

11674



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA  
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD  
ANIMAL**

**ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA  
DESNUTRICIÓN DURANTE LA GESTACIÓN  
SOBRE LAS RELACIONES MADRE-CRÍA EN  
CABRAS**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:  
VICTOR MANUEL ANTONIO ROBLEDO  
MURUA**

**TUTOR : ANGÉLICA MARIA TERRAZAS GARCÍA**

**COMITÉ TUTORAL  
MANUEL SALAS ALVARADO  
HECTOR VERA AVILA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo del proyecto de Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro N° 106/02.

También gracias al apoyo del proyecto extraordinario PAPIIT N° IN248504.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgar la beca de Maestría.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Instituto de Neurobiología Campus Querétaro.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Al Programa de Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, UNAM.

# AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial agradezco la confianza, el apoyo, los consejos, y el tiempo dedicado en el desarrollo de mi trabajo a la Dra. Angélica María Terrazas García.

También quiero agradecer el apoyo prestado para la realización del presente trabajo a la MVZ. Norma Serafín.

Agradezco a todas las personas que de manera desinteresada me ayudaron en la fase experimental del presente trabajo, muy especialmente a Ángela Serafín y Alejandro Serafín.

A la M. en C. Araceli Aguilera Barreiro por su valioso apoyo en la formulación de las dietas experimentales.

De manera especial, también quiero agradecer al Sr. Raúl Paulín Pineda, Adolfo Paulín Pineda y Francisco Paulín, por cuidar de los animales mientras duro el experimento.

Quiero agradecer de manera muy especial al Dr. Héctor Vera Avila y al Dr. Manuel Salas Alvarado por ayudarme en mi formación profesional, por medio de sus consejos y comentarios, siempre tan acertados.

A los PhD. Alfredo Medrano Hernández y Héctor Jiménez Severiano, por sus comentarios y ayuda para concluir el escrito.

Y mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México por permitir desarrollarme en sus instalaciones.

# DEDICATORIAS.

Dedico primero que nada, este trabajo a DIOS, porque sin el no soy nada, y con el lo soy todo, gracias a él tuve unos padres maravillosos y me ha puesto en mi camino una mujer excepcional.

Dedico este trabajo de manera muy especial y con mucho amor a mi esposa María de Lourdes Reynoso Domínguez, por todo el amor, cuidado, comprensión y apoyo que me ha dado de manera incondicional desde que la conocí y por ser mi inspiración para ser cada día mejor.

A mis Padres MVZ. José Luis Robledo Haro y Maria Eugenia Murua de Robledo por sus cuidados, consejos e impulso para superarme.

# CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. HIPÓTESIS.....	3
III. OBJETIVOS.....	4
IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	6
1. GENERALIDADES DE LA CONDUCTA MATERNA EN OVINOS Y CAPRINOS.....	6
1.1 Conductas parto.....	7
1.2 Conductas de cuidado hacia el recién nacido.....	8
1.3 Factores fisiológicos involucrados en la facilitación de la conducta materna en ovinos y caprinos.....	9
1.4 Factores sensoriales involucrados en la conducta materna en ovinos y caprinos.....	17
1.5 Mecanismos de discriminación de la madre por las crías.....	20
2. IMPACTO DE LA NUTRICIÓN SOBRE EL DESARROLLO FETAL Y EL FUNCIONAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS CRÍAS CAPRINAS Y OVINAS EN LA VIDA ADULTA.....	23
2.1 Estado periovulatorio y preñez temprana.....	24
2.2 Preñez media.....	26
2.3 Final de la gestación.....	28
3. EFECTO DE LA DESNUTRICIÓN SOBRE LA CONDUCTA MATERNA.....	30
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	33
VI. RESULTADOS.....	51
VII. DISCUSIÓN.....	74
VIII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	81
IX. LITERATURA CITADA.....	83

# RESUMEN

La conducta materna es el proceso resultante del efecto combinado de factores neuronales y humorales que llevan al individuo a promover la crianza adecuada de su progenie. En mamíferos, la supervivencia de la progenie es una etapa crítica de la reproducción y su éxito determina la capacidad reproductiva de los padres. Varios factores pueden ocasionar una alteración en la expresión de la conducta materna en el periodo inmediato al parto. Aunque ya se han revisado algunos de ellos, como lo es la experiencia y la raza, hay muy pocas evidencias acerca del efecto de la desnutrición sobre el establecimiento de las relaciones madre-cría en cabras. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el efecto de la desnutrición desde la segunda mitad de la gestación sobre las interacciones madre-cría en el periodo postparto inmediato en la especie caprina.

