

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Caracterización de la actividad electroencefalográfica ante la respuesta de estímulos acústicos maternos en cabritos a las 24 horas de nacidos y a los 7 días de edad.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

JESUS LOME HURTADO

ASESOR: M.V.Z. LUIS RODOLFO VÁZQUEZ HUANTE

COASESOR: DRA. ANGÉLICA MARÍA TERRAZAS GARCÍA



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.

CRÉDITOS

El presente trabajo fue soportado por el programa UNAM-DGAPA-PAPIIT-IN207508, y por la cátedra de Investigación PACIVE GVC-15.

Se extiende un agradecimiento especial al Departamento de Ciencias Biológicas de esta Facultad por el préstamo del Fisiógrafo.

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mis padres; Arcadia Hurtado Rios y Alejandro Lome Reyes, por la educación, el cariño y el apoyo que me han dado.

A mis hermanos; Velia, Alejandro y Luis, por haberme acompañado toda la vida.

Dedicatoria especial, a mi esposa Laura, y mi hijo Carlos, que son fuente de inspiración y los amos muchos.

A mi asesor M.V.Z.Luis Vázquez Huante, por la confianza, el apoyo y la amistad.

A mi coasesora Dra. Angélica María Terrazas García, por su paciencia, y el gran apoyo que me brindo durante el desarrollo de esta tesis.

Un agradecimiento especial al jurado; M.C. Javier Froylan Lazcano Reyes, M.V.Z. Esp. Norhan Cortés Fernández de A., M.V.Z. Esp. Hitandewy Anaid Sánchez Saucedo, que revisaron el presente trabajo, para mejorar la calidad del mismo y sus aportaciones.

Se extiende un cordial agradecimiento a las personas que participaron en el desarrollo del presente trabajo. N. Mendoza, R. Soto, B. Pelayo, F. González, M. Ocampo y N. Ramírez.

ÍNDICE

I.- Resumen.....	6
II.-Introducción.....	8
III.-Antecedentes.....	10
3.1.- Generalidades de la cabra.....	10
3.2.- Electroencefalografía.....	12
3.3.- Las relaciones madre-cría en la cabra.....	16
3.3.1. Comunicación acústica.....	19
3.3.2.- Reconocimiento madre-cría.....	21
IV.-Hipótesis.....	23
V.-Objetivos.....	23
VI.-Materiales y métodos.....	24
6.1.- Lugar de estudio.....	24
6.2.- Animales.....	24
6.3.- Registro de datos.....	24
6.4.- Proceso experimental.....	25
6.5.- Manejo de los datos.....	27
6.6.- Análisis estadístico.....	27
VII.-Resultados.....	28
VIII.-Discusión.....	32
IX.-Conclusiones.....	34

X.-Bibliografía..... 35

ÍNDICE DE FIGURAS, GRAFICAS Y TABLAS:

Figura 1. Análisis de EEG, mostrando las ondas Alfa, Beta, Delta, Theta..... 14

Figura 2. Ejemplo del análisis de Fourier Transformation..... 16

Figura 3. Imagen que muestra el lugar de colocación de electrodos en cabrito en aéreas frontales..... 25

Figura 4.- Figura que representa el corral utilizado..... 26

Grafica 1.- Comparación de los registros de EEG (media \pm DE) de las frecuencias de Alfa, Beta, Delta y Theta, cuando los cabritos fueron registrados enfrente de la madre propia o de la ajena a 24 horas de nacidos..... 27

Grafica 2.- Comparación de los registros de EEG (media \pm DE) de la intensidad en las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, cuando los cabritos fueron registrados enfrente de la madre propia o de la ajena a 24 horas de nacidos..... 28

Grafica 3.- Comparación de los registros de EEG (media \pm DE) de la frecuencia en las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, a las 24hrs y a los 7 días de nacidos..... 30

Grafica 4.- Comparación de los registros de EEG (media \pm DE) de la intensidad en las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, a las 24hrs y a los 7 días de nacidos..... 31

Tabla 1.- Valores registrados de intensidad y frecuencia (media \pm SD), de las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, en cabritos con 7 días de edad..... 29

I.- Resumen

Los caprinos son una especie de alta importancia económica que permite el sustento de millones de personas en el mundo. Pocos estudios existen con respecto a su comportamiento. Se sabe que son especies altamente sociales, de reproducción estacional y que forman un vínculo selectivo con su cría en el postparto. Las madres se improntan de sus crías a través del aprendizaje del olor, durante las primeras 4 horas postparto. A partir de las 8 horas ya pueden discriminar a su cría con la ayuda de señales visuales y/o auditivas. Mientras que los cabritos son capaces de reconocer a su madre desde las 12 horas de vida. Los cabritos, después de nacidos tienen un rápido desarrollo que permite su fácil movilidad, acceso a la ubre y discriminación de su madre. Sin embargo, poco se ha estudiado acerca de la actividad cerebral de estos animales durante los periodos sensibles, los cuales se piensa ocurren dentro de la primera semana de vida. La exploración de la actividad cortical a través de la electroencefalografía (EEG), puede ser un método no invasivo para medir el cambio de las crías en periodos importantes de su vida. El presente trabajo se realizó con el fin de medir la actividad cortical de los cabritos, cuando estos fueron expuestos a estímulos acústicos de la madre propia o la ajena. Para lo cual se utilizaron 11 cabritos provenientes de madres multíparas de la raza Alpino Francés. A dichos animales se les registró su EEG tanto a las 24 horas, como a los 7 días de edad. El primer registro se hizo durante 10 minutos continuos, en una situación de prueba, en donde el cabrito primero era expuesto a la presencia de su madre y otros 10 minutos a la presencia de una cabra ajena. En esta prueba el cabrito pudo tener acceso a las señales visuales, auditivas y olfatorias de las madres. La presentación de las madres se alternaba en cada registro. A los 7 días de vida, se volvió a realizar el mismo registro con las madres al descubierto, adicionalmente se registró al cabrito con las mismas madres, pero estas se encontraban cubiertas, impidiendo así la percepción de señales visuales. Los datos fueron transformados por Fast Fourier Transformation. Posteriormente se aplicaron pruebas de Wilcoxon para comparar dentro de grupo entre la madre propia y la ajena, así como entre

las pruebas a 24 horas y 7 días. También se utilizó el programa SYSTAT versión 10.

Se obtuvo que los cabritos a 24 horas de edad mostraron mayores frecuencias de las ondas Alfas, cuando se encontraba enfrente de la madre ajena ($P < 0.05$). Por su parte la intensidad de las ondas Alfa, Beta y Theta fueron mayores cuando los cabritos estaban enfrente de la madre propia que de la ajena ($P < 0.05$), mientras que la onda Delta varió con la madre ajena.

Cuando los cabritos fueron probados a 7 días de edad, sólo se encontró una tendencia a mostrar mayor frecuencia en Delta, cuando la cría estaba enfrente de la madre propia ($P = 0.06$).

Cuando se comparó entre los registros de 24 horas con los de los 7 días, se encontró que las frecuencias de la ondas Alfas, tanto enfrente de la madre propia, como de la ajena, fueron mayores a los 7 días que a las 24 horas de edad ($P < 0.05$). Esto quiere decir, que el cabrito desde las primeras horas de vida, tiende a identificar a su madre, y la lectura electroencefalográfica demuestra un desarrollo de la actividad cerebral y es más notorio a la semana de vida.

Por su parte la intensidad de las ondas de Alfa, Beta, Delta y Theta sólo difirió en el tiempo cuando los registros se hicieron enfrente de la madre ajena, y no de la madre propia. De esta manera se observó que los registros de intensidad de esas ondas fueron mayores a los 7 días que a las 24 horas de edad ($P < 0.05$). El cabrito ya a la semana de vida, tiene desarrollado sus instintos, puede identificar a la madre por medio de la vista, olfato y el oído, esto es por medio de los balidos, y cuando se expuso al cabrito con una madre ajena, el cabrito aumenta la actividad cerebral para llamar a su madre por medio de los balidos fuertes, también se puede comparar con los llamados de auxilio que tienen las crías en la vida salvaje.

Existe una variabilidad en la actividad de EEG en cabritos de 24 horas de edad debido a los estímulos maternos. Asimismo la actividad de las ondas se incrementa con la edad y se observa una respuesta diferencial debido al estímulo materno.

II.- INTRODUCCIÓN

Las cabras dependen más del olfato que de la vista, se piensa que este es su sentido más desarrollado, y es básico para la actividad sexual y el reconocimiento individual. Sin embargo, su capacidad auditiva es evidente por la cantidad de vocalizaciones que utilizan para comunicarse. La llamada de alarma o estado de alerta en los caprinos está caracterizada por una especie de trompetilla, acompañada de un movimiento brusco de la cabeza y golpe al suelo con una pata delantera, esta señal induce que las demás cabras se incorporen rápidamente y repitieran el comportamiento. Si esta llamada de alerta está dada por la madre, las crías de hasta 1 semana de edad se dejan caer en la maleza y saldrán sólo cuando la madre les dé una vocalización sorda y vibrante. Las llamadas de alarma en las crías son chillidos de tono alto que suena como un niño gritando. Asimismo las cabras durante las primeras 2 horas postparto y en periodos de separación madre-cría muestran una alta actividad vocal especialmente, balidos de baja frecuencia o conocidos como balidos bajos (Poindron, *et al.*, 2007a).

