilia (VIG); en esta especie se divide a su vez en Vigilia Activa (VA) y Vigilia Pasiva (VP), Sueño de Ondas Lentas (SOL) y Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR). Todas las observaciones conductuales durante el periodo de oscuridad fueron registradas mediante el uso de una cámara de video con luz infrarroja, que permitió realizar los registros aún en condiciones de total oscuridad.

La VA está caracterizada por cuerpo erguido, movimientos constantes del canario, ya sea para alimentarse, beber, caminar, estirar alas sin volar, bostezar, cantar, acicalarse o bien volar de una percha a otra. Los ojos abiertos con movimientos y constantes parpadeos (Obsérvese Figura 2). Esta fase estuvo acompañada por periodos de quietud; entrando entonces al siguiente estado de Vigilancia.

La VP en el canario está caracterizada por ojos abiertos, constantes parpadeos, cuerpo erguido sin movimiento, ave emperchada (Obsérvese Figura 3). Una vez que cesaba en sus parpadeos y éstos eran menos frecuentes, cerrando los ojos por completo, el siguiente estado de Vigilancia se hacía presente.

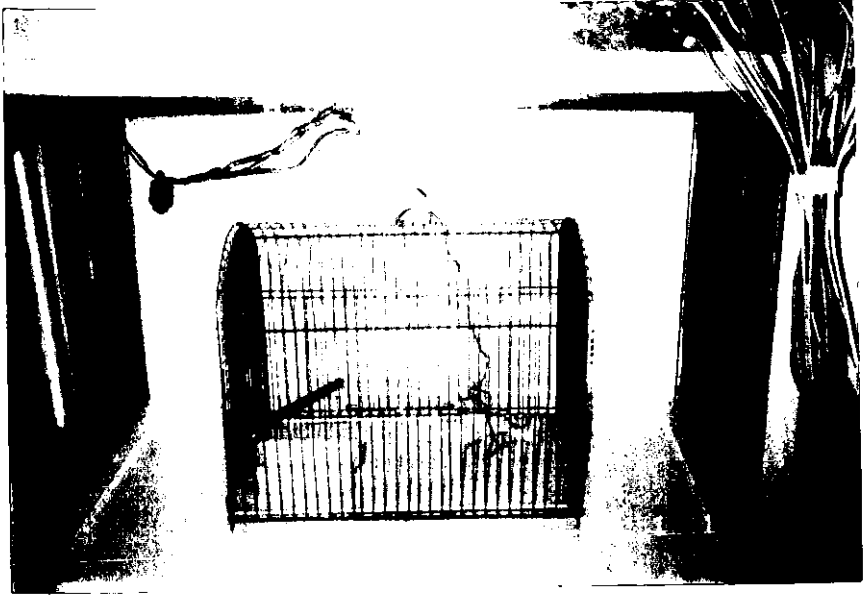


Fig. 1-A. Muestra las condiciones en que los registros poligráficos y conductuales fueron llevados a cabo.



Fig. 2. Muestra las características conductuales de los canarios durante la VA.



Fig. 3. Muestra las características conductuales del canario durante la VP.



Fig. 4. Muestra las características conductuales del canario durante el SOL y SMOR.

Fue posible observar que los canarios adoptaron una postura específica durante el SOL: emperchados con el cuerpo erguido y sin movimiento, detenidos en una o dos patas y plumas del cuerpo esponjadas. Este estado de Vigilancia se caracterizó por presentarse en las aves con la cabeza generalmente metida entre las plumas del ala (región escapular), con ojos cerrados, aunque en algunas ocasiones la cabeza no estaba totalmente metida entre las plumas y se podía observar a los canarios entreabriendo los ojos e incluso presentando movimientos oculares. Una característica singular del SOL, a diferencia de la VP, fue que el cuerpo de los canarios descendía a un nivel muy cercano a la percha donde se encontraban, es decir, su cuerpo literalmente “descansaba” en la percha. Esta fase de sueño era en ocasiones interrumpida por frecuentes movimientos de la cabeza, alas y movimientos oculares rápidos cuando era posible observar los ojos. Estas interrupciones del SOL se consideraron como SMOR, ya que conductualmente se pudo distinguir el cuerpo del ave con plumas esponjadas, emperchado, generalmente con la cabeza metida en el área escapular (debajo del ala), sostenido en la mayoría de los casos en 2 patas; aunque esta fase de sueño se presentó también en aves sostenidas en una sola pata (Obsérvese Figura 4). Movimientos muy ligeros y constantes de alas y cabeza, que en ocasiones tendía a caer; cuando era posible observar los ojos, éstos estaban cerrados, presentando frecuentes movimientos rápidos; esta fase de SMOR siempre fue antecedida por una fase de SOL, y seguida por SOL o VIG.

7.1.2.- Electrofisiología.

Durante la VA la actividad eléctrica del cerebro del canario se caracterizó por ondas rápidas de 7 – 10 cps de baja amplitud $<50 \mu\text{V}$. Esta actividad estuvo enmascarada por artefactos producidos por la actividad normal del ave (caminar, estirar alas sin volar, bostezar, cantar, volar, acicalarse, beber, etc.). El

tono muscular se mantuvo elevado, con descargas fásicas producidas por los movimientos mismos del canario (Obsérvese Figura 5).

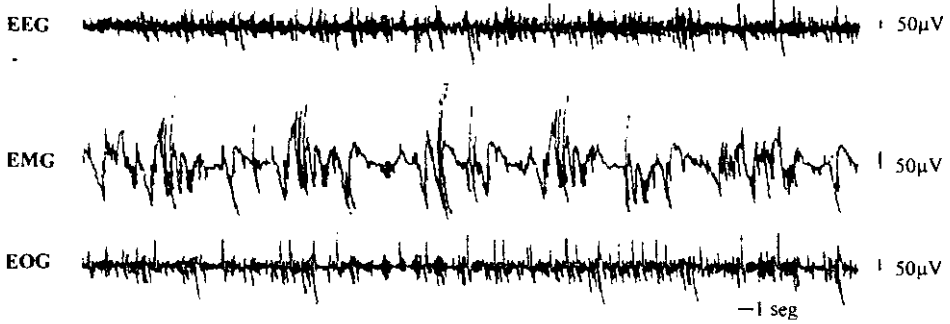


Fig. 5. Muestra la VA, que se caracteriza por ondas rápidas de $<50\mu\text{V}$ y de baja amplitud 7-10 cps.; enmascarada por artefactos producidos por la actividad motora del canario.

En la VP se registraron una mezcla de ondas lentas y rápidas de amplitud considerable $12-40\mu\text{V}$, tono muscular elevado. Ojos abiertos, los movimientos oculares se presentaron en menor frecuencia, al igual que el parpadeo (Obsérvese Figura 6). Progresivamente esta fase dio lugar al SOL que se caracterizó por ojos cerrados, con ocasional apertura. Respecto a la actividad eléctrica cerebral se presentaron ondas lentas de gran amplitud $80\mu\text{V} - 130\mu\text{V}$. Los canarios presentaron durante esta fase tono muscular reducido significativamente, pero sin llegar a hallarse ausente (Obsérvese Figura 7).



Fig. 6. Muestra la actividad EEG, EMG y EOG de la VP, caracterizada por ondas lentas y rápidas de 12-40 μ V. Tono muscular elevado y parpadeos constantes.