Se utilizaron 27 cabras criollas encastadas con Sannen y Alpino Francés, las cuales en el día 70 de la gestación fueron asignadas a dos grupos: un grupo fue alimentado de acuerdo a sus requerimientos fisiológicos ( Grupo control; n=10 ), y el otro alimentado con el 70% aproximadamente de sus requerimientos teóricos en proteína y energía (n=17), hasta el final de la gestación. Al momento del parto las cabras fueron video-filmadas durante dos horas después del nacimiento de la última cría. Se evaluó la capacidad de discriminación selectiva al amamantamiento a las 4 horas postparto, así como la capacidad de reconocimiento a distancia entre su cabrito y uno extraño, a las 8 horas postparto. Los cabritos fueron probados en su capacidad de reconocer a sus madres a las 12 ó 24 horas después del nacimiento. Se obtuvo en primer instancia que las cabras del grupo desnutrido pesaron menos que las del grupo control, al parto y a la semana postparto ( $P= 0.03$ ). También los cabritos nacidos de madres desnutridas pesaron menos al parto, a la semana y a las tres semanas postparto ( $P = 0.05$ ). En las observaciones realizadas durante las primeras 2 horas postparto se observó que los cabritos del grupo control se pararon más rápido por primera vez que los desnutridos ( $1351 \pm 147$  seg. v.s  $2494 \pm 447$  seg. respectivamente  $P=0.04$ ). La selectividad materna no fue afectada por la desnutrición, en ambos grupos las madres aceptaron al amamantamiento sólo a su cría y rechazaron a la ajena. Por otra parte, la capacidad de reconocimiento a distancia de las madres a 8 horas si se afectó, ya que las hembras desnutridas no mostraron indicios de preferencia por alguno de los cabritos, mientras que las madres del grupo control sí pudieron reconocer a sus crías ya que permanecieron significativamente más tiempo cerca de su cabrito que del extraño (grupo control:  $102 \pm 24$  vs.  $25 \pm 10$  seg.  $P \leq 0.05$  y grupo desnutrido:  $37 \pm 13$  vs.  $36 \pm 13$  seg. de permanencia de cría propia v.s cría extraña, respectivamente). Finalmente en las crías se observó que a 12 horas los cabritos desnutridos, a pesar que reconocieron a sus madres, permanecieron menos tiempo con ellas que los cabritos control (grupo control:  $198.3 \pm 31.8$  v.s  $37.2 \pm 30.2$   $P \leq 0.05$  y grupo desnutrido  $103.6 \pm 28.9$  vs.  $24.2 \pm 17.4$   $P < 0.1$ , de permanencia con la madre propia v.s una madre extraña, respectivamente). A las 24 horas ya ambos grupos mostraron un claro reconocimiento de sus madres, y preferencia por ellas. Estos resultados nos permiten concluir que la desnutrición durante la gestación puede deteriorar la conducta materna y el establecimiento las relaciones madre-cría en las cabras, lo cual nos puede repercutir en una mayor mortalidad de nuestras pariciones.

**Palabras claves:** cabras, gestación, desnutrición, conducta materna, reconocimiento mutuo, cabritos.

# ABSTRACT

The maternal behavior is the resulting process of the combination of neuronal and humoral factors that take to the individual to protect their litter. In mammals, the survival of the offspring is a critical stage of the reproduction and its success determines the reproductive capacity of the parents. Several factors can immediately cause an alteration in the expression of the maternal behavior in the postpartum period. Although already some of them have been reviewed, as it is the experience and the race, there very few evidences about the effect of the undernourishment on the mother-young relationship in goats. The present work was carried out to evaluate the effect of the undernourishment from second half of the pregnancy on the mother- young relationship in the period immediately postpartum. 27 Creole goats cross with Sannen and French Alpino were used, which in day 70 of the gestation were assigned to two groups: a group was fed according to its physiological requirements (n=10), and the other fed with approximately 70% on its protein and energy requirements (n=17), until the end of the pregnancy. At the time of the birth the goats were video-filmed during two hours after the birth of the last kid. The maternal selective behavior was evaluated at 4 hours postpartum, as well as the capacity of distal recognition between its kid and one stranger was also recorded at 8 hours postpartum. The kids were tested in their capacity to recognize their mothers at 12 or 24 hours after the birth. Results show in first instance that the undernourished goats weighed less than those of the control group at birth and one week postpartum ( $P = 0.03$ ). Also the undernourished kids weighed less to the childbirth, one week and at three weeks postpartum ( $P = 0.05$ ). In the observations made during the first 2 hours postpartum it was observed that the kids from control group stand up earlier than undernourished ones ( $1351 \pm 147$  sec. vs  $2494 \pm 447$  sec. respectively  $P=0.04$ ). The maternal selective behavior was not affected by the undernourishment, in both groups the mothers accepted to the breast-feeding only to their own kid and rejected to any alien kid. Whereas the capacity of distal recognition of the mothers at 8 hours was affected, since the undernourished females did not show indications of preference by some of the kids, whereas the mothers of the control group did so, they were able to recognize its young since they remaining significantly more time near to the own kid than to the alien (control group:  $102 \pm 24$  versus.  $25 \pm 10$  sec.  $P \leq 0.05$  and undernourished group:  $37 \pm 13$  versus.  $36 \pm 13$  sec.). Finally in the young it was observed that at 12 hours the undernourished kids, even they were able to recognized their mothers, remained less time with them than the kids of controls group (control group l:  $198.3 \pm 31.8$  v.s  $37.2 \pm 30.2$   $P \leq 0.05$  and undernourished group  $103.6 \pm 28.9$  vs.  $24.2 \pm 17.4$   $P < 0.1$ ). At 24 hours both groups of kids showed clear preference for their own mothers.