La oveja es capaz de reconocer a su cría primero por el olfato y posteriormente por la vista y/o el oído (Terrazas *et al.*, 1999). En las cabras el reconocimiento a distancia puede establecerse desde las 8 horas postparto (Poindron, *et al.*, 2003), e incluso la madre es capaz de reconocer a su cría únicamente por la voz a las 48 horas de nacido (Terrazas *et al.*, 2003). Mientras que el cabrito ya es capaz de reconocer a su madre desde las 12 horas de nacido (Poindron *et al.*, 2007b).

En corderos se había demostrado que eran capaces de discriminar a su madre de una ajena únicamente por la voz hasta los 7 días de nacidos (Alexander, 1977), a menor edad sólo podían hacerlo utilizando varias vías sensoriales o reconociendo las señales de aceptación que la madre enviaba como la emisión de balidos bajos (Terrazas *et al.*, 2002). Sin embargo, en estudios recientes en ovejas se ha demostrado que existe una alta actividad vocal durante las primeras horas postparto tanto en la madre, como en la cría. En este estudio se encontró que las madres ya son capaces de discriminar a su cordero de uno ajeno únicamente por

la voz a las 24 horas postparto, mientras que los corderos pueden también discriminar a su madre de una ajena, por su voz a las 48 horas de edad (Sébe *et al.*, 2007). Incluso la comunicación acústica en esta especie está altamente asociada al estado motivacional de la madre y la cría durante los primeros 15 días de lactancia (Sébe *et al.*, 2008).

El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica de la corteza cerebral, es decir, refleja la dinámica de la actividad sináptica, la cual está dada por los potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios desarrollados en las dendritas y cuerpos neuronales de numerosas células piramidales. Dichos registros son obtenidos a partir de electrodos aplicados sobre la superficie del cráneo (Holliday, 1999). Esa actividad eléctrica puede cambiar de acuerdo a los estímulos externos que reciba el individuo, y a procesos como el aprendizaje durante el desarrollo del mismo. Existe en la literatura muy poca información de la electroencefalografía en animales domésticos, y todavía menos información de ese tema en situaciones como los periodos sensibles en la vida del animal. Por lo que siendo los caprinos una especie importante desde el punto de vista productivo y un modelo de estudio en el comportamiento maternal, en esta investigación se estudiará la actividad eléctrica de cabritos asociados a la respuesta vocal que emite la madre y la discriminación acústica a las 24 horas y 7 días de edad.

III.- ANTECEDENTES

3.1.- Generalidades de la cabra

Entre los primeros logros de los habitantes del Neolítico, se colocan la agricultura y la domesticación de animales en ese orden. El primer animal que se domesticó fue el perro, pero en los grabados prehistóricos sobre piedra, pueden apreciarse las cabras con cuernos. Se considera que la domesticación de esta especie se efectuó antes de que las ovejas, los vacunos y los cerdos; pero en algunos casos probablemente se registró una superposición y en otros parece que inclusive se produjo una inversión en la sucesión de estos acontecimientos (Buxade, 1996).

Hace muchos miles de años, cuando los hombres vivían en estado salvaje cazaban a las cabras con lanzas de punta de piedra sólo para aprovechar su carne, piel y cuernos. Al obtener de este animal una fuente alimenticia y vestido de lo que antes carecían, dieron el primer gran paso hacia la civilización (Mowlem, 1996).

Seguramente los cazadores debieron regresar a sus cuevas o cabañas llevando pequeños cabritos huérfanos. Los hombres de aquella época se convirtieron, sin duda, en los primeros pastores y primeros consumidores de leche, iniciándose la domesticación de la cabra al valorar sus excelencias. Los restos descubiertos en las inmediaciones de Jericó y en las orillas del Caspio indican que los nómadas pastoreaban cabras hace por lo menos 8,000 años, antes de que tuvieran rebaños de ovejas u otros rumiantes. Hay figuras de cabras en cacharros, medallas y monedas de Mesopotamia que se remontan al cuarto milenio a. c., y también se le ve en un jarrón de Bagdad del año 3,000 a. c. Un bajo relieve de la misma época, hallado en la tumba de un faraón, representa unas cabras comiendo ramas de argán y en el dibujo de un antiguo papiro aparecen dos hienas observando a un grupo de cabras negras, blancas y abigarradas (Mowlem, 1996).

Algunos investigadores consideran que las primeras cabras domésticas de tipo Prisca aparecieron en Asia central en los años 1,500 hasta 2,000 a. de C., y no

4,000 años como se creía. La cabra es mencionada 120 veces en la biblia, refiere el Génesis que cuando Abraham vivía en Arán, se ocupaba de la cría de cabras; que al emigrar en compañía de Lot y la tribu para establecerse en Canaán, llevaron sus rebaños de cabras y ovejas donde se formó una tribu constituida por pastores (Buxade, 1996).

En el siglo XVI, la cabra fue introducida en el Nuevo Mundo por los exploradores y navegantes, que la llevaban en sus barcos para aprovechar la carne y la leche en las largas travesías; y solían dejar algunos ejemplares en las islas u otros puertos de escala para asegurar el alimento de futuras expediciones. Como sucedió en la isla de Guadalupe en el territorio de Baja California (México). Las razas de cabras domésticas actuales desciende de los siguientes ancestros salvajes; la cabra común de la mayor parte de Europa y de Asia deriva de la *aegagrus*; la *cachemira* de la *falconeri*; la de *angora* de las cabras del Mediterráneo de la cabra *Prisca*. La cabra es un animal herbívoro que se alimenta exclusivamente de vegetales, prefiriendo la vegetación arbustiva, siendo capaz de proveerse de alimento en los sitios más insospechados. Cuando puede elegir, prefiere las hojas y los brotes tiernos (Clutton-Brock, 1999).

Entre la cabra doméstica y la salvaje, existen algunas diferencias generales. La cabra doméstica tiene mayor capacidad en su caja torácica y abdominal, sus miembros son menos finos y sus mamas más desarrolladas, su alzada es generalmente más pequeña, el tamaño y forma de sus cuernos es diferente; también se distingue por su variabilidad de color. En lo particular algunas razas se diferencian por la forma del perfil, de sus ojos, por el tamaño y posición de las orejas, como sucede con las razas caprinas; la egipcia *nubia* y la *indu jamna pari* que se alejan de los caracteres generales del género *capra*, por su perfil convexo y sus ojos hundidos, así como por sus orejas colgantes, considerablemente grandes, cuyo tamaño, forma y posición no se encuentran en las cabras salvajes (Buxade, 1996).

En cuanto a la población de cabras en el país, tenemos que en el año 2000; teníamos una población de 8,704.231 y en el 2009 es de 8,989.262 cabezas (SIAP, 2009).

3.2.- Electroencefalografía.

El electroencefalograma (EEG), fue inventado por Hans Berger en 1924. En ocasiones los investigadores desean registrar la actividad de una región del cerebro en su globalidad, y no la actividad de sus neuronas individuales. Para ello se utilizan los macroelementos. Los macroelementos no detectan la actividad de neuronas individuales, los registros obtenidos mediante ellos, representan los potenciales postsinápticos de muchos miles o millones de células de las áreas en que se hallan en el cerebro (Delamónica, 1987).

Desde los años 30 se sabe que el voltaje eléctrico fluctuante que refleja la actividad cerebral puede registrarse mediante electrodos colocados sobre el cuero cabelludo. El registro se conoce como electroencefalograma (EEG). La frecuencia de onda registrada varía de manera inversa con su intensidad. Tanto la frecuencia como la intensidad cambian según el nivel de conciencia. El animal despierto tiene un EEG de alta frecuencia y baja amplitud, mientras que en el animal más relajado presenta una frecuencia más lenta y de mayor amplitud. Cuando está dormido, el sueño suele comenzar con ondas lentas y muy amplias. Paradójicamente, el EEG muestra períodos de alta y baja frecuencia durante el ciclo del sueño. Se han nombrado 4 rangos de frecuencia: Alfa (8-13 Hz), Beta (13-30 Hz), Delta (0.5-4 Hz) y Theta (4-7 Hz) (Ganong 2006).

Ritmo Alfa: Cuando se registra con electrodos sobre la piel cabelluda de una persona adulta en reposo corporal y mental, y con los ojos cerrados, el componente más prominente del EEG es un patrón bastante regular de ondas, con una amplitud aproximada de 50 μ V y una frecuencia de 8 a 12 / seg (8 a 12 Hz). El patrón es el ritmo Alfa, el cual es más marcado en el área parietooccipital, aunque a veces se observa en otras áreas. Un ritmo semejante ha sido observado en una amplia variedad de especies de mamíferos. En el gato es ligeramente más

rápido que en el hombre, existiendo otras variaciones pequeñas de especie a especie; pero en todos los mamíferos, este patrón es notablemente semejante (Ganong, 2006).

Ritmo Beta: Son más fuertes en el lóbulo frontal, sobretodo en el área próxima a la circunvolución pre central. Estas ondas están producidas por los estímulos visuales. Su frecuencia es de 14 a 21 Hz aunque también puede variar de 22 a 30Hz, este ritmo se ha asociado al dolor (Ramos-Argüelles, 2009).