La fase de SMOR siempre estuvo precedida por SOL, caracterizándose por ondas de baja amplitud < 50 μ V y de mayor frecuencia 5 - 7cps; como aquella actividad observada durante la VIG. Junto a esta actividad desincronizada se registraron MOR's y la actividad muscular disminuida nunca llegó a la atonía; aunque se observaron frecuentes caídas de la cabeza (Obsérvesc Figura 7).

Al término de esta fase (SMOR), y en algunos casos, los animales presentaron un periodo muy corto de VIG, continuando con la fase de SOL nuevamente.

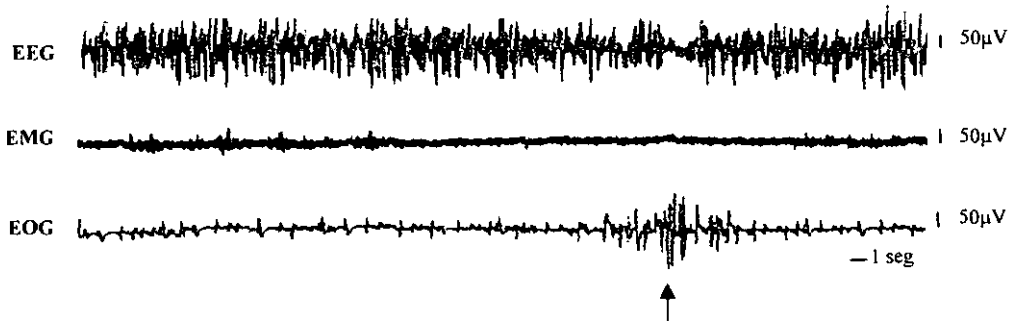


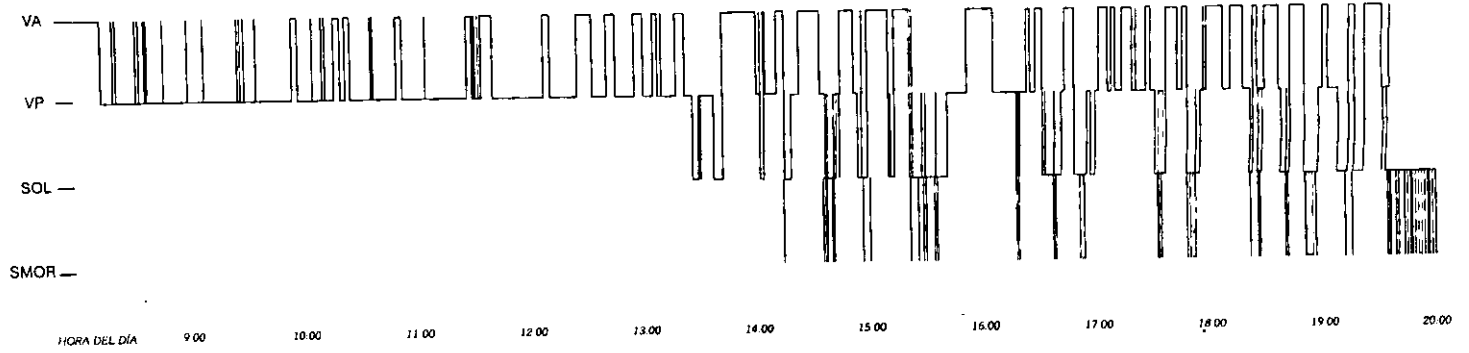
Fig. 7. Muestra la fase de SOL que se caracteriza por ondas lentas de gran amplitud (80-130 μ V) interrumpida por un episodio de SMOR (flecha), el cual presentó actividad eléctrica similar a la VIG pero con tono muscular disminuido y descargas fásicas.

7.1.3.- Resultados cuantitativos.

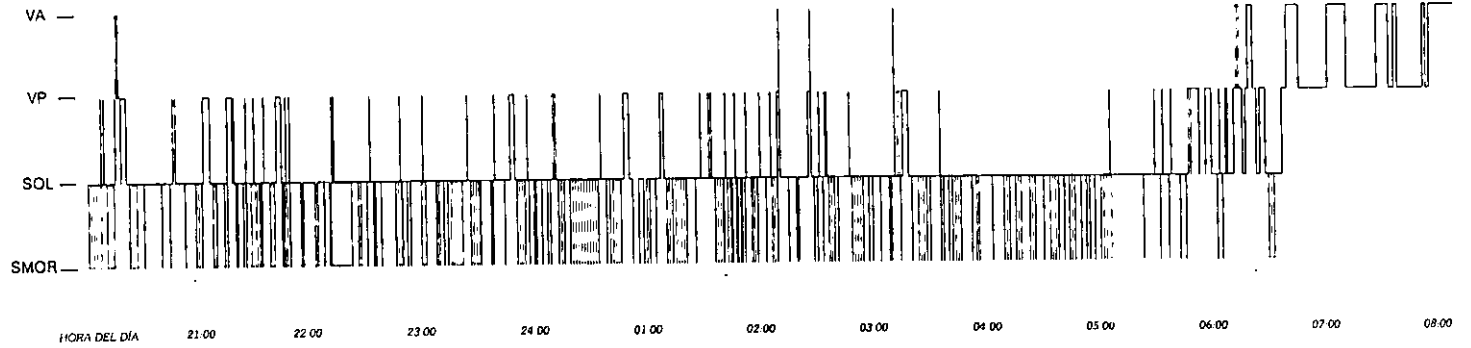
La duración promedio de la fase de VA del canario (*Serinus canario*) en 48 horas es de 5.46 min.; con un Error Estándar (EE), de 1.14. Mientras que la duración promedio de la fase de VP fue de 4.08 min.; con un EE., de 1.13; la duración promedio de la fase de SOL fue de 3.07 min.; con un EE., de 0.12. La duración promedio de la fase de SMOR del canario (*Serinus canarius*) es de 0.125 min., (7.5 seg.) con un EE., de 0.007. (Obsérvese Tabla 1).

Es importante mencionar que cada canario presentó en promedio aproximadamente 515 fases de SMOR en 24 horas.

Se pudo observar que a pesar de que el canario es un ave polifásica; la VA se presentó con una tendencia mayor durante el periodo de iluminación y la fase de sueño (SOL y SMOR) se presentaron con mayor frecuencia e intensidad durante las condiciones de oscuridad. (Obsérvese Figura 8).



FASE DE LUZ



FASE DE OSCURIDAD

Fig. 8. Muestra la distribución del ciclo sueño - vigilia del canario (*Serinus canarius*) en 24 horas.

Respecto a las latencias de sueño lento, es decir, el tiempo transcurrido desde el inicio del registro hasta encontrar la primer fase de SOL; sin importar su duración (Obsérvese Tabla 1). Para obtener la latencia del SMOR, se tomó como criterio el tiempo transcurrido desde el primer SOL observado hasta encontrar el primer SMOR.