These results allow us to conclude that the undernourishment during the gestation can deteriorate the maternal behavior and the mother young relationship in the goats.

**Key words:** goats, pregnancy, undernourishment, maternal behavior, mother- young relationship, kids.

# I. INTRODUCCIÓN.

La conducta materna es el proceso resultante del efecto combinado de factores neuronales y humorales, cuyo fin es promover la crianza de la progenie (González-Mariscal y Poindron, 2002; Rosenblatt y Lehrman, 1963; Trivers, 1974). En mamíferos, la supervivencia de la progenie es una etapa crítica de la reproducción, determinando ésta el éxito reproductor de los padres (Carlson, 1999; Poindron, 2001). Además, el recién nacido, depende totalmente de su madre para su alimentación (Hafez, 1989; Nowak, 1999; Nowak *et al.*, 2000; Poindron, 2001), lo cual implica que la rápida manifestación de una óptima conducta de cuidado de la prole, es vital al momento del parto (Poindron, 2001).

Dependiendo del grado de desarrollo de las crías, existen diferencias notables tanto en la manifestación de la conducta del cuidado de la progenie como en los mecanismos que la controlan (Nowak *et al.*, 2000; Poindron y Schaal, 1993). En la mayoría de las especies que paren crías altriciales (es decir poco desarrollados al nacer, ej., ratas y conejos), la conducta materna está organizada en relación a la presencia de un nido y la madre generalmente cuida cualquier cría que se encuentre en él (Fleming *et al.*, 1995; Rosenblatt y Lehrman, 1963). En especies que acarrear a su progenie (por ejemplo los primates), el contacto físico es el factor crítico para el buen desarrollo del infante (González-Mariscal y Poindron, 2002; Kleiman y Malcolm, 1981). Finalmente, en especies sociales con crías precoces como son los ungulados , hablando específicamente de la oveja y la cabra, la formación rápida de un vínculo madre – cría selectivo es una característica frecuente e indispensable (Poindron, 2001; Poindron *et al.*, 1988).

Por otra parte, los mecanismos que llevan a la activación de la conducta materna al momento del parto, también difieren entre especies (Poindron, 2001) a pesar de la importancia de la conducta de amamantamiento en todos los mamíferos (Nowak, 1999; Poindron, 2001). Así, en el ratón, el conjunto de señales sensoriales proporcionados por la sola presencia de las crías es suficiente para

inducir conducta materna en términos de minutos, independientemente del estado fisiológico, el sexo o la experiencia materna previa de los sujetos (Carlson, 1999) . En la rata, la manifestación rápida de la conducta materna, necesita de la activación de sistemas neurohormonales internos de la madre, al menos en hembras sin experiencia previa. Por otro lado, en ratas con experiencia, la sola presencia de las crías puede desencadenar conductas de cuidado materno, aún si no son gestantes o lactantes (Bridges, 1990). Sin embargo, machos o hembras vírgenes, necesitan de 5 a 10 días de exposición a crías jóvenes (sensibilización), para mostrar conducta materna, en ausencia de tratamientos hormonales de inducción (Rosenblatt *et al.*, 1979). Finalmente, en ovejas y cabras, las cuales desarrollan una muy marcada relación de exclusividad madre-cría después del parto y paren a crías precoces, una activación interna de la motivación maternal es necesaria independientemente de la experiencia materna, aún si dicha experiencia facilita la manifestación de la conducta (Poindron *et al.*, 1988).

En ovinos y caprinos se ha demostrado claramente el efecto que tienen factores como la edad y la raza de la madre sobre el desarrollo de la relación exclusiva entre la madre y la cría al inicio del periodo de crianza (Dwyer y Lawrence, 1998; Dwyer *et al.*, 1998; Lévy y Poindron, 1987; Romeyer, 1993). Sin embargo, existen otros factores como el temperamento materno, las condiciones ambientales durante y después del parto y el estado nutricional de la madre y/o la cría, cuyos efectos sobre las interacciones madre-cría que conducen al establecimiento de la relación madre-cría durante el postparto temprano que no se han analizado en detalle (Poindron, 2001).