Ritmo Delta: Se emiten, aparentemente, siguiendo un patrón general en toda la corteza cerebral, son más frecuentes durante el sueño y en los lactantes despiertos, están relacionadas a los estímulos emocionales en individuos jóvenes, en adultos humanos se considera anormal su aparición (Ramos-Argüelles, 2009).

Ritmo Theta: Se emiten por los lóbulos fronto-parietales, es más común en recién nacidos y su frecuencia es de >40 Hz, en humanos frecuencias menores de 15Hz se consideran anormales (Ramos-Argüelles, 2009; Yamamoto, 2009). En seres humanos existen más ritmos, siendo el quinto ritmo más importante el localizado sobre lóbulo frontal y occipital llamado ritmo Gamma (Ganong, 2006).

Esta técnica se ha estado utilizando en la clínica desde los años 60. Una actividad anormal se asocia empíricamente en ciertas patologías del cerebro. En neurología humana, se utiliza comúnmente para clasificar las epilepsias, localizar lesiones y recientemente para definir la muerte cerebral. Los EEG no han sido tan utilizados en medicina veterinaria, pero son una esperanza de futuro para el neurólogo veterinario. El EEG de superficie registra el voltaje fluctuante producido por los cambios en los potenciales postsinápticos de miles de neuronas situadas bajo el electrodo. Cada cambio de voltaje tiene una polaridad. Por convenio, los cambios de voltaje determinados por los electrodos extracelulares, como los del cuero cabelludo, presentan una dirección estándar de la onda. Cuando el cambio de voltaje se produce en dirección positiva, la onda se dibuja hacia abajo; cuando es negativa, la onda se dibuja hacia arriba (Figura 1). La polaridad del cambio de

voltaje en el cuero cabelludo depende de la naturaleza y la localización del cambio de potencial postsináptico (Bergamasco *et al.*, 2006).

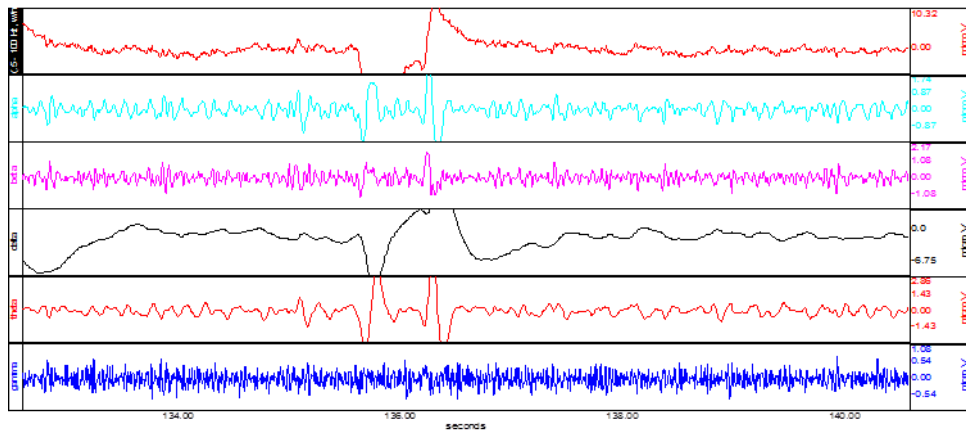


Figura 1. Análisis de EEG, mostrando las ondas Alfa, Beta, Delta, Theta.

La electroencefalografía ha sido un método muy útil y no invasivo de exploración y funcionamiento del Sistema Nervioso Central (SNC), así como de sus alteraciones. La utilización de la electroencefalografía, ha sido especialmente útil en modelos animales de epilepsia. Los estudios en donde comúnmente se ha utilizado la EEG, han sido con gatos y humanos, y dicha herramienta ha servido para monitorear la diferenciación del Sistema Nervioso Central y en enfermedades de Medicina Veterinaria (Bergamasco *et al.*, 2006).

Para el caso específico de caprinos, la EEG ha sido utilizada especialmente para explorar la respuesta de los animales durante métodos de anestesia. Se ha encontrado también que existe una sustancial variación del SNC, en respuesta a agentes anestésicos en diferentes especies, por lo que distinguiendo las variaciones de respuesta a esos anestésicos, puede ayudar a mejorar el bienestar de los animales (Bergamasco *et al.*, 1999).

El uso de la EEG relacionada con estados conductuales en caprinos y ovinos también ha sido explorado, se ha observado un polimorfismo muy marcado, con ondas rápidas de baja amplitud, asociadas, como en otros mamíferos, a estados de alerta (Bell e Itabisashi, 1972).

En estudios más recientes desarrollados en ovinos, se han explorado los cambios en la EEG, en relación a manejos dolorosos para los animales, como son: la castración y el descole. Este estudio se realizó en corderos con una edad de entre 3 a 4 semanas de edad y se encontró que los valores promedio del poder en ancho de banda de la EEG fueron menores al momento del castrado y el descole que en otros manejos. Ese estudio concluye que existe una relación entre los cambios en la EEG y los procedimientos dolorosos en los corderos, sin embargo, sugieren realizar más estudios al respecto para caracterizar adecuadamente esas respuestas en el animal (Jongman *et al.*, 2000).

En otro estudio realizado en caprinos con el fin de investigar el desarrollo de los aspectos del electroencefalograma en cabritos en crecimiento, tanto hembras, como machos desde los 15 hasta los 75 días de edad. En dicho estudio se encontró que existen ciertos cambios debido al desarrollo en la actividad EEG de los cabritos, tal como un descenso en el poder relativo de la banda Theta y un incremento en el poder relativo de la banda Beta, lo que sugiere que las estructuras anatómicas que afectan la actividad bioeléctrica del cabrito no están completamente maduras (Bergamasco *et al.*, 2006).

El ritmo Alfa tiene al final del proceso de maduración, una frecuencia de entre 8 y 13 Hz y se asocia a un desarrollo normal del cerebro, esto es un marcador de una maduración funcional del mismo (Okuma, 1966; Bergamasco *et al.*, 2006;).

Después del nacimiento los registros electroencefalográficos de la banda Beta maduran mostrando un incremento progresivo en la frecuencia de 12.1 a 30.0 Hz, así como en ligero decremento de frecuencia de la banda Theta de 4.1 a 8.0 Hz, sincronizados ambos. El incremento en la frecuencia de las bandas del espectro del EEG, reflejan una maduración del SNC, consistente en integración e interconexión de las distintas zonas de retroalimentación cerebrales (Pampiglione, 1977; Bergamasco *et al.*, 2006).

Los métodos de análisis de los registros electroencefalográficos son variados, pero es más común y presenta mayor fiabilidad es el análisis espectral, mediante

una transformación rápida de Fourier (Figura 2), mediante esta prueba podemos hacer cálculos de un sistema no lineal, como lo es la electroencefalografía, y tratar de normalizarlo a uno lineal; este análisis es una herramienta que compacta datos cíclicos y los normaliza, el único requerimiento es que el registro se purifique de errores, borrando del registro los datos obtenidos durante la desconexión de electrodos, por movimientos bruscos, etc. (Banquet, 1973; Bergamasco *et al.*, 2006; Uhlhaas, 2009; Ros, 2010).

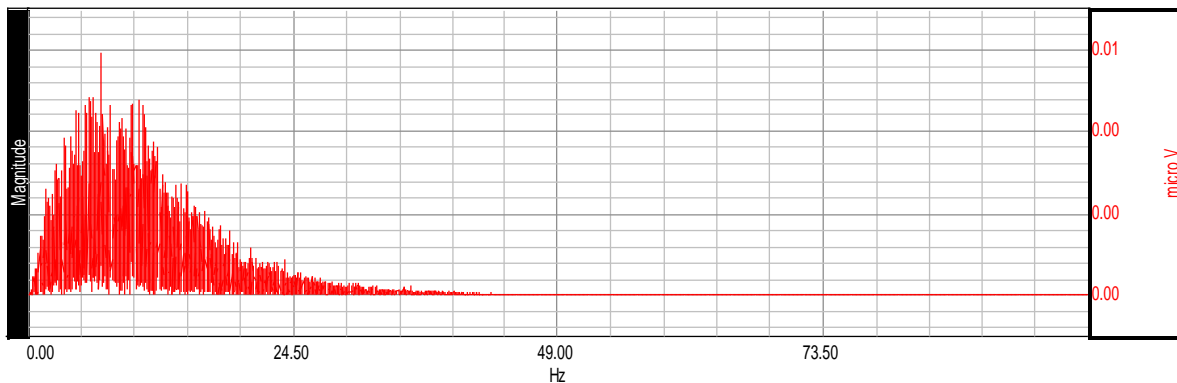


Figura 2. Ejemplo del análisis de Fourier tranformation, onda Theta de un cabrito analizado a las 24 hrs.

3.3.- Las relaciones madre-cría en la cabra

En los mamíferos la hembra es la que alimenta al recién nacido y por consiguiente es la principal responsable del cuidado parental. Lo que garantiza la crianza exitosa de la progenie y a la vez un parámetro de la eficiencia reproductora de la madre y la supervivencia de la especie (Poindron *et al.*, 2006). En los animales (principalmente los domésticos), la supervivencia de la progenie es una de las principales características para la selección de los reproductores, es la habilidad materna, ya que permite favorecer la supervivencia y buen desarrollo de las crías hasta el destete. En mamíferos esta conducta permite la aceptación de la cría a la ubre y rechazo de las ajenas, por tal motivo es imprescindible que se desarrolle con rapidez un adecuado reconocimiento de la madre a la cría y viceversa, esto con la finalidad de que la madre no pierda tiempo con una cría ajena (Merino, 2006).