	FREC.	D.P.	LAT.
VA	176.75 ± 37.55	5.46 ± 1.14	0
VP	331.25 ± 47.03	4.082 ± 1.13	0
SOL	746 ± 66.95	3.701 ± 0.12	137.1
SMOR	515.25 ± 56.77	0.125 ± .007	153.8

Tabla 1. Muestra la Media ± EE de la Frecuencia (FREC.), duración promedio (D.P.) en minutos y la Latencia (LAT.) en minutos, para cada uno de los estados de Vigilancia

Ya que los registros se realizaron durante 48 horas continuas (TTR), se obtuvo el promedio total invertido por los animales en VA, VP, SOL y SMOR en el tiempo mencionado (Obsérvese Figura 9).

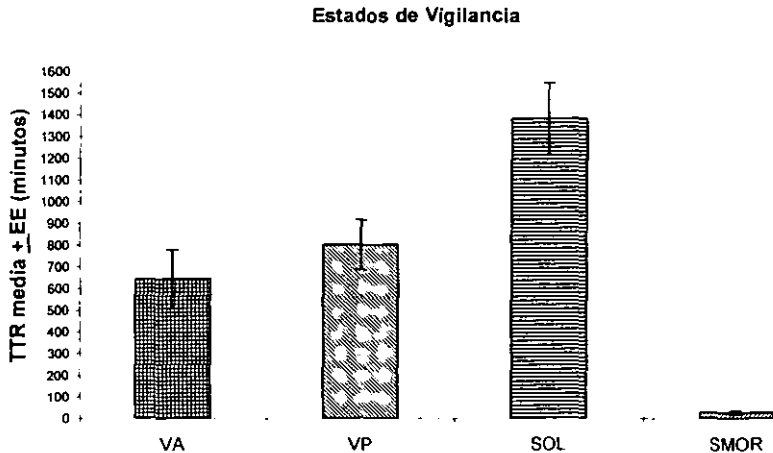


Fig. 9. Muestra la distribución de cada uno de los estados de Vigilancia en 48 horas (TTR).

Cada uno de los estados de Vigilancia fue evaluado y promediado para obtener su porcentaje en el TTR (Tiempo Total de Registro), es decir 48 horas; encontrándose que la VA representó el 22.5% del TTR, la VP el 28%, y en conjunto formando solamente un estado de vigilancia (VIG), conforman el 50%; el SOL representó el 48.4% del TTR, mientras que el SMOR, tan sólo representó el 0.09% de las 24 horas de registro. (Obsérvese Figura 10).

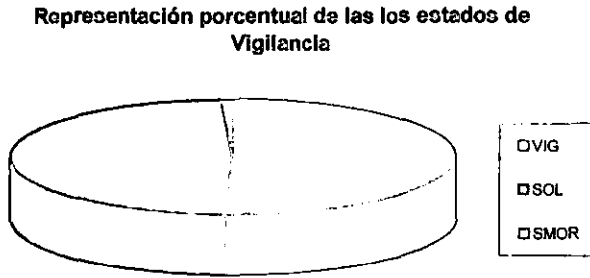


Fig. 10. Muestra la representación porcentual de cada uno de los estados de Vigilancia en 48 horas (TTR).

También se realizaron comparaciones de los datos obtenidos en todos los canarios en condiciones de luz vs. oscuridad, de 24 horas encontrando que la duración promedio de la fase de VA durante el periodo de luz es de 3.79 min.; con una D.S., de 4.95; mientras que la duración promedio de esta misma fase durante el periodo de oscuridad es de 2.35 min.; con una D.S., de 3.38 (Obsérvese Figura 11).

La duración promedio de la fase de VP del canario durante el periodo de luz fue de 2.47 min.; con una D.S., de 3.32; en el periodo de oscuridad la duración promedio de esta misma fase fue de 2 min.; con una D.S., de 2.72. (Obsérvese Figura 11).

Del mismo modo, durante el periodo de iluminación; el SOL tuvo una duración promedio de 1.44 min.; con una D.S., de 1.51 y en el periodo de oscuridad una media 2.02 min.; con una D.S., de 2.06. (Obsérvese Figura 11)

En lo que respecta a la fase de SMOR, ésta tuvo una duración promedio de 0.0643 min., durante la condición de iluminación; mientras que obtuvo un promedio de 0.06 min., en la condición de oscuridad.

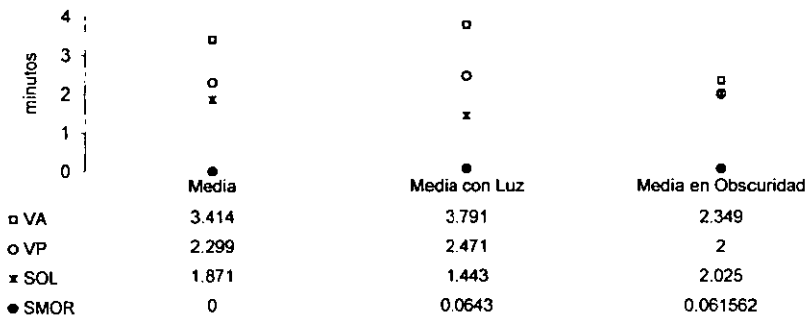


Fig. 11. Muestra la duración promedio de cada estado de Vigilancia en condiciones luz - oscuridad en el mismo día y la media general del TTR.

Al comparar el efecto del factor luz- oscuridad, se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.184$); respecto a la primer noche y la segunda.

De la misma forma los resultados obtenidos en 48 horas muestran que el promedio de SMOR no presenta diferencias estadísticamente significativas en la primer noche al ser comparada en todos los sujetos de estudio con la segunda noche ($p = 0.059$); respecto a la frecuencia, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.078$) entre el primer día de registro (primeras 24 horas) y el segundo día de registro (siguientes 24 horas). (Obsérvese Figura 12 y 13). Es decir las aves presentaron cifras similares tanto la primer noche como la segunda.

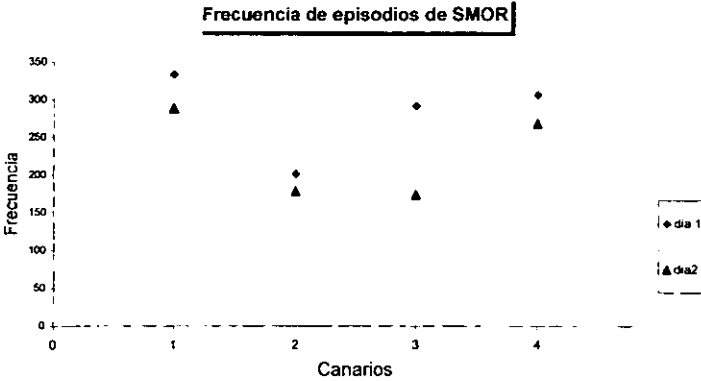


Fig. 12. Muestra la frecuencia de fases de SMOR durante las 48 horas de registro para cada uno de los canarios.