Por lo anterior, la finalidad del presente trabajo fue evaluar el efecto de la restricción nutricional, durante la gestación sobre las interacciones madre-cría antes mencionadas y sobre el peso al nacimiento de las crías, como elementos que puede comprometer la sobrevivencia temprana de estas últimas y el éxito reproductivo en la especie caprina.

## **II. HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS I**

La desnutrición en cabras a partir de la segunda mitad de la gestación tiene efectos sobre el establecimiento de la relación madre – cría en el periodo neonatal.

### **HIPÓTESIS II.**

La desnutrición en cabras a partir de la segunda mitad de la gestación tiene efectos sobre el peso de las madres antes del parto y el peso de las crías y madres durante la lactancia.

### **III. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los efectos de la desnutrición a partir de la segunda mitad de la gestación, sobre las relaciones madre-cría en cabras.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1.- Estudiar si la desnutrición a partir de la segunda mitad de gestación, modifica los siguientes aspectos conductuales que se observan al momento del parto.

Por parte de las madres:

Latencia y frecuencia de las vocalizaciones.

Latencia, frecuencia, y tiempo total de limpieza a la cría(s).

Latencia, frecuencia y tiempo total de consumo de líquido amniótico.

Latencia, frecuencia y tiempo total de consumo de la placenta.

Latencia, frecuencia y tiempo total de rascar el suelo y a la cría.

Por parte de las crías:

Latencia y frecuencia de las vocalizaciones.

Latencia y frecuencia de intentos por levantarse.

Latencia de parado por primera vez.

Latencia de búsqueda de la ubre.

Latencia, frecuencia y tiempo total cerca de la ubre.

Latencia, frecuencia, y tiempo total de amamantamiento.

2.- Estudiar si la desnutrición a partir de la segunda mitad de gestación, afecta la selectividad que establecen las madres a la ubre a las 4 horas posparto.

3. Estudiar si la desnutrición a partir de la segunda mitad de gestación, afecta la capacidad de reconocimiento a distancia de la madre hacia su cría a las 8 horas posparto.
4. Estudiar si la desnutrición a partir de la segunda mitad de gestación, afecta la capacidad de reconocimiento de la madre por parte de la cría a las 12 ó 24 horas.
  
5. Estudiar si la desnutrición a partir de la segunda mitad de gestación, modifica aspectos no conductuales tales como, cambio de peso antes del parto en las madres, pesos de las madres al parto, cambio de peso de las madres a lo largo de la lactancia, pesos de las crías al nacimiento, cambio de peso de las crías a lo largo de la lactancia, así como también el porcentaje de mortalidad de las crías durante la lactancia.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.- GENERALIDADES DE LA CONDUCTA MATERNA EN OVINOS Y CAPRINOS.

Los ovinos y caprinos son animales de reproducción estacional y su época de crianza ocurre normalmente a inicios de la primavera, durante un periodo relativamente corto de tiempo, lo cual permite al recién nacido un óptimo crecimiento y desarrollo (Foster, 1994). En ovinos salvajes, así como en los domésticos que viven en condiciones extensivas (pastoreo en campo abierto), las hembras adultas y sus crías pueden formar rebaños cuyos miembros comparten un ámbito hogareño común (L'Heureux *et al.*, 1995; Lawrence, 1991; Rowell, 1991). Estos grupos sociales están en constante movimiento para buscar alimento, por lo que es vital que las crías se muevan pronto para que puedan seguir a sus madres. Se puede observar que tanto los cabritos como los corderos recién nacidos son altamente precoces en cuanto a su desarrollo sensorial y motriz. De este modo, la demanda de cuidado maternal para los mamíferos con crías precoces es diferente de aquellas especies con crías altriciales. Debido a la coexistencia de crías propias y extrañas en el mismo rebaño durante la lactancia, es probable que exista el robo de leche a las madres por otras crías extrañas, y que por lo tanto se limite la disponibilidad del alimento para la cría propia. La estrategia natural que ha sido desarrollada en estas especies para reducir este riesgo es el aprendizaje temprano de un reconocimiento mutuo entre la madre y su cría. La madre muestra rápidamente un cuidado maternal exclusivo de su cría, permitiéndole amamantarse, mientras que rechaza a cualquier cría ajena que intente alcanzar la ubre (González-Mariscal y Poindron, 2002; Lévy *et al.*, 1996; Poindron *et al.*, 1998a). Asimismo, la cría desarrolla la capacidad de discriminar a su madre, aunque esta conducta no es estrictamente selectiva (Gilling, 2002; Nowak *et al.*, 1987; Poindron y Le Neindre, 1980; Terrazas *et al.*, 2002). A

continuación se describen todas aquellas conductas que ayudan a la cabra y oveja a desarrollar este vínculo selectivo.