Después del parto la cabra lame y seca a la cría y la seguirá reconociendo por medio del balido y del olfato; para esto es necesario que permanezca sola con su cría y alejada del grupo por varias horas. Cada cabrito tiene una glándula almizclera con terminales en la cola y que le caracteriza, con un olor específico y diferente para cada animal, lo que permite que las cabras puedan distinguir a sus crías. Primero se comunican por el sonido del balido que también tiene intensidad, tono y prolongación diferente en cada animal; la cabra primero llama y la cría le contesta. Cuando a corta distancia se han comunicado de frente, la cabra se dirige presurosa a la cría y ésta corre a su encuentro, se dan un saludo ceremonioso, elegante y distinguido; la cabra inclinando levemente la cabeza, en ángulo directo a la cría emite un balido, y ésta se detiene un instante o reacciona con la cabeza en lo alto, la mueve ágil y graciosamente hacia al lado izquierdo, para luego correr a tomar el alimento, estirando las manitas para adelante; lo que le permite bajar el cuerpo y lograr el ángulo correcto para coger el pezón y succionar el líquido; casi al mismo tiempo que ella inicia esta operación, la cabra voltea y le huele la cola para asegurarse de que es su hijo o hijos, sin son dos o tres (Lickliter, 1984).

En la especie caprina, los factores de control de la conducta y su relación con la producción han sido poco estudiados. Históricamente los primeros trabajos experimentales de importancia fueron los de (Hersher *et al.*, 1958, 1963), quienes mostraron que en cabras existe un periodo “sensible” o “crítico” para el desencadenamiento del vínculo maternal, mientras que Klopfer y sus colegas (Klopfer *et al.*, 1964; Klopfer y Gamble, 1966; Klopfer, 1968) identificaron al sentido olfatorio maternal como elemento clave para la vinculación de la madre hacia su cabrito (Klopfer, 1968; Romeyer *et al.*, 1994).

Existen diferentes elementos que influyen en el desarrollo de la conducta madre-cría, uno de ellos es el grado de desarrollo de la cría al momento del nacimiento, en el caso de los caprino (Poindron *et al.* 2003), se les considera como “neonatos precoces” ya que las crías son capaces de incorporarse, caminar y amamantarse por sí solas dentro de la primera hora de vida. Por otro lado, también se les considera como “escondidizos”, esto debido a que las crías permanecen ocultas

durante la primera semana de vida, mientras la madre busca alimento y/o agua, saliendo de su escondite únicamente para alimentarse (Poindron *et al.*, 2007).

La relación madre-cría puede ser vista como producto de una serie de interacciones entre la madre y el recién nacido, con el objetivo de alimentarse, hacer algunas actividades, o sólo estar juntos (Hinde, 1974).

La presencia de lamidos, emisión de balidos maternos y aceptación a la ubre, son comportamientos característicos de la presencia de una adecuada conducta materna hacia una cría recién nacida y están siempre presentes en hembras parturientas, tanto en caprinos como en ovinos (Poindron, 2001). Las conductas que se presentan en las cabras parturientas están relacionadas con los órganos de los sentidos como oído, vista, olfato y vocalizaciones. En diversos estudios se ha identificado (Klopfer *et al.*; 1964; Klopfer y Gamble; 1966; Klopfer, 1968) al sentido olfatorio materno como un elemento clave para la vinculación de la madre hacia su cabrito y sugieren que de 5 a 10 minutos de contacto son suficientes para discriminarlo de un extraño una hora después. Los estudios de Gubernick y colaboradores (1979) y Gubernick (1980, 1981) mostraron que las cabras tienen una tendencia a rechazar más cabritos ajenos, que han quedado en contacto con su propia madre por varias horas, que las crías ajenas alimentadas artificialmente y fuera de contacto con cualquier madre desde el nacimiento. Estos resultados sugieren que las cabras rechazan las crías que están “marcadas” por otras madres a través de su lamido y de la absorción de calostro; a pesar de esta hipótesis de un marcaje o “labelling” propuesta por Gubernick, es probable que la madre memorice el olor individual del cabrito (Romeyer *et al.*, 1993, 1994).

Finalmente se ha demostrado que las crías gemelas tienen olores individuales distintos y que la memorización del olor de una cría no asegura la aceptación de su hermano. Si esta última no tiene contacto con su madre; en condiciones normales la cabra memoriza un olor individual característico de su cabrito, lo cual

sirve de base para su aceptación selectiva a la ubre (Romeyer *et al.*, 1993, 1994b).

3.3.1. Comunicación acústica.

La estimulación recíproca y comunicación entre la madre y la cría juegan un papel crucial en la regulación de las relaciones maternas. Si se ve a la comunicación, “como el proceso por el cual la conducta de un individuo afecta la conducta de otros” (Altmann, 1967), de los elementos sensoriales que mayor participación tienen en este tipo de relación se encuentra la actividad vocal. Por ejemplo, en ovejas y cabras se ha demostrado que una vez al parto tanto la madre como la cría tienen una intensa actividad vocal, la cual podría estar jugando un papel de comunicación entre la madre y la cría, y también ser un elemento de aprendizaje mutuo (Dwyer *et al.*, 1998; Serafín *et al.*, 2003). Poco antes del parto la hembra empieza a emitir balidos altos y bajos, rasca el suelo, lame el líquido amniótico en el suelo, y puede mostrar conducta materna si hay cabritos presentes.

Después del nacimiento, la madre emite balidos bajos, lame a su cría y la acepta para que se amamanten. Por su parte la cría rápidamente empieza a emitir vocalizaciones, durante las primeras horas después del parto. La madre y el neonato mantienen un contacto estrecho, y cualquier separación espacial de su prole induce respuestas de agitación, emisión de balidos altos y una actividad motora alta de ambos animales (Lickliter, 1984. Lent (1974). Lent sugiere que las madres no pueden reconocer a sus crías por su balido antes del quinto día de vida del cabrito, lo cual dependía de la ausencia de individualización del balido del cabrito antes de la edad. Esta conclusión de que las cabras no conocen sus crías por señales acústicas tempranamente se apoya en el hecho de que las madres contestan tanto balidos de cabritos extraños como los de su propia cría. Sin embargo, estudios recientes sugieren que las madres son perfectamente capaces de reconocer a su cabrito a lo menos 8 horas después del parto sin ayuda de

señales olfatorias (Poindron *et al.*, 2003) y a las 48 horas postparto con sólo la ayuda de las señales acústicas (Terrazas *et al.*, 2003).

En cabras se ha observado que existe una gran actividad vocal durante las primeras horas postparto, tanto en la madre como en las crías (Terrazas, 1999; Terrazas *et al.*, 2003) lo cual se sugiere puede estar relacionada con procesos de comunicación y aprendizaje. También se ha observado que los cabritos ya son capaces de localizar a sus madres desde las 12 horas posparto a una distancia corta y los mecanismos por los cuales lo hacen son similares a los corderos (Gilling, 2002). Además para que el cabrito sea capaz de reconocer a su madre, es necesario que las vocalizaciones sean diferenciadas individualmente, es decir que el llamado de cada animal tenga cualidades particulares (Ruiz-Miranda *et al.*, 1993). Por ejemplo, las características físicas de los balidos de los cabritos son: duración del balido, la frecuencia pico y número de armónicas, los cuales son parámetros importantes en la formación de una firma acústica, lo que significa que son elementos importantes que pueden identificar individualmente a un sujeto (Terrazas *et al.*, 2003).

La comunicación vocal entre la oveja y el cordero es fundamental para la formación de enlaces adecuados, y ha demostrado que el comportamiento del balido de cordero está involucrado en el proceso de apego (Nowak, 1997). La vocalización de las crías puede ser influenciada por la excitación general la que generará la separación materna, o la inversa, se podría considerar como una respuesta de afrontamiento de la eventualidad y la vocalización servirá en este caso, para mitigar la excitación y la sobre estimulación adrenocortical (Levine *et al.*, 1983).

En estudios realizados en poblaciones de cabras salvajes se pudo observar que una cabra después de rumiar regresó con su cría balando continuamente, cuando apareció la cría era acompañada por otras tres crías, las crías en general tenían una edad entre 4-5 semanas, esta cabra pertenecía al mismo rebaño de cabras

salvajes donde se observó que, cuando las crías veían al observador, éstas se sobresaltaban y corrían inmediatamente con su madre, en otra cabra se observó que le balaba a su cría sin poner en alerta a la manada; por lo tanto había una tendencia social en las manadas ya que sólo en caso de alarma era cualquier balido hecho por alguna cabra. Sin embargo, ninguna cabra se mantuvo balando, excepto en esas ocasiones cuando una cría perdió a su madre o una madre estaba buscando a su (s) cría(s) (Mc Dougall, 1975).

3.3.2.- Reconocimiento madre-cría.