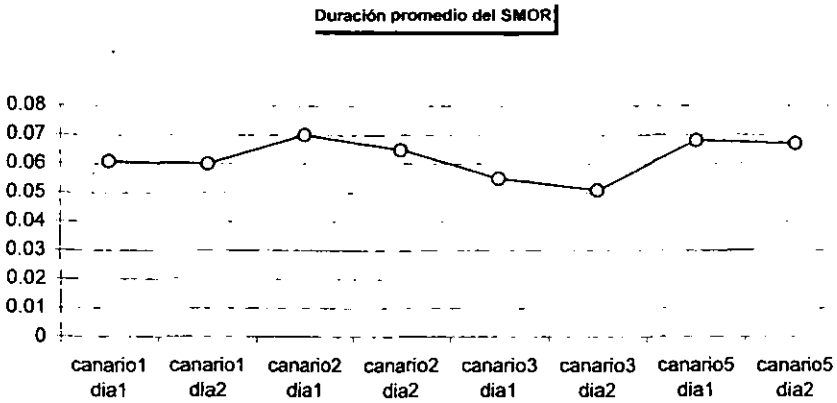


Fig. 13. Muestra el promedio en minutos de las fases de SMOR durante las 48 horas de registro.

Empleando los datos de 5 canarios de 24 horas, se obtuvieron resultados significativos respecto a la duración promedio de la VA ($p < 0.002$), para la VP ($p < 0.009$), para el SOL ($p < 0.001$), y finalmente para el SMOR ($p < 0.001$), del primer día en condiciones de luz y la duración promedio del SMOR en ese mismo día en condiciones de obscuridad. (Obsérvese Figura 14).

Duración Promedio de los 4 estados de Vigilancia en el canario (*Serinus canarius*)

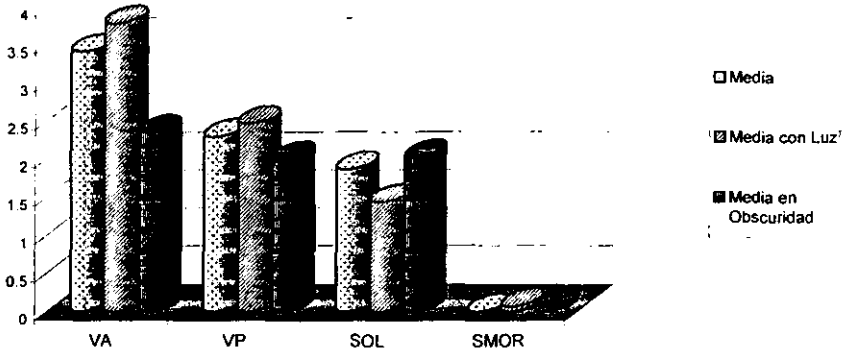


Fig. 14. Muestra la duración promedio en minutos de cada uno de los estados de Vigilancia en condiciones de Luz-Oscuridad.

La media del SMOR obtenida de 4 canarios, fue comparada, bajo condiciones de luz del día 1 con el día 2; concluyendo que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Esto significa que los todos canarios presentan igual promedio de SMOR durante la luz en ambos días

VIII.- DISCUSIÓN.

Entre los animales, diferentes tipos de sueño pueden ser diferenciados: somnolencia, SMOR, etc., hay durmientes solitarios y sujetos que duermen en grupos, algunos otros tienen diferentes formas de inhibir sus sentidos o bien filtrar sólo aquellos estímulos que muestren señales de peligro, existe por tanto, la necesidad de estar continuamente alerta por el ataque de un depredador o bien, percibir el peligro y

Duración Promedio de los 4 estados de Vigilancia en el canario (*Serinus canarius*)

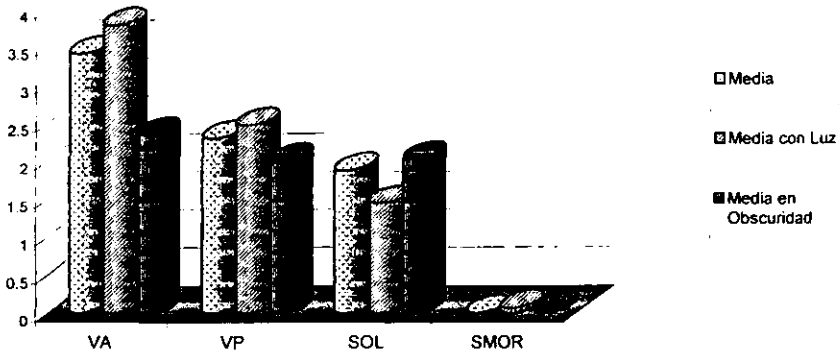


Fig. 14. Muestra la duración promedio en minutos de cada uno de los estados de Vigilancia en condiciones de Luz-Oscuridad.

La media del SMOR obtenida de 4 canarios, fue comparada, bajo condiciones de luz del día 1 con el día 2; concluyendo que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.841$). Esto significa que los todos canarios presentan igual promedio de SMOR durante la luz en ambos días

VIII.- DISCUSIÓN.

Entre los animales, diferentes tipos de sueño pueden ser diferenciados: somnolencia, SMOR, etc., hay durmientes solitarios y sujetos que duermen en grupos, algunos otros tienen diferentes formas de inhibir sus sentidos o bien filtrar sólo aquellos estímulos que muestren señales de peligro, existe por tanto, la necesidad de estar continuamente alerta por el ataque de un depredador o bien, percibir el peligro y

estar preparado para éste. Este principio es adaptable a las aves, cuyo acecho en su nicho ecológico es común, pero como veremos más adelante no es un principio único e irrefutable.

Las aves, como anteriormente se mencionó, exhiben estados de Vigilancia semejantes a los descritos en mamíferos, es decir, VIG, SOL y SMOR, pero existen grandes diferencias entre el SMOR de las aves y los mamíferos, como la duración de los episodios, que es mucho menor en las primeras.

Al encontrar que no hubo diferencias estadísticamente significativas comparando el día 1 con el día 2 en las fases de SOL y SMOR; podemos afirmar pues, que los canarios durmieron igual en ambos días; por lo que se puede rechazar la probabilidad de una reducida o ausente habituación a las condiciones de laboratorio; pues el periodo de habituación a nuestro laboratorio fue de 15 días; cuando el tiempo mínimo establecido para esta especie es de 10 días (Harper, E.J., 1998).

Todas las aves hasta ahora estudiadas exhiben sueño conductual y electrográfico, con duraciones que van desde el 28% al 48% del TTR.

Respecto a las características conductuales y posturas durante el sueño, se pudo observar que el canario al igual que todas las aves revisadas en la presente investigación duermen emperchadas; (a excepción de los gansos, pollos y gallinas).

También es importante mencionar que el canario en ocasiones durmió durante las fases de SOL y de SMOR sobre una sola pata al igual que el pato (Zepelin, H., y cols., 1982 y Lendrem, D.W., 1983) el perico (*Melopsittacus undulatus*) (Ayala-Guerrero, F., 1989), la paloma (Tradardi, V., 1966, Berger,

R.J., y col., 1972 y Susic, V.T., y cols., 1973), el ganso (Dewasmes, G., 1985), y el perico verde (*Aratinga canicularis*) (Ayala-Guerrero, F., y cols., 1988).

Al realizar una comparación entre las urracas (Szymczak, J.T., 1987) y los canarios; encontramos que estos últimos presentan una tendencia de SOL y SMOR más marcada durante la fase de obscuridad del nictamero, a diferencia de las urracas, las cuales presentan altas proporciones de SOL y SMOR durante la fase de luz.

Debido a la hiperreactividad característica de los canarios podemos justificar las diferencias estadísticamente significativas encontradas en la VA, VP y SOL ($p > 0.001$). El canario comparte su característica de ave polifásica con los estudios reportados por Ayala-Guerrero, F., (1989) del perico; ya que se observó presencia de SOL y SMOR durante los periodos de iluminación.