### **1.1.-Conductas preparto.**

Tanto en cabras como en ovejas, las hembras cerca del parto muestran una tendencia a aislarse del resto del rebaño, de manera activa o pasiva (Arnold y Morgan, 1975; Poindron *et al.*, 1998b; Poindron *et al.*, 1997; Rudge, 1970). Estudios de respuesta a la separación social alrededor del parto indican que esta conducta está asociada a una baja de gregarismo en las últimas 24 horas de la gestación. Esto permite a la madre no reaccionar de manera adversa al aislamiento, que inevitablemente ocurre al momento del parto, lo cual sería en detrimento para la formación del vínculo con la cría (Poindron, 2001; Poindron *et al.*, 1998b; Poindron *et al.*, 1997). Además las cabras y no así las ovejas defienden activamente el lugar escogido para parir (Das y Tomer, 1997; Lickliter, 1985; Ramírez *et al.*, 1995), lo cual reduce el riesgo de intercambio ("robo") de crías entre madres, un factor que ha sido reportado como causa posible de mortalidad postnatal en ovejas (Alexander *et al.*, 1983).

Conforme se acerca el parto, la hembra muestra signos de agitación locomotora y emite vocalizaciones de alta intensidad, "balidos altos", (Poindron *et al.*, 1998b) además, en las 3 últimas horas antes del parto, las ovejas pueden mostrar una conducta materna completa, si hay otros corderos recién nacidos (Arnold y Morgan, 1975).

Asimismo, existe un cambio radical con respecto al líquido amniótico: mientras este material es fuertemente repulsivo en cualquier otra condición, se vuelve altamente atractivo y es ávidamente consumido alrededor del parto. De hecho, el lugar del parto está generalmente determinado por la ruptura de la bolsa amniótica (Lévy *et al.*, 1983) .

## **1.2.-Conductas de cuidado hacia el recién nacido.**

Después de la expulsión de la cría, la madre empieza a lamers al recién nacido con una latencia de algunos minutos, una conducta que depende de la atracción de la madre hacia el líquido amniótico (Lévy y Poindron, 1987; Lévy *et al.*, 1983), emitiendo al mismo tiempo numerosos balidos bajos (maternales). Dentro de 10 a 30 minutos, la cría se para y empieza a buscar la ubre, lográndolo generalmente entre 30 y 60 minutos después del nacimiento (Serafin *et al.*, 2003; Slee y Springbett, 1986). La madre facilita el acceso a la ubre orientando su cuerpo en posición paralela inversa a la de su cría, arqueando el lomo y quedándose inmóvil cuando el recién nacido entra en contacto con la ubre. Estos tres elementos: presencia de lamidos, emisión de balidos maternales y aceptación a la ubre, son los tres comportamientos más característicos de la presencia de una conducta materna adecuada hacia una cría recién nacida, y están casi siempre presentes en hembras parturientas, tanto en ovinos como en caprinos (Poindron, 2001).

Algunas hembras primerizas pueden tener perturbaciones en el desarrollo de estas conductas, o incluso pueden no desarrollar ninguna conducta de cuidado hacia el recién nacido. Las perturbaciones en la conducta materna pueden ser influenciadas por la experiencia materna y la raza (Dwyer y Lawrence, 1998; Poindron y Le Neindre, 1980), y probablemente otros factores como la nutrición, la emotividad individual de la hembra, o perturbaciones en el ambiente (Poindron, 2001).

Otro elemento esencial y característico de la relación madre cría en ovinos, caprinos y bovinos es el rápido establecimiento de un vínculo materno selectivo (Lévy *et al.*, 1996). La madre quién podría inicialmente manifestar comportamientos de aceptación hacia cualquier recién nacido, limita su conducta materna hacia la(s) cría(s) con la(s) cual(es) ha estado en contacto después del parto, es decir, las suyas en la mayoría de los casos. Esta relación preferencial rápidamente culmina en la aceptación exclusiva de dichas crías al amamantamiento. Una vez establecido este vínculo selectivo, es muy poco

probable que una madre acepte a otra cría espontáneamente. Al contrario, ella rechaza cualquier intento de succión por parte de otras crías con las cuales no ha estado en contacto (crías de otras madres en condiciones normales), frecuentemente con una conducta agresiva (golpes con la cabeza u amenazas). Esta conducta de amamantamiento selectivo se establece dentro de dos a cuatro horas postparto (Poindron y Le Neindre, 1980; Smith *et al.*, 1966) .

Así, el desarrollo rápido de un vínculo selectivo en estas especies, ha llevado a establecer la hipótesis de que existe un periodo crítico en la madre para el establecimiento de dicho vínculo (Herscher *et al.*, 1963a, b; Lickliter, 1985; Smith *et al.*, 1966).