La hembra por lo general se aísla al momento del parto, dicho aislamiento del grupo social ayuda en gran parte a la formación del vínculo madre – recién nacido (Poindron *et al.*, 2003). Al momento del parto las cabras pueden aceptar a cualquier recién nacido, propio o ajeno, pero transcurrido un tiempo (30 a 120 minutos) la gran mayoría de las hembras rechazan a cualquier recién nacido con el cual no hayan tenido interacción, amamantando así solo a su (s) cría (s), a este suceso se le conoce como “selectividad materna”, el cual depende también del reconocimiento olfativo (Poindron *et al.*, 2007).

La línea de investigación referente al comportamiento materno y las relaciones madre-cría, en dicha especie, es de las que recientemente se ha desarrollado, especialmente por su relación con los factores de mortalidad postnatal en las crías de los caprino (Poindron *et al.*, 2007).

De esta manera se sabe que las cabras tienen crías precoces y son capaces de formar un vínculo selectivo con sus crías dentro de las primeras 4 horas postparto (Romeyer y Poindron, 1992). Se ha observado también, que las madres son capaces de discriminar a su cría a distancia, sin la ayuda de señales olfatorias, desde las 6 horas postparto (Poindron *et al.*, 2003). Asimismo, se conoce que dicha capacidad de reconocimiento distal en las madres, puede ocurrir con sólo la ayuda de las señales acústicas, ya que los cabritos cuentan con una firma acústica que está presente desde las 24 horas de nacidos (Terrazas *et al.*, 2003).

Tanto en ovejas como las cabras existen varios sistemas de reconocimiento de la cría, entre los más estudiados está el olfatorio que es de los primeros en establecerse en un periodo muy corto de tiempo, pues es funcional en menos de una hora posterior al parto en la mayoría de las cabras, otro sistema muy desarrollado es el de reconocimiento visual y acústico (Poindron, 1998; Phillips 2002).

IV.- HIPÓTESIS

La actividad electroencefalográfica de los cabritos a las 24 horas de edad y a los 7 días de nacidos tiene características diferenciales, que indican una capacidad de discriminación de los estímulos maternos.

V.- OBJETIVO

Caracterizar la actividad electroencefalográfica de cabritos a 24 horas de nacidos y a los 7 días de edad, ante la respuesta a estímulos acústicos de su madre y de una madre ajena.

VI.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.- Lugar de estudio

El presente estudio se realizó con animales del Módulo Caprino del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, campo 4, carretera Cuautitlán Teoloyucan, s/n Km 33 San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. El Municipio de Cuautitlán Izcalli, se localiza en la parte noroeste de la cuenca de México. Su cabecera municipal se ubica en las coordenadas 19° 40' 50" (19.65682) de la latitud norte y a los 99° 12' 25" (99.20953) de la longitud oeste. Cuautitlán Izcalli tiene una altura promedio de 2,252 msnm.

6.2.- Animales

Se utilizaron 11 cabritos, con sus respectivas madres, multíparas de la raza Alpino Francés 3 y 5 años de edad, que algunas sirvieron de madres ajenas. Los animales fueron mantenidos todo el tiempo en estabulación y fueron alimentados con heno de alfalfa, heno de avena, ensilado de maíz y alimento concentrado con 16% de proteína, que cubría sus requerimientos nutricionales de acuerdo al NRC, así como agua limpia a libre acceso.

6.3.- Registro de datos

Se utilizó un equipo de electroencefalografía de Biopac MP 35 (Biopac Systems USA), el cual estaba conectado a una computadora portátil Compaq presario 2100, con mínimo 500 megabytes de memoria RAM y un procesador con una velocidad de 1600GHz. Los datos se enviaban a una interfaz MP35 la cual los remite a la computadora que mediante el programa BSL pro de Biopac calibrado para EEG, convierte el micro voltaje en una gráfica separada por ritmos ya que este software es capaz de dividir el espectro cerebral de los ritmos del EEG Alfa, Beta, Delta, Theta y Gamma; en canales de registro separados. La calibración utilizada fue de 0.5 a 100 Hz la cual se usada en humanos para estudios del sueño, esto debido a que algunas ondas del EEG en cabras pueden ser mayores

de 70 Hz, como es el ritmo Theta (Bergamasco *et al.*, 2006) y el BIOPAC sólo cuenta con otra calibración de 0.5 a 35 Hz. La calibración de 100Hz no ocultaría, por lo tanto, ningún ritmo superior a 30 Hz (Biopac users manual), con sus interfaces, 3 electrodos hechos de hilo de plata que cuentan con una buena conducción, los electrodos fueron colocados en la parte frontal del cráneo de los cabrito, y los registros fueron tomados y almacenados un una computadora.

Cada electrodo se conectó a un cable transductor de tres vías, y tenía un color y corresponde a la polaridad que detecta ese cable, el negro se coloca al centro del cráneo y hacia el frente orientado sobre el tabique nasal, los cables rojo y blancos se colocan a los lados del cráneo por enfrente de las raíces de los cuernos y orientados hacia los lóbulos frontales ya que de estos debemos obtener el registro, el cable rojo se ubica al lóbulo derecho y el blanco al izquierdo (Figura 3).

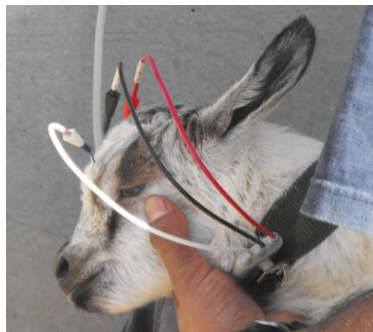


Figura 3. Imagen que muestra el lugar de colocación de electrodos en cabrito en aéreas frontales.

No se usaron anestésicos locales ya que estos interfieren con la conducción iónica en los tejidos, la inserción de los electrodos es similar a una inyección subcutánea y es poco dolorosa.

6.4.- Proceso experimental

Una vez al parto la cabra fue colocada en un corral de 2m x 2m y ahí se mantuvo hasta 3 horas posteriores, con el fin de que se estableciera el vínculo madre-cría, lo cual ocurre en las primeras horas del periodo sensible. Posteriormente fue colocada, junto con sus crías, en un corral de hembras paridas. A las 24 horas postparto el cabrito, junto con su madre, y una madre ajena parida fueron

probados en un corral de 4m x 4m con compartimentos de 2m x 1m para cada una de las madres (Figura 4). En este momento, se colocaron los electrodos al cabrito, y se tomaron sus registros EEG por un periodo de 10 minutos continuos. Se registró enfrente de su madre y luego enfrente de la madre ajena. El orden de grabación se alternaba en cada prueba. Simultáneamente en el controlador del equipo, también se apuntaba, con marcas, los momentos en los que las madres emitían vocalizaciones, para posteriormente poder asociarlo a la actividad eléctrica registrada. Una vez terminada la prueba todos los animales fueron regresados a su respectivo corral, en compañía de sus madres.

Un registro similar se llevó a cabo a cada uno de los cabritos a los 7 días de nacidos. Sin embargo, en este registro la prueba también consistía en exponer al cabrito enfrente de la madre propia o la ajena, pero en ausencia de señales visuales. Para lo cual enfrente del corral de las madres se puso un panel que impidió al cabrito tener acceso visual a las cabras.

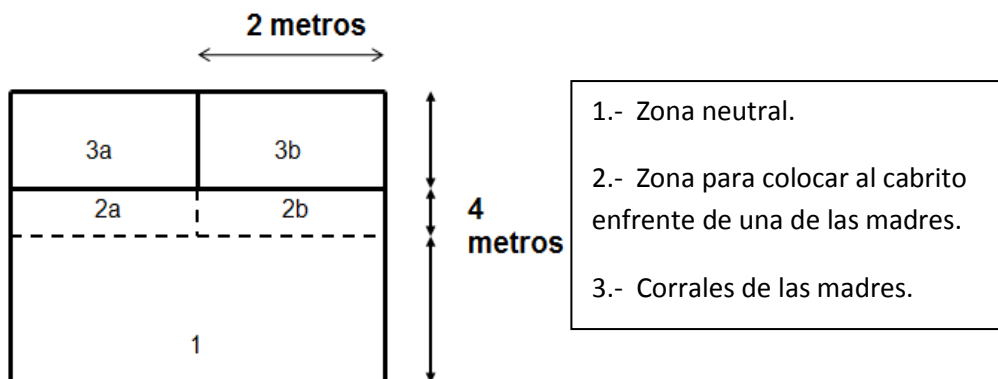


Figura 4.- Figura que representa el corral utilizado para colocar a los animales durante el registro EEG.

6.5.- Manejo de los datos.

Antes de iniciar el análisis estadístico, cada registro electroencefalográfico, se tuvo que purificar de errores o ruido, es decir movimientos involuntarios que se captaron, electrodos que se desconectaron, lo cual generaba potenciales eléctricos aberrantes o ruidos (normalmente con gran potencial eléctrico y de frecuencia que alterara totalmente los datos); en cada registro se marcaba con la tecla F9, el ruido o algún evento anormal, para facilitar la posterior depuración del registro.

Se utilizó la prueba de análisis rápido de Fourier (FFT por sus siglas en inglés) que resuelve problemas de sistemas lineales y analiza datos periódicos, con eso se logra normalizar los datos obtenidos de cada ritmo electroencefalográfico y se obtenía la media de frecuencia e intensidad para cada cabrito, los datos obtenidos del análisis de Fourier nos da el poder espectral de todo el registro.