En contraste con los mirlos (Szymczak, J.T., 1993), los cuales no presentan SMOR durante el día; es decir, durante el periodo de iluminación; los canarios sí presentaron fases de SMOR en el periodo mencionado.

Respecto a una característica importante dada en el SMOR de las aves, podemos afirmar que a diferencia del ganso (Dewasmes, G., 1985) y los halcones (Rojas-Ramírez, J., et al., 1970); los canarios no presentan atonía muscular; sino que comparten esta característica de relajación de los músculos de la nuca, con las palomas (Tradardi, V., 1966), el mirlo (Szymczak, J.T., 1993), con el perico *Melopsittacus undulatus* (Ayala-Guerrero, F., 1989), el búho (Berger, R.J., y col., 1972 y Susic, V.T., y cols., 1973), el pingüino (Stahel, C.D., y cols., 1984), las palomas (Van Twyver, H., y col., 1972) y las gallinas (Karmanova, I.G., y cols 1970; Sugihara, K., y col., 1973 y Van Luijtelaar, E.L.J.M., y cols., 1987). Del

mismo modo, el canario, difiere del búho (Berger, R.J., y col., 1972 y Susic, V.T., y cols., 1973) por presentar movimientos oculares rápidos durante la fase de sueño del mismo nombre.

Y en relación con las características electrofisiológicas de cada fase; los datos obtenidos del SOL en el canario se encuentran en el rango de los reportes observados en otras especies (Dewasmes, G., 1985; Rojas-Ramírez, J., et al., 1970; Tradardi, V., 1966; Szymczak, J.T., 1993; Ayala-Guerrero, F., 1989; Berger, R.J., y col., 1972; Susic, V.T., y cols., 1973; Stahel, C.D., y cols., 1984; Van Twyver, H., y col., 1972; Kamanova, I.G., y cols., 1970; Sugihara, K., y col., 1973; Van Luijelaar, E.L.J.M., y cols., 1987; Berger, R.J., y col., 1972 y Susic, V.T., y cols., 1973).

También es importante afirmar que ni en los estudios anteriormente descritos, ni en el presente se observaron husos de sueño, tampoco se registró actividad θ (con excepción de las palomas: Van Twyver, H., 1972). A diferencia de las demás aves incluido el canario, se ha observado que en el pollo, la cantidad de SMOR aumenta con respecto a la duración del sueño; tal y como sucede en el hombre.

Existen diversas explicaciones o bien, hipótesis y/o postulados acerca de la corta duración del SMOR en aves; entre ellas está la postura que afirma que la atonía muscular no se presenta en aves para prevenir a éstas de caer de la percha; siendo una modificación adaptativa aunado a la reacción de los reflejos laberínticos que hacen que las aves levanten la cabeza al sentir que va cayendo (Tradardi, V., 1966).

Sin embargo Buchet, C., y cols., (1986) y Lendrem, D. W., (1983); afirman que la corta duración del SMOR, es debida al constante peligro de predación al que muchas aves tienen que sobrevivir. Han atribuido que esta fase de sueño es corta para mantenerlos al "acecho" de cualquier peligro por lo que en

atribuido que esta fase de sueño es corta para mantenerlos al “acecho” de cualquier peligro por lo que en el pingüino, una especie, cuyo nivel de predación es reducido; presenta una duración promedio elevada de SMOR.

El SOL se acompaña de un decremento del nivel basal de la temperatura corporal, y el SMOR se asocia con la inhibición profunda de respuestas termorreguladoras; por lo que el ambiente afecta al sueño. Apoyándonos en que el sueño es un proceso de conservación de la energía (Zepelin, H., y col., 1992, Stahel, C.D., y cols., 1984 y Berger, R.J., y col., 1995), la postura que adquieren las aves (Van Luijteleaar, E.L.J.M., y cols., 1987; y Szymczak, J.T., 1993) y los sitios que eligen para dormir (Hediger, H., (1980), han apoyado este principio.

Además la regulación de la temperatura en las aves sigue un ritmo diurno el cual se ajusta entre el día y la noche; por lo que los episodios de SMOR, que activan en gran cuantía al cerebro y le hacen gastar energía (McGuinty, D., y col., 1990), son tan cortos.

Szymczak, J.T., (1993) afirma que la característica de caída de la cabeza por parte del animal, durante el SMOR, no es un índice único de esta fase de sueño; ya que en su estudio, sólo el 13.3% de las fases de SMOR en el mirlo presentaron caída ligera de la cabeza.

Como hasta el momento se ha señalado, el canario presenta una duración en la fase de SMOR muy reducida; además posee un metabolismo incrementado, ya que requiere ingerir 2.67 kJ/g de su peso corporal (Harper, E.J., 1998), por lo que un canario con peso promedio de 23 grs., consumiría 61.41 kJ diariamente; energía necesaria para realizar las actividades propias de esta especie.

Estos datos nos llevan a concluir que esta fase se presentó en tan corta duración; ya que implica un gasto energético elevado para el organismo, por tanto, las afirmaciones de Zepelin, H., y cols (1992) resultan ciertas para el canario. Por lo que finalmente podemos concluir que una fase de SMOR de mayor duración representaría la muerte para esta especie tan pequeña.

Las aves y los mamíferos poseen neocortezas desarrolladas y/o estructuras comparables (formación dorsal ventricular y neocorteza aviar); una segunda observación es que el SMOR sólo se encuentra en animales que expresan actividad de ondas lentas en el EEG durante SOL. Estos animales poseen grandes cantidades de sueño no-MOR caracterizado por extensas amplitudes y ondas lentas.

Por lo que finalmente podemos afirmar que el canario (*Serinus canarius*) presenta cortos episodios de SMOR, debido a su reducido volumen y peso corporal y al gasto de energía que el SMOR implica para esta ave.

IX.- CONCLUSIONES.

Los resultados anteriormente descritos nos conducen a las siguientes conclusiones:

El canario (*Serinus canarius*) es un tipo de ave polifásica que presenta cuatro estados de Vigilancia, con características conductuales y electrográficas específicas; y éstos son: Vigilia Activa (VA), Vigilia Pasiva (VP), Sueño de Ondas Lentas (SOL) y Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR); transitando a lo largo de 24 hrs., de VA a VP o viceversa, de VP a SOL, de SOL a VA, pero no de VA a SOL y de SOL a SMOR, pero nunca de VA a SMOR o de VP a SMOR.

Estos datos nos llevan a concluir que esta fase se presentó en tan corta duración; ya que implica un gasto energético elevado para el organismo, por tanto, las afirmaciones de Zepelin, H., y cols (1992) resultan ciertas para el canario. Por lo que finalmente podemos concluir que una fase de SMOR de mayor duración representaría la muerte para esta especie tan pequeña.

Las aves y los mamíferos poseen neocortezas desarrolladas y/o estructuras comparables (formación dorsal ventricular y neocorteza aviar); una segunda observación es que el SMOR sólo se encuentra en animales que expresan actividad de ondas lentas en el EEG durante SOL. Estos animales poseen grandes cantidades de sueño no-MOR caracterizado por extensas amplitudes y ondas lentas.