### **1.3.-Factores fisiológicos involucrados en la facilitación de la conducta materna en ovinos y caprinos.**

De los numerosos factores que controlan el parto o que lo acompañan, dos han sido identificados como elementos críticos para la activación de la conducta materna: La estimulación vagino-cervical (EVC) al momento del parto (estimulación propioceptiva causada por la expulsión del producto), y la secreción preparto de estrógenos (factores endocrinos) (Keverne *et al.*, 1983; Lynch *et al.*, 1992; Poindron, 2001; Poindron *et al.*, 1999; Poindron y Terrazas, 1999; Terrazas, 1999).

#### **1.3.1.-Factores endocrinos.**

**Estrógenos.** A continuación se dan una serie de evidencias que involucran a los estrógenos en la facilitación de la conducta materna en ovinos:

1).-La elevación de estrógenos que sufre la hembra alrededor del parto. Como en la mayoría de los demás mamíferos, en ovinos y caprinos el parto está parcialmente controlado por un cambio en la proporción entre la progesterona y los estrógenos (Carlson, 1999; González-Mariscal y Poindron, 2002; Jaindeen y Hafez, 1989; Maltier *et al.*, 1993; Poindron, 2001; Sorensen, 1982). La progesterona es la hormona que se eleva desde

el inicio de la gestación y permanece elevada a todo lo largo de la misma, su elevación se ha asociado a una disminución en la actividad miometrial (Jainedeen y Hafez, 1989; Maltier *et al.*, 1993; Sorensen, 1982). Justamente 24 horas antes del parto, disminuye su concentración y la actividad miometrial se incrementa (Maltier *et al.*, 1993; Rice *et al.*, 1984; Sorensen, 1982). El abatimiento de los niveles plasmáticos de progesterona coinciden con la elevación de los niveles plasmáticos de estradiol (Maltier *et al.*, 1993), los cuales van a ocasionar la aparición de receptores miometriales a la oxitocina y activar la síntesis de prostaglandinas F2  $\alpha$  (PGF2  $\alpha$ ) que también inducen las contracciones uterinas (Maltier *et al.*, 1993; Rice *et al.*, 1984).

2).-La aceptación de un cordero por ovejas no parturientas solamente ocurre con niveles elevados de estrógenos, por ejemplo en el estro y durante los últimos 10 días de preñez (Poindron y Le Neindre, 1979).

3).- Cuando el parto es inducido por la inyección de benzoato de estradiol, la respuesta maternal se desvanece más lentamente (en madres privadas de sus crías) que cuando el parto es inducido por la inyección de dexametasona (Poindron y Le Neindre, 1979).

4).- La inyección de altas dosis de 17  $\beta$  estradiol (libre o como benzoato) en hembras no preñadas, con experiencia maternal, indujo la conducta materna en una proporción de ellas (Poindron y Le Neindre, 1979).

Además de los estrógenos en la activación de la conducta materna, existe el conocimiento de otras hormonas involucradas en este proceso aunque no todas han sido estudiadas en la oveja y cabra.

**Andrógenos.** Estos han sido estudiados en primates y conejos. En conejos se encontró que el tratamiento con éstos estimuló parcialmente la construcción del nido (González-Mariscal y Poindron, 2002; Jiménez-Estrada *et al.*, 2000). En humanos, existe una tendencia para los niveles de testosterona positivamente

correlacionada con la conducta materna en primíparas, posiblemente asociada con la significativa correlación entre el cortisol y la conducta (Fleming *et al.*, 1997).

**Prolactina.** Se observado en la mayoría de las especies, que existe un pico de prolactina alrededor del parto, como una consecuencia del decremento en la progesterona y un incremento de las concentraciones plasmáticas de los estrógenos (Neill y Nagy, 1994). Esta coincidencia entre los altos niveles de prolactina en sangre y la expresión de la conducta materna, apunta hacia la investigación del papel de esta hormona en diversos aspectos del cuidado materno (González-Mariscal y Poindron, 2002). Aunque se ha encontrado que la prolactina en ratas (Bridges *et al.*, 1985), ratones (Hauser y Gandelman, 1985) y conejos (González-Mariscal *et al.*, 1996) si está relacionada con el desarrollo de la conducta materna (González-Mariscal y Poindron, 2002), en la oveja la facilitación de la conducta materna provocada por la inyección de estrógenos no es mediada por la liberación de prolactina, ya que aunque se antagonize la liberación de prolactina, este efecto no interfiere con el prolongado periodo sensible inducido por el tratamiento del estradiol (Poindron *et al.*, 1980).