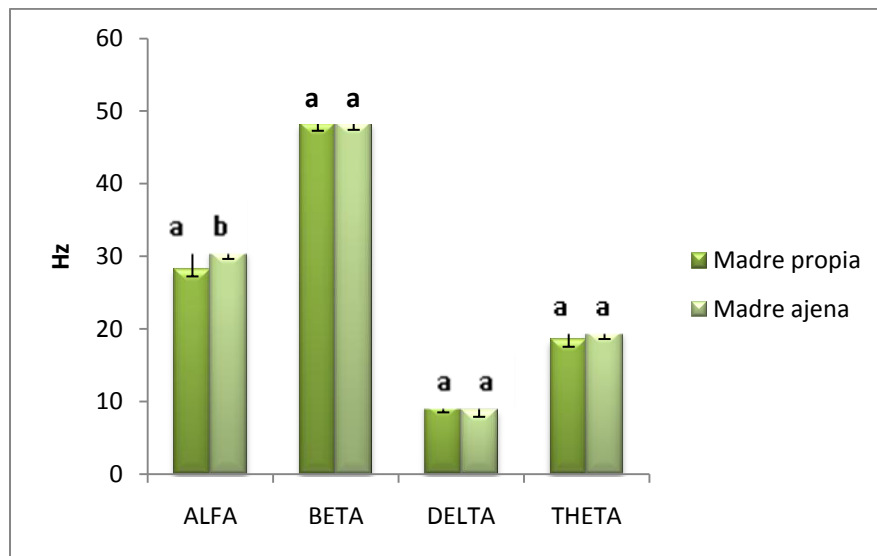
6.6.- Análisis estadístico.

Se comparó la frecuencia y la intensidad de cada una de las ondas reportadas en el registro electroencefalográfico, cuando el cabrito respondía a las vocalizaciones de la madre propia o de la madre ajena. Esto a través de una prueba no paramétrica de Wilcoxon, así como para comparar entre los registros del día 1 y el 7 post-nacimiento. El análisis estadístico se realizó con ayuda del programa para Windows SYSTAT versión 10.

VII.-RESULTADOS

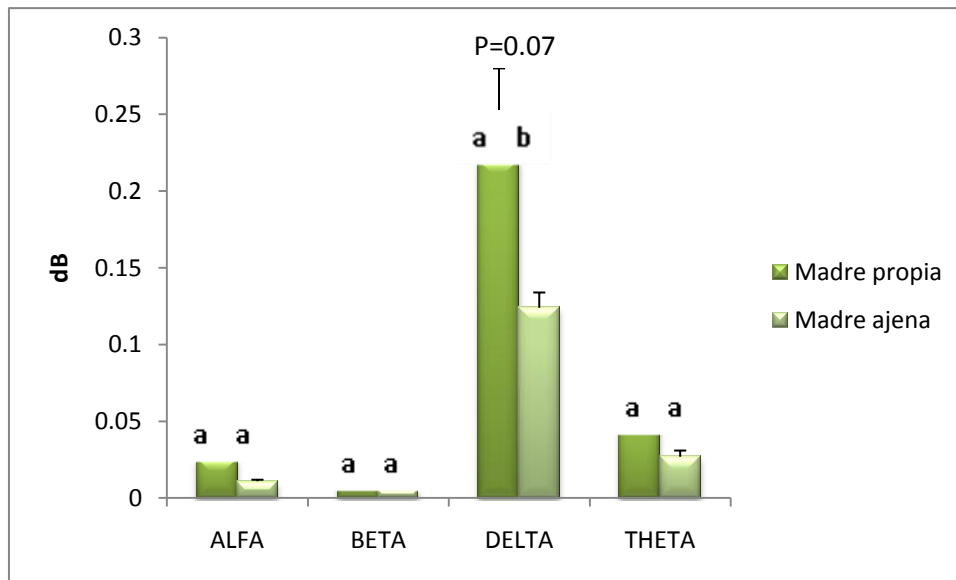
- **24 horas de edad**

Cuando se comparó las frecuencias en las distintas ondas registradas, se observó que sólo la frecuencia de Alfa, difirió cuando el cabrito era expuesto a las vocalizaciones de cada madre. En la Grafica 1, se observa que la frecuencia de alfa fue mayor en presencia de la madre ajena que de la madre propia ($P=0.05$). No se encontraron diferencias significativas en las demás frecuencias de las ondas, entre los registros con la madre propia versus la ajena.



Grafica 1.- Comparación de los registros de EEG (media \pm DE) de las frecuencias de Alfa, Beta, Delta y Theta, cuando los cabritos fueron registrados enfrente de la madre propia o de la ajena a 24 horas de nacidos. **a b** indica diferencias entre propia versus ajena. **a a** sin diferencia.

Cuando se comparó la intensidad de las distintas ondas registradas en la EEG a 24 horas de edad, se encontró que en las ondas Alfa, Beta y Theta, la intensidad fue mayor ante la presencia de la madre propia que de la ajena (Grafica 2), mientras que en la intensidad de Delta sólo se encontró una tendencia a ser mayor en la madre propia que en la ajena ($P=0.07$).



Grafica 2.- Comparación de los registros de EEG (media \pm DE) de la intensidad en las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, cuando los cabritos fueron registrados enfrente de la madre propia o de la ajena a 24 horas de nacidos. **a b** indica diferencias entre propia versus ajena, **a a** sin diferencia.

▪ Siete días de edad

Cuando se compararon los efectos de la presentación de estímulos de la madre propia versus la madre ajena se encontró que sólo en la frecuencia de Delta se observaron efectos, de esta manera los cabritos tendieron con mayor frecuencia en esta onda cuando se encontraban enfrente de la madre ajena que cuando se encontraban enfrente de la madre propia (P=0.06, Tabla 1).

	MADRE PROPIA	MADRE AJENA
Frecuencia de Alfa (Hz)	(36.6 ± 5)	(34.5 ± 5)
Intensidad de Alfa (mv)	(0.06 ± 0.13)	(0.06 ± 0.07)
Frecuencia de Beta (Hz)	(53.6 ± 3)	(53.07 ± 4)
Intensidad de Beta (mv)	(0.03 ± 0.07)	(0.04 ± 0.04)
Frecuencia de Delta (Hz)	(8.6 ± 1)	(9.9 ± 2)
Intensidad de Delta (mv)	(0.76 ± 1.55)	(0.52 ± 0.59)
Frecuencia de Theta (Hz)	(19.9 ± 2)	(22 ± 6)
Intensidad de Theta (mv)	(0.15 ± 0.29)	(0.13 ± .12)

Tabla 1.- Valores registrados de intensidad y frecuencia (media ± SD), de las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, en cabritos con 7 días de edad.

▪ **Comparación entre 24 horas y 7 días de edad**

Cuando se comparó la actividad eléctrica de los cabritos, debido a la respuesta ante los estímulos vocales tanto de la madre como de la ajena, se encontró lo siguiente. La frecuencia de alfa cuando los cabritos estuvieron ante los estímulo de la madre propia, fue mayor a 7 días que a 24 horas de edad ($P= 0.002$, Grafica 3). Un resultado similar se observó en la frecuencia de alfa cuando los cabritos estaban enfrente de la madre ajena ($P=0.04$).

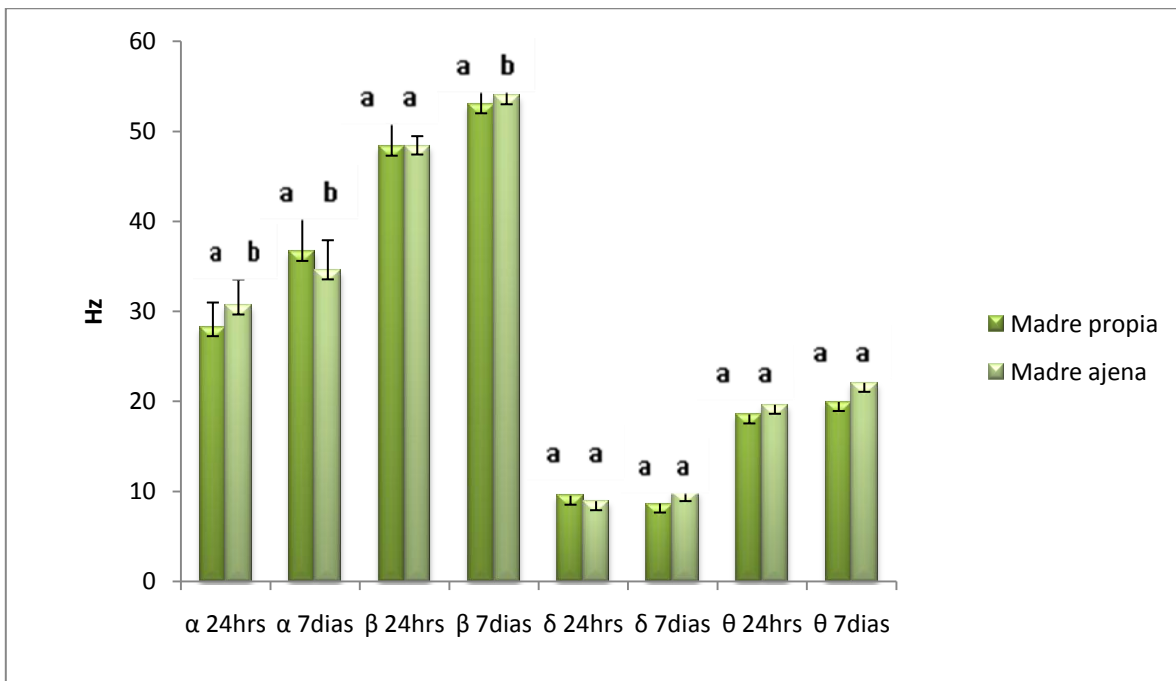
La intensidad de alfa difirió, a las 24 horas cuando los cabritos se encontraban enfrente de la madre propia ($P>0.05$), mientras que cuando se encontraban enfrente de la madre ajena dicha intensidad fue mayor cuando los cabritos tenía 7 días de edad (0.06 ± 0.06 vs. 0.01 ± 0.001 , mv $P=0.03$).