Por lo que finalmente podemos afirmar que el canario (*Serinus canarius*) presenta cortos episodios de SMOR, debido a su reducido volumen y peso corporal y al gasto de energía que el SMOR implica para esta ave.

IX.- CONCLUSIONES.

Los resultados anteriormente descritos nos conducen a las siguientes conclusiones:

El canario (*Serinus canarius*) es un tipo de ave polifásica que presenta cuatro estados de Vigilancia, con características conductuales y electrográficas específicas; y éstos son: Vigilia Activa (VA), Vigilia Pasiva (VP), Sueño de Ondas Lentas (SOL) y Sueño de Movimientos Oculares Rápidos (SMOR); transitando a lo largo de 24 hrs., de VA a VP o viceversa, de VP a SOL, de SOL a VA, pero no de VA a SOL y de SOL a SMOR, pero nunca de VA a SMOR o de VP a SMOR.

En el ciclo nictemeral estos estados representaron: la VA el 23.55%; la VP el 29.16%, el SOL el 46.21%, y finalmente el SMOR el 1.06%.

Al igual que en otros estudios mencionados nunca se observaron complejos K durante el SOL, ni ritmo θ durante el SMOR; a excepción de las palomas (Van Twyver, H., y col., 1972).

La VA y la VP presentan un incremento en duración y promedio en condiciones de luz; mientras que el SOL y el SMOR se ven incrementados en duración y promedio en la fase de oscuridad.

X.- SUGERENCIAS Y LIMITACIONES.

Los canarios en cautiverio son aves que requieren extremados cuidados, por ejemplo, deben ser mantenidos en ambientes aseados diariamente, de lo contrario enferman con facilidad, se estresan muy fácilmente al tratar de ser sujetados o bien con la simple presencia y ligero movimiento del investigador; por lo que se deben tener en cuenta estas características antes de ser utilizados en próximas investigaciones.

Una limitación que se tuvo en este estudio fue que debido a la falta de tecnología, no fue posible estandarizar las coordenadas exactas de los electrodos implantados.

Desviando nuestra atención hacia el número y tipos de aves utilizadas para estudios filogenéticos de sueño, podemos afirmar que éste ha sido limitado; por lo que sería valioso evaluar a otro tipo de aves

ESTA TESIS NO SALE⁷⁹
DE LA BIBLIOTECA

En el ciclo nictemeral estos estados representaron: la VA el 23.55%; la VP el 29.16%, el SOL el 46.21%, y finalmente el SMOR el 1.06%.

Al igual que en otros estudios mencionados nunca se observaron complejos K durante el SOL, ni ritmo θ durante el SMOR; a excepción de las palomas (Van Twyver, H., y col., 1972).

La VA y la VP presentan un incremento en duración y promedio en condiciones de luz; mientras que el SOL y el SMOR se ven incrementados en duración y promedio en la fase de oscuridad.

X.- SUGERENCIAS Y LIMITACIONES.

Los canarios en cautiverio son aves que requieren extremados cuidados, por ejemplo, deben ser mantenidos en ambientes aseados diariamente, de lo contrario enferman con facilidad, se estresan muy fácilmente al tratar de ser sujetados o bien con la simple presencia y ligero movimiento del investigador; por lo que se deben tener en cuenta estas características antes de ser utilizados en próximas investigaciones.

Una limitación que se tuvo en este estudio fue que debido a la falta de tecnología, no fue posible estandarizar las coordenadas exactas de los electrodos implantados.

Desviando nuestra atención hacia el número y tipos de aves utilizadas para estudios filogenéticos de sueño, podemos afirmar que éste ha sido limitado; por lo que sería valioso evaluar a otro tipo de aves

ESTA TESIS NO SALE⁷⁹
DE LA BIBLIOTECA

pequeñas; con el objeto de corroborar si la tasa metabólica, el volumen corporal y el peso se correlacionan o no con la corta duración de la fase de SMOR. Asimismo sería elemental centrar nuestra curiosidad en estudios que tomen en cuenta el efecto termorregulador que disminuye durante el SMOR; pero controlando la temperatura ambiental aumentándola durante el periodo de oscuridad; con el objeto de observar un aumento en duración y frecuencia del SMOR.

También sería interesante considerar en estudios relativos a la filogenia del sueño, una mayor cantidad de áreas corticales como el arquiestriado (núcleo amigdalino en mamíferos), hipocampo, tectum óptico (colículos superiores en mamíferos), paleostratum augmentatum (núcleo caudado y parte del putamen en mamíferos) y el paleostratum primitivum (globus pallidus en mamíferos) para observar actividad θ , posibles ondas PGO y complejos K; tal y como se han reportado en mamíferos.

Ya que a la fecha el canario es el ave más pequeña registrada electrográficamente y a falta de tecnología que supere el tamaño de los electrodos, estas áreas no pudieron ser registradas, sería de vital importancia poder registrar estas áreas al igual que los puntos antes mencionados, en otras especies de aves más pequeñas como el colibrí, por ejemplo, utilizando microelectrodos y adaptando un laboratorio capaz de mantener a este tipo de aves en cautiverio.

Finalmente implicaría un hallazgo significativo evaluar los componentes neuroquímicos involucrados en el sueño de este tipo de ave; ya que a la fecha existen muy pocos estudios relativos a este tema (Mexicano-Medina, G., 1991; Mexicano, G., y cols., 1994).

XI.- APORTACIONES.

Hasta nuestros días sólo existía un estudio de sueño realizado en canarios (Whalstöm, G., 1968), pero dicha investigación sólo arrojó datos conductuales, sin diferenciar cada estado de Vigilancia, sin aportar duraciones antes, durante y después de la aplicación de fármaco. Por lo que esta tesis representa la primer investigación conductual y electroencefalográfica realizada en aves adultas de tan pequeño tamaño; logrando con esto un avance en los conocimientos acerca de actividad cerebral, que se tiene concerniente a las aves; y en este caso aves pequeñas; así como el uso y manejo de electrodos utilizados para este tipo de aves; con la posible utilización en otras especies.

Asimismo, la presente investigación es una aportación al estudio filogenético del sueño; que apoya una de las teorías más recientes de la función del sueño, arrojando datos cuantitativos importantes que muestran una especie tan común, pero poco estudiada en el aspecto de los ritmos biológicos; tal y como lo es el sueño.

KII.- BIBLIOGRAFÍA.