**$\beta$ -endorfinas.** Diversos estudios han encontrado que los niveles plasmáticos de  $\beta$ -endorfinas son elevados durante el parto en ratas y humanos. Estos niveles son resultado principalmente de su secreción por la pituitaria anterior. La función durante la preñez y el parto de las endorfinas y sus tejidos blanco no son conocidos, sin embargo, debido a la naturaleza analgésica de las endorfinas, algunos investigadores han sugerido que estos cambios en los niveles periféricos de las endorfinas, pueden estar relacionados con cambios en la percepción del dolor durante el parto (Numan, 1994) . Con respecto al papel que juegan los opiáceos endógenos en la conducta materna, algunos estudios han sugerido que pueden tener un papel inhibitorio en el control de la conducta maternal en la rata (Bridges y Grimm, 1982).

Sin embargo, otros estudios dicen lo contrario, ya que la administración al final de la gestación de naloxona (un antagonista de los opiáceos) interfiere con la placentofagia y la limpieza de las crías, conductas normalmente observadas al parto (Mayer *et al.*, 1985).

En la oveja, la inyección intravenosa al parto de naltrexona, otro antagonista opiáceo, provoca efectos similares a los observados en ratas, con un retraso sobre el inicio de la conducta materna en ovejas primíparas y multíparas. La inyección intracerebral de morfina facilita la inducción de la conducta materna en ovejas, pero solamente si es acompañada por una EVC (Caba *et al.*, 1995).

Por último, otra hormona clave en la activación de la conducta materna en ovinos y caprinos es la oxitocina que se libera intracerebralmente al momento del parto, pero del papel de esta hormona se hablará más adelante cuando se toque el tema del papel de la estimulación vagino-cervical al momento del parto.

Con respecto a la especie caprina, hasta la fecha, no se ha podido identificar algún factor hormonal que facilite de la conducta materna (Poindron, 2001).

Las investigaciones anteriores en ovinos demostraron también que los tratamientos hormonales para la inducción de la conducta materna no la provocaron de manera completa y específica, indicando que otros factores adicionales están involucrados. Un factor clave para una activación total de esta conducta es la estimulación vaginocervical (EVC), causada por la expulsión del feto en el momento del parto (Keverne *et al.*, 1983).

### **1.3.2.- Estimulación vaginocervical al momento del parto.**

Varios estudios confirman que la EVC es un evento clave para disparar la manifestación de la conducta materna (Keverne *et al.*, 1983; Lévy *et al.*, 1992; Poindron *et al.*, 1988). En roedores también se ha observado algo similar (Carlson, 1999). En ovejas se ha observado que se puede lograr la inducción de la conducta materna en ovejas no gestantes tratadas con progesterona (esponjas intravaginales impregnadas con acetato de fluorogestona) por 12 días, seguida por una simple inyección subcutánea de 25 mg de 17 beta estradiol 12 horas después

de retirar la esponja intravaginal y aplicando una estimulación vaginocervical durante 5 minutos, 12 horas después de la inyección de estradiol (Keverne *et al.*, 1983).

En roedores también se puede estimular el desarrollo de la conducta materna por medio de la dilatación artificial del canal de parto en hembras no preñadas (Carlson, 1999).

Sin embargo, es importante resaltar que la respuesta de la oveja tanto a un tratamiento hormonal como a la EVC depende de la experiencia materna previa (Kendrick *et al.*, 1991b). Por otra parte, la supresión de la EVC al momento del parto por aplicación de una anestesia peridural, impide el desarrollo de la conducta materna en particular en hembras sin experiencia previa (Lévy *et al.*, 1992).

En la cabra, se han observado resultados similares, aunque los efectos de la anestesia peridural no son tan marcados, posiblemente debido a una mayor variabilidad en la inervación del tracto genital en esta especie (Poindron *et al.*, 1998b). Asimismo, se han reportado efectos positivos de la EVC para inducir la conducta materna en hembras no gestantes (Poindron, 2001).

Varios estudios han analizado el mecanismo de acción de la EVC. La expulsión del feto (en donde se estimula el cervix y la vagina), y también se estimula el pezón, o la EVC artificial en el caso de un modelo de inducción de la conducta materna en hembras vacías, provoca una liberación de oxitocina (OT) tanto a nivel sistémico por la hipófisis posterior, reflejo de Ferguson, (Maltier *et al.*, 1993; Numan, 1994; Poindron *et al.*, 1988; Sorensen, 1982), como a nivel intracerebral (Kendrick *et al.*, 1997; Kendrick *et al.*, 1986; Kendrick *et al.*, 1988; Kendrick *et al.*, 1991a, 1992a; Lévy *et al.*, 1992). La oxitocina es un péptido formado por 9 aminoácidos, que incluyen 2 residuos de cisteína que se unen para formar un anillo de 6 aminoácidos (Guevara, 1995; Richard, 1993).