Por su parte en la onda Beta, se encontró que la frecuencia fue mayor a los 7 días de edad que a las 24 horas, y esto sucedió en los dos momentos del registro, cuando estaban enfrente de la madre propia, y enfrente de la madre ajena (≤ 0.01)

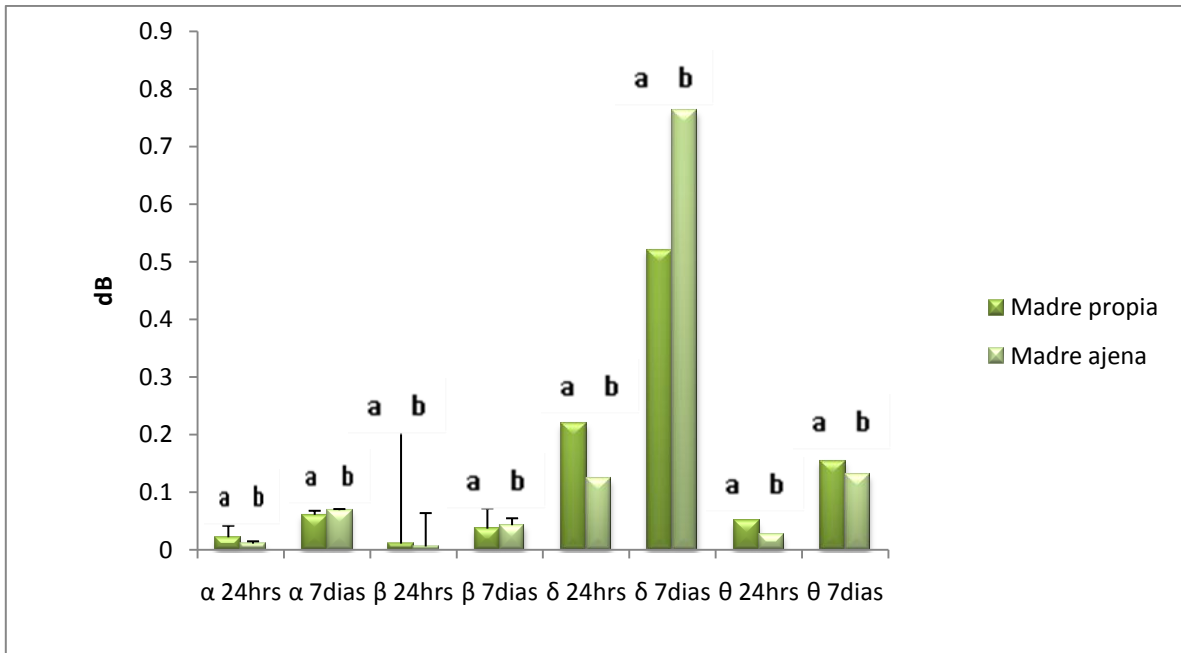
(Figura 7). Mientras que en la intensidad de onda Beta, aumento con la madre se registró enfrente de la madre propia a las 24 horas, y a los 7 días se observó que aumento cuando los cabritos estaban frente la madre ajena ($P=0.02$) (Grafica 4).

En la onda Delta, la frecuencia y la intensidad aumento a las 24 horas cuando estaban con la madre propia y a los 7 días aumento cuando se registró con la madre ajena ($P=0.06$).

Finalmente al comparar los resultados entre las 24 horas y los 7 días de edad, para la onda Theta, se encontró que la frecuencia fue mayor a las 24 horas y 7 días con la madre ajena y la intensidad se aumenta cuando los cabritos fueron registrados enfrente de la madre propia a las 24 horas y a los 7 días de edad.



Grafica 3.- Comparación de los registros de EEG (media \pm DE) de la frecuencia en las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, a las 24hrs y a los 7 días de nacidos. **a b** indica diferencias entre propia versus ajena, **a a** sin diferencia.



Grafica 4.- Comparación de los registros de EEG (media ± DE) de la intensidad en las ondas Alfa, Beta, Delta y Theta, a las 24hrs y a los 7 días de nacidos. **a b** indica diferencias entre propia versus ajena.

VIII.- DISCUSIÓN

De acuerdo a nuestros resultados podemos decir que nuestra hipótesis fue aceptada, ya que se encontró variación en la EEG de los cabritos evaluados tanto a las 24 horas como a los 7 días de edad, cuando fueron expuestos a los estímulos de la madre propia o de la ajena, lo que pudiera sugerir una capacidad de discriminación entre ambas madres, por parte de la cría.

De esta manera se observó que en la lectura hecha a las 24 horas de vida, la frecuencia de la onda Alfa estuvo aumentada cuando el cabrito se encontraba expuesto con la madre ajena. Mientras que la intensidad de las ondas Alfa, Beta y Theta fueron mayores cuando los cabritos estaban enfrente de la madre propia, y una tendencia en la Delta. Cuando se evaluó a los 7 días de edad, se observó un aumento en la frecuencia onda Delta, con la madre ajena.

En estudios realizados para evaluar la capacidad del cabrito a 12 horas de edad, se encontró que éste es capaz de discriminar a su madre de una ajena, siempre y cuando las señales emitidas por la madre sean de aceptación, como la emisión de balidos bajos y una actitud de apaciguamiento. Sin embargo, cuando el cabrito recibe señales muy similares, de ambas madres, como las que emite las cabras que no formaron vínculo selectivo, en ese mismo estudio se observó que los cabritos no fueron capaces de mostrar una preferencia por alguna de las madres (Poindron *et al.*, 2007b). Los presentes resultados en la variación de las ondas antes mencionadas, cuando los cabritos se encontraban expuestos a señales de la madre propia o de la ajena, sugieren que existe variabilidad de respuesta de la actividad cerebral, de la cría debido a una discriminación de la señal recibida.

Los caprinos son una especie altamente vocal, que puede emitir y procesar señales de este tipo, desde muy temprana edad. De esta manera se observa que durante las primeras horas postparto hay una alta actividad vocal, tanto en la madre como en las crías. También se ha reportado que las características físicas de los balidos de los cabritos como: duración del balido, la frecuencia pico y número de armónicas, son parámetros importantes en la formación de una firma acústica, y están presente desde las 24 horas de edad, lo que significa que existe una firma acústica en la cría (Terrazas *et al.*, 2003). Sin embargo, no existen estudios que demuestren que el cabrito pueda identificar solamente por la voz a su madre, de una ajena, en los primeros días de vida. Por lo que los resultados encontrados en el presente trabajo podrían ser un indicio de que la sola voz de la madre, sea un estímulo desencadenante que permita a la cría generar una respuesta conductual, sin embargo, es necesario realizar más estudios para confirmarlo. Pues los trabajos realizados en ovinos, demuestran que los corderos

con 48 horas de nacidos si son capaces de discriminar entre su madre de una ajena, solamente por la voz (Sébe *et al.*, 2008). Lo que significa que existe un mecanismo central de discriminación de señales individuales.

Tanto en las ovejas, como en las cabras se ha demostrado que las primeras horas postparto son determinantes para que se establezcan diferentes vínculos, como la impronta filial y la impronta sexual (Kendrick *et al.*, 1998; Poindron *et al.*, 2007b), por lo que las crías deberán estar más reactivas a señales provenientes de las madres, como las visuales, olfatorias y auditivas. Es posible que ya exista en el primer día de vida, un intenso desarrollo cerebral que les permita, aprender a discriminar, en este caso señales auditivas provenientes de las madres.

Los resultados obtenidos en el presente estudio a los 7 días de edad, muestran que existe una variabilidad en la actividad EEG de los cabritos debido al estímulo, ya sea de la madre propia o de la madre ajena. Esto podría sugerir que la capacidad de discriminación en el cabrito deberá de ser más intensa. Ya que al comparar la actividad EEG de los cabritos a 24 horas contra 7 días, se observó que ésta incrementó. De esta manera, se encontró que la frecuencia y la intensidad de las ondas alfa, beta y theta fueron mayores a los 7 días que a las 24 horas, este resultado concuerda con el reportado por Bergamasco *et al.*, (2006), donde se evaluó la actividad EEG de cabritos con distintos grados de desarrollo que fueron desde los 15 hasta los 75 días de edad, y encontró que existe una variación en la actividad de las distintas ondas registradas, lo que lo atribuye a un cambio en el desarrollo de la actividad EEG, del cabrito, con un incremento en la intensidad de theta y beta, lo que sugiere que las estructuras que se encuentran por detrás de la actividad bioeléctrica registrada, no están completamente maduras (Bergamasco *et al.*, 2006).