1. Amlaner, C.J., y Ball, N.J., (1994). Avian Sleep, pp. 81 - 94; en **Principles and Practice of Sleep Medicine**, Kryger, M.H., Roth, T., y Dement, W.C., 2a. Edición, Estados Unidos.
2. Amlaner, C.J., y McFarland, D.J., (1981). Sleep in the Herring Gull (*Larus argentatus*); **Animal Behaviour**, 29; pp. 551 -556.
3. Arankowsky, S.G., (1997). Las funciones del sueño, en Medicina del Sueño: Aspectos básicos y clínicos; Velázquez, M. J., **Sociedad Mexicana de Sueño**, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
4. Aserinsky, E., y Kleitman, N., (1953). Regularly occurring periods of Eye Motility, and Concomitant Phenomena, during sleep, **Science**, 118; pp. 273 - 274.
5. Ayala-Guerrero, F., (2000). ¿Sueñan los animales?, en Fronteras en la investigación Biológica. **Universidad de Morelos**, Editores Ángeles, Ch. J., Sánchez, S. E., y Ortiz, H. L., México.
6. Ayala-Guerrero, F., Mexicano-Medina, G., Huitrón-Reséndiz, S., (1997). Los reptiles: una encrucijada en la evolución del sueño. Fronteras en la investigación Biológica. Aspectos Básicos y Clínicos; Coord. J. Velázquez Moctezuma; pp. 3 – 29. México.
7. Ayala-Guerrero, F., (1989). Sleep patterns in the Parakeet *Melopsittacus undulatus*; **Physiology and Behavior**, 46; pp. 787 - 791.
8. Ayala-Guerrero, F., (1997). Filogenia del sueño, en Temas Selectos de Neurociencias; Velázquez, M. J., **Sociedad Mexicana de Sueño**, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
9. Ayala-Guerrero, F., (1997). Maduración Cerebral y Sueño, en Medicina del Sueño: Aspectos básicos y clínicos; Velázquez, M. J., **Sociedad Mexicana de Sueño**, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
10. Ayala-Guerrero, F., Pérez, M.C., y Calderón, A., (1988). Sleep patterns in the bird *Aratinga canicularis*; **Physiology and Behavior**, 43; pp. 585 - 589.
11. Berger, R.J., y Phillips, N.H., (1995). Energy conservation and sleep; **Behavioral Brain Research**, 69; pp. 65 – 73.
12. Berger, R.J., y Walker, J.M., (1972). Sleep in the Burrowing Owl (*Speotyto cunicularia hypugaea*). **Behavioral Biology**, 7; pp. 183 - 194.
13. Brown, S.D., y Bottjer, S.W., (1993). Testosterone-induced changes in adult canary brain are reversible. **Journal of Neurobiology**, 24 (5); pp. 627 - 640.
14. Buchet, C., Dewasmes, G., y Le Maho, Y., (1986). An electrophysiological and behavioral study of sleep in Emperor Penguins under natural ambient conditions, **Physiology and Behavior**, 38; pp. 331 - 335.
15. Calvo, J. M., (1995). Estados cerebrales relacionados con las ensoñaciones, **Boletín de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas**, 2 (4).
16. Calvo, J.M., (1991). Mecanismos del sueño en El sueño y sus trastornos; **Gaceta Médica de México**. 127 (3); pp. 289-294.
17. Campbell, S.S., y Tobler, I., (1984). Animal Sleep: A Review of Sleep Duration Across Phylogeny. **Neuroscience and Behavioral Reviews**, 8; pp. 269 – 300
18. Corsi-Cabrera, M., (1983). **Psicofisiología del sueño**, Ed. Trillas, México.
19. Crick, F., y Mitchison, G., (1983). The function of dream sleep; **Nature**. 304, pp. 111 -114.
20. Dement, W. C., (1994). History of Sleep Physiology and Medicine; en **Normal Sleep and its Variations**, Carkadon, M.A., y Roth, T.
21. Dewasmes, G., Buchet, C., Geloën, A., y Le Maho, Y., (1989). Sleep changes in emperor penguins during fasting, **American Journal of Physiology**, 256; Regulatory Integrative Comparative Physiology 25; pp. 476 - 480.
22. Dewasmes, G., Cohen-Adad, F., Koubi, H., and Le Maho, Y., (1984). Sleep changes in long-term fasting geese in relation to lipid and protein metabolism, **American Journal of Physiology**, 247; Regulatory Integrative Comparative Physiology 16; pp. 663 - 671.

23. Dewasmes, G., Cohen-Adad, F., Koubi, H., y Le Maho, Y., (1985). Polygraphic and behavioral study of sleep in Geese: Existence of Nuchal Atonia during Paradoxical Sleep; **Physiology and Behavior**, 35; pp. 67 - 73.
24. Drucker-Colin, R., (1995). The function of sleep is to regulate brain excitability in order to satisfy the requirements imposed by waking; **Behavioural Brain Research**, 69; pp. 117 - 124.
25. Drucker-Colin, R., y Prospéro, G. O., (1990). Neurophysiology of sleep; en **Handbook of Sleep Disorders**, editado por Thorpy, y J. Michael; New York.
26. Fernández-Guardiola, A., Escobar, I. A., Antón-Tay, F., y Nieto, D., (1973). Neurobiología de Sueño; **Gaceta Médica de México**, 105.
27. Frank, M.G., (1999). Phylogeny and Evolution of Rapid Eye Movement (REM) Sleep, en **Rapid Eye Movement Sleep**, Mallick, B.N., e Inoué, S., Narosa Publishing House, New Delhi, India; pp. 17 - 38.
28. Fuste, T., J., (1944). **Manual de Zoología**, 3ª Edición, Ed. Nacional, México.
29. García-García, F., y Drucker-Colin, R., (1999). Endogenous and Exogenous factors on sleep - wake cycle regulation, **Progress in Neurobiology**, 58; pp. 297 - 314.
30. Halberg, F., (1960). The 24-hr scale: a time dimension of adaptative functional organization. Perspectives in Biology and Medicine, 3; pp. 451 - 527.
31. Harper, E.J., Lambert, L., y Moodie, N., (1998). The comparative Nutrition of Two Passerine Species; the Canary (*Serinus canarius*) and the Zebra Finch (*poephila gutata*); **The Journal of Nutrition**, 128 (12); pp. 2684-2685.
32. Harper, E.J., y Turner, C.L., (2000). Nutrition and energetics of the canary (*Serinus canarius*). comp. **Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.**, 126(3); pp. 271 - 281.
33. Hediger, H., (1980). The biology of natural sleep in animals, **Experientia**, 36; pp. 13 - 16.
34. Jones, B.E., (2000). Basic Mechanisms of Sleep-Wake States en Kryger, M.R., Roth, T., Dement, W.C., Principles and Practice of Sleep Medicine; 3a. Edición, W.B., Saunders, Estados Unidos; pp. 134-154.
35. Karmanova, I.G., Khomutetskaya, O.E., y Churnosov, E.V., (1970). Paradoxical sleep in Hens, **Zhurnal Evolyutsionnoi Biokhimii i Fiziologii**, 6 (3); pp. 320 - 328.
36. Kayama, Y., y Koyama, Y., (1998). Brainstem neural mechanisms of sleep and wakefulness; **Eur Urol** 33 (suppl 3); pp. 12-15.
37. Kelly, D.D., (1991). Sleep and dreaming, en **Principles of Neural Science**, Kandel, E.R., y Schwartz, J.H., Jessell, T.M., Prentice Hall, Estados Unidos; pp. 792 - 804.
38. Kleitman, N., (1959). The nature of dreaming, **CIBA Foundation Symposium on the Nature of Sleep**, Wolstenholme, G.E.W., O'Connor, M., Boston, Estados Unidos.
39. Kleitman, N., y Docketorsky, A., (1933). The effect of the position of the body and of sleep on rectal temperature in man, **American Journal of Physiology**, 104; pp. 340 -343.
40. Lendrem, D. W., (1984). Sleeping and vigilance in Birds, II. An experimental study of the Barbary dove (*Streptopelia risoria*), **Animal Behaviour**, 32; pp. 243 - 248.
41. Lendrem, D. W., (1983). Sleeping and Vigilance in Birds. I. Field observations of the mallard (*Anas platyrhynchos*), **Animal Behaviour**, 31; pp. 532 - 538.
42. Margoliash, D., (1998). Birds may refine their songs while sleeping, **Science**, 282; pp. 2163 - 2164.
43. McGuinty, D., y Szymusiak, R., (1990). Keeping cool a hypothesis about the mechanisms and function of SWS; **Trends in Neuroscience**, 13(2); pp. 480 - 487.
44. Mexicano, G., Rojas, P., Ríos, C., y Ayala-Guerrero, F., (1994). Effect of para-chlorophenylalanine on rain concentration of monoamines in a bird specie; **Proc. West. Pharmacol. Soc.**, 37; pp. 125 - 127.
45. Mexicano-Medina, M.G., (1991). Mecanismos serotoninérgicos reguladores del sueño en el perico Aratinga sp. Tesis de Maestría, **Facultad de Ciencias (Biología)**; UNAM, México, D.F.
46. Monnier, M., (1980). Comparative electrophysiology of sleep in some vertebrates, **Experientia**, 36; pp. 16 - 19.
47. Moruzzi, G., and Magoun, H.W., (1949). Brain Stem Reticular Formation and activation of EEG, **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, 1; pp. 455 - 473.
48. Mukhametov, L.M., A.Y. Supin e I.G. Polyakova, (1977). Interhemispheric asymmetry of electroencephalographic sleep patterns in dolphins. **Brain Research**, 134; pp. 581 - 584.