IX.- CONCLUSIONES

Se concluye que la variación en la actividad EEG de cabritos con 24 horas y 7 días de edad sugiere una capacidad de reconocimiento de las vocalizaciones maternas.

El incremento en las frecuencias e intensidades de los registros EEG, de las 24 horas a 7 días de edad, reflejan un proceso de maduración cerebral de los cabritos.

X. - BIBLIOGRAFÍA

Alexander G. Role of auditory and visual cues in mutual recognition between ewes and lambs in Merino sheep. *Applied Animal Ethology* 1977; 3:65-81.

Altmann, S. A. 1967. The structure of primate social communication. In: S. A. Altmann (ed.) *Social communication among primates*. p 325-362. University of Chicago Press, Chicago.

Banquet J. J. Spectral Analysis of EEG in meditation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1973, 35:143-151

Bell F. R. T. Itabisashi. *The Electroencephalogram of Sheep and Goats with Special Reference to Rumination Physiology and Behavior*, Vol I 1, pp. 503-514. BrainResearch Publications Inc., 1973.

Bergamasco L.E., Macchi A.C., Facello A.P., Badino B.R., Odore B.G., Reb M.C., Osella B. Electroencephalographic power spectral analysis of growing goat kids (*Capra hircus*). *Small Ruminant Research* 2006, 6; 265-272.

Buxade C. *Producción Caprina*. España: Mundi Prensa, 1996.

Clutton-Brock, J. 1999. *A natural history of domesticated mammals*. Cambridge University Press, Cambridge.

Delamónica, E.A. *Electroencefalografía*. 2 da. Edición. Buenos Aires. Editorial, el Ateneo. 1987.

Dwyer, C., Laurence, A., Bishop, S., and Lewis, M. 2003. Ewe-lamb bonding behaviours at birth are affected by maternal undernutrition in pregnancy. *British Journal of Nutrition* 89, 123-136.

Ganong F. William. *Fisiología Médica*. ed. El Manual Moderno, 20ª ed, México. 2006.

Gilling, G. 2002. Desarrollo del reconocimiento mutuo entre madre y su cría en los primeros días posparto en cabras. Instituto de Neurobiología. Universidad Nacional autónoma de México, Querétaro.

Gubernick, D. J. 1980. Maternal "imprinting" or maternal "labelling" in goats. *Animal Behaviour* 28, 124-129.

Gubernick, D. J. 1981. Mechanisms of maternal "labelling" in goats. *Animal Behaviour* 29, 305-306.

Herscher, L., A.U., M., and J.B., R. 1958a. Effect of postpartum separation of mother and kid on maternal care in the domestic goat. *Science* 128, 1342-1343.

Hinde, R. A. 1974. *Biological bases of human social behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge.

Holliday T.A., Williams C. *Clinical Electroencephalography in dogs*. *Veterinary Neurology and Neurosurgery* 1999;1.

Jongman, J. P. Morris, J. L., Barnett and P. H. Hemsworth, EEG changes in 4-week-old lambs in response to castration, tail docking and mulesing, 2000.

Kendrick KM, Hinton MR, Atkins K, Haupt MA, Skinner JD. Mothers determine sexual preferences. *Nature* 1998;395:229-30.

Klopfer, P. H., y J. Gamble. 1966. Maternal imprinting in goats: The role of chemical senses. *Zeitschrift Fur Tierpsychologie* 23: 588-592.

Klopfer, P. H., y M. S. Klopfer. 1968. Maternal "Imprinting" In goats: Fostering of alien young. *Zeitschrift Fur Tierpsychologie* 25: 862-866.

Lent, P.C.1974. Mother-infantrelationships in ungulates.In: V.Geist and F. walther (Editors),*The behaviour of ungulates and its Relation to Management*.IUCN, Morges.

Levine, F., Poindron, P., Le Neindre, P., 1983. Attraction and repulsion by amniotic fluids and their olfactory control in the ewe around parturition. *Physiology Behaviour*. 31, 687–692.

Lickliter R.E., Heron J.R., Recognition of mother by newborn goats, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 12 (1984), pp. 187–192.

Merino, L., Robledo M. V., Hernández V. F., Serafín L. N., Soto G. R., Sánchez S. H., Terrazas G. A. 2006. "La Desnutrición en la Gestación en Cabras, Afecta Comportamiento Madre-Cría en la primera hora al Parto. XX Reunión Nacional Sobre Caprinocultura, Culiacan Sinaloa, 209.

McDougall, P. 1975. "The feral goats of Kielderhead Moor". *J.Zoo.,Lond.* 176, 215-246.

Mowlem, A. 1996. *Goat farming*. 2nd ed. Farming Press Book, Ipswich, UK.

Nowak R, Murphy TM, Lindsay DR, Alster P, Andersson R, Uvnäs-Morberg K. 1997. Development of a preferential relationship with the mother: importance of the sucking activity. *Physiol. Behav.* 62, 681-688.

Okuma.T, 1966. The function of brain. In Tamiya, N. Naguno(eds) Life and Science, vol 6. Kyoritsu-Syuppan, Tokio,pp 227-259.

Pampiglione, G., 1977. Development of some rhythmic activity in the EEG of young pigs, lambs and puppies. Rev. EEG Neurophysiol.7, 255–262.

Poindron P., Gilling G., Hernández H., Serafín N., Terrazas A. Early recognition of newborn goat kids by their mother: I. Nonolfactory discrimination. Developmental Psychobiology 2003; 43:82-89.

Poindron P., Terrazas A., Navarro-Montes de Oca ML, Serafín N., Hernández H. Sensory and physiological determinants of maternal behavior in the goat (*Capra hircus*). Hormones and Behavior. 2007a; 52:99-105.

Poindron P., Gilling G., Hernandez H., Serafin N., Terrazas A. Preference of 12-h-old kids for their mother goat is impaired by pre-partum anosmia in the mother. Animal. 2007b, 1:9, 1328-1334.

Poindron P., Lévy F., Keller M. Maternal responsiveness and maternal selectivity in domestic sheep and goats: the two facets of maternal attachment. Developmental Psychobiology 2007c; 48:54-70.

Phillips Clive. Cattle behavior and welfare. Blackwell Science Ltd USA 2002.

Ramos-Argüelles, G. Morales, S. Egozcue, R.M. Pabón, M.T. Alonso. Basic techniques of electroencephalography: principles and clinical applications. An. Sist. Sanit. Navar. 2009, Vol. 32.

Romeyer, A., Poindron, P., and Orgeur, P. 1994. Olfaction mediates the establishment of selective bonding in goats. Physiology and Behavior 56(4), 693-700.

Ros T.; Munneke M.; Ruge D.; Endogenous control of waking brain rhythms induces neuroplasticity in humans. European Journal of Neuroscience, Vol. 31, pp. 770–778, 2010

Ruiz-Miranda, C. R. 1993. Use of pelage pigmentation in the recognition of mothers in a group by 2- to 4-month-old domestic goat kids. Applied Animal Behaviour Science 36, 317-326.

Sébe F., Nowak R., Poindron P., Aubin T. Establishment of vocal communication and discrimination between ewes and their lamb in the first two days after parturition. Developmental Psychobiology 2007. 49:375-386.

Sébe F., Aubin T., Boué A., Poindron P. Mother-young vocal communication and acoustic recognition promote preferential nursing in sheep. *The Journal of Experimental Biology* 2008. 211; 3554-3562.

Serafin, N. Terrazas, A., Hernandez, H., Paredes, and Poindron, P. 2003. Maternal Behaviour of intact and anosmic parturient goats. *International Ethological Conference, Florianapolis, Brazil 2003.*

SIAP con información de la Delegación de SAGARPA.

Terrazas A., Ferreira G., Lévy F., Nowak R., Serafin N., Orgeur P., Soto R., Poindron P. Do ewes recognize their lambs within the first day postpartum without the help of olfactory cues? *Behavioural Processes* 1999; 47:19-20.

Terrazas A., Nowak R., Serafin N., Ferreira G., Lévy F., Poindron P. Twenty-four-hour-old lambs rely more on maternal behavior than on the learning of individual characteristics to discriminate between their own and an alien mother. *Developmental Psychobiology*. 2002; 40:408-418.

Terrazas A., Serafín N., Hernández H., Nowak R., Poindron P. Early recognition of newborn goat kids by their mother: II. Auditory recognition and evidence of an individual acoustic signature in the neonate. *Developmental Psychobiology*. 2003; 43:311-320.

Uhlhaas PJ, Roux F, Singer W, Haenschel C, Sireteanu R, Rodriguez E. The development of neural synchrony reflects late maturation and restructuring of functional networks in humans. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2009, 106: 9866–9871.

Yamamoto, J., 1998. Relationship between hippocampal Theta-wave frequency and emotional behaviors in rabbits produced with stresses or psychotropic drugs. *Japanese Journal of Pharmacology*. 76, 125–127.