49. Murillo-Rodríguez, E., (1996). Recuperación de las fases de sueño de ratas adultas expuestas a diferentes concentraciones de ozono; Tesis de Licenciatura, **Facultad de Psicología**, UNAM, México, D.F.
50. Orem, J., y Barnes, D.D.C., (1980). *Physiology in sleep*. Academic Press. Estados Unidos.
51. Rattenborg, N.C., Lima, S.L., y Amlaner, C.J., (1999). Facultative control of avian unihemispheric sleep under risk of predation. **Behavioural Brain Research**, 105: pp. 551- 556.
52. Rechtschaffen, A., (1998). A function of Sleep, **Perspectives in Biology and Medicine**, 41; pp. 359 - 390
53. Rojas-Ramírez, J., y Tauber, E.S., (1970). Paradoxical Sleep in two species of Avian Predator (Falconiformes), **Science**, 167; pp.1754 - 1755.
54. Rosenzweig, M.R., y Leiman, A., (1992). **Psicología Fisiológica**, 2ª Edición, Ed. McGraw Hill, España.
55. Roth, T., Roehrs, T., Zwyghuizen-Doorenbos, A., Stepanski, E., y Wittig, R., (1988). Sleep and Memory; **Psychopharmacol. Ser. 6**; pp.140 - 145.
56. Sarnat, H.B., y Netscky, M.B., (1981). *Evolution of the Nervous System*, Oxford University Press, Nueva York, Estados Unidos.
57. Schlehuber, C.J., Flaming, D.G., Lange, G.D., y Spooner, C.E., (1974). Paradoxical Sleep in the Chick (*Gallus domesticus*), **Behavioral Biology**, 11; pp. 537 - 546.
58. Siegel, J.M., (1995). Phylogeny and the function of sleep, **Behavioural Brain Research**, 69.
59. Siegel, J.M., (1999). The evolution of REM Sleep, en **Handbook of Behavioral State Control Cellular and Molecular Mechanisms**, Lydic, R., Baghdoyan, H., CRC Press; pp. 87 - 100.
60. Stahel, C.D., Megirian, D., y Nicol, S.C., (1984). Sleep and metabolic rate in the little penguin, *Eudyptula minor*, **Journal of Comparative Physiology B Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, 154; pp. 487 - 494.
61. Steriade, M., (1992). Basic mechanisms of sleep generation, **Neurology**; 42 (supp 6); pp. 77 - 83.
62. Steriade, M., (1999). Neurophysiologic Mechanisms of Non-Rapid Eye Movement Sleep (Resting) Sleep, en Chokroverty, S., (1999). **Sleep Disorders Medicine, Basic Science Technical Considerations and Clinical Aspects**, 2a Edición, Butterworth Heinemann; Estados Unidos; pp. 51 - 62.
63. Sugihara, K., y Gotoh, J., (1973). Depth-electroencephalograms of chickens in wakefulness and sleep, **Japanese Journal of Physiology**, 23; pp. 371 - 379.
64. Susic, V.T., y Kovacevic, R.M., (1973). Sleep patterns in the owl (*Strix Aluco*), **Physiology and Behavior**, 11; pp. 313 - 317.
65. Swisher, J.E., (1962). Manifestations of "activated" sleep in the rat, **Science**, 138; pp. 1110.
66. Szymczak, J.T., (1986). Sleep patten in the rook, *Corvus frugilegus*, **Acta Physiol Pol**, 37; pp. 191 - 198.
67. Szymczak, J.T., (1987). Distribution of sleep and wakefulness in 24-h light - dark cycles in the juvenile and adult magpie (*Pica pica*), **Chronobiologia**, 14.
68. Szymczak, J.T., Helb, H.W., y Kaiser, W., (1993). Electrophysiological and behavioral correlates of sleep in the Blackbird (*Turdus merula*), **Physiology and Behavior**, 53; pp. 1201 - 1210.
69. Szymczak, J.T., Kaiser, W., Helb, H.W., y Beszczyńska, B., (1996). A study of sleep in the European Blackbird, **Physiology and Behavior**, 60(4); pp. 1115 - 1120.
70. Tegner, M., Stokes, C., Leonard, M., y Nottenbohm, F., The Telencephalon, Diencefalon and Mesencefalon of the Canary (*Serinus canaria*) In *Stereotaxic Coordinates* (1974). **Journal of Comparative Neurology**, 156; pp. 337 - 374.
71. Timo-laria, C., Negrao, N., Schmidek, W.R., Hocino, K., Lobato de Menezes, E.C., y Leme da Rocha, T., (1970). **Physiology and Behavior**, 5; pp. 1057 - 1062.
72. Tradardi, V., (1966). Sleep in the pigeon, **Arch Ital Biol**; 104; pp. 516 - 521.
73. Van Luijtelaa, E.L.J.M., Van Der Grinten, H.J., y Coenen, A.M.L., (1987). Sleep in the domestic hen (*Gallus domesticus*), **Physiology and Behavior**, 41; pp. 409 - 414.
74. Van Twyver, H., y Allison, T., (1972). A Polygraphic and Behavioral study of sleep in the Pigeon (*Columba livia*), **Experimental Neurology**, 35; pp. 138 - 153.

75. Wahlström. G.. (1968). Sleep induction by Progesterone and Medroxyprogesterone in the canary; **Acta Pharmacologica et toxicologica**, 26; pp. 583 - 596.
76. Zepelin, H., y Rechtschaffen. A. (1992). Mammalian sleep, longevity and energy metabolism. **Brain, Behavior and Evolution**, 10; pp. 425 - 470.
77. Zepelin, H., Zammit, G.K., McDonald, C.S., Chopp, M., Wanzie, F.J., y Comas, M.G.. (1982). Sleep in the domestic duck, **Sleep Research**, 11; (90).