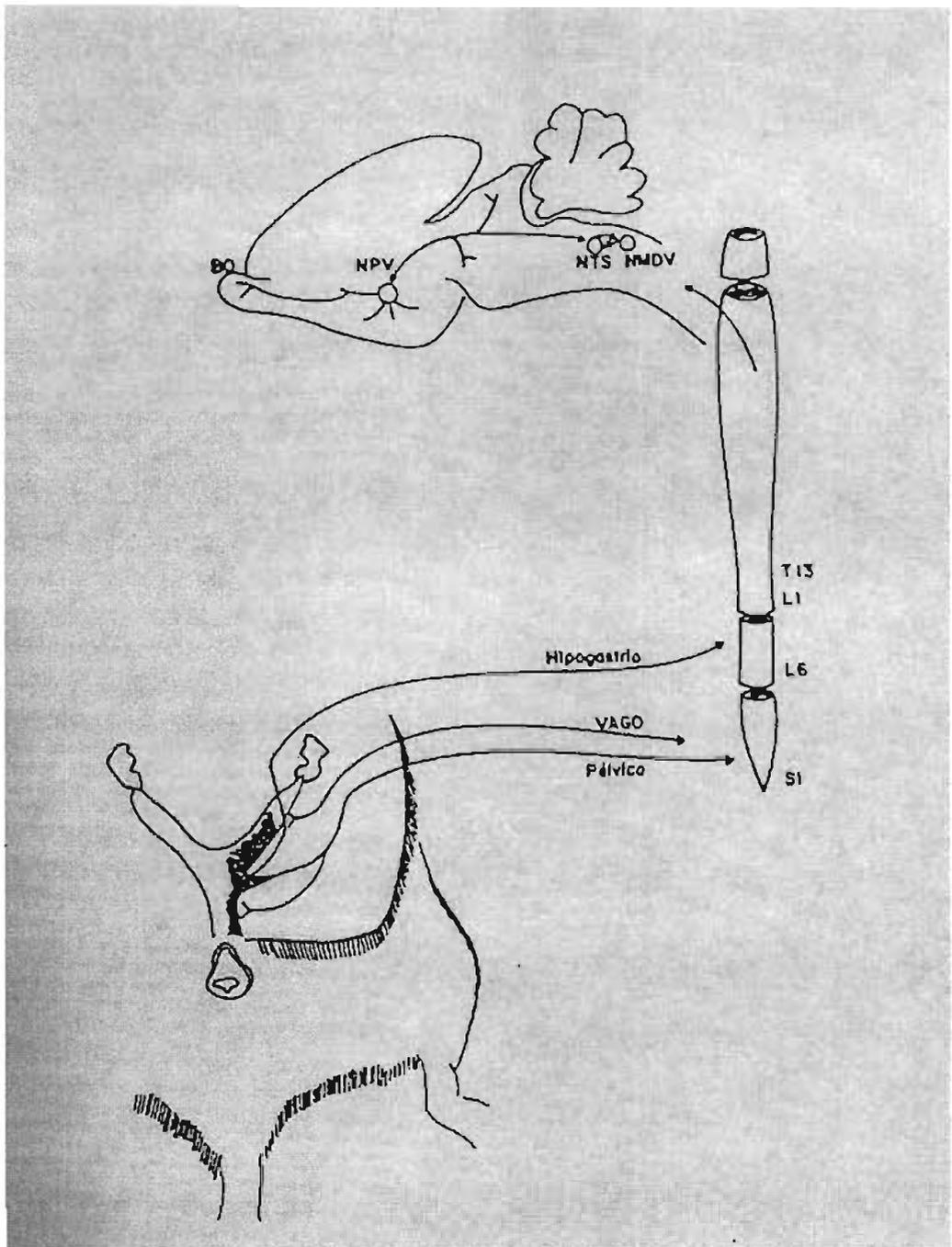
Esta liberación a nivel intracerebral es muy importante, ya que la OT periférica no puede cruzar la barrera hemato-encefálica y actuar a nivel cerebral para inducir la conducta materna (Guevara, 1995; Numan, 1994; Poindron, 2001; Poindron *et al.*, 1988). Los núcleos cerebrales que primariamente sintetizan este

péptido son el núcleo paraventricular, el núcleo supraóptico, el núcleo de la comisura anterior y el núcleo de la estria terminal (Insel, 1990; Kendrick y Keverne, 1992; Kendrick *et al.*, 1986).

Pedersen y Prague (1979) fueron los primeros en demostrar que la inyección de oxitocina dentro de los ventrículos laterales de ratas nulíparas ovariectomizadas inducía conducta maternal (Numan, 1994). Por otra parte, la inhibición de la conducta materna al parto por la anestesia peridural, con la cual se inhibe el estímulo vagino-cervical, puede también ser contrarrestada por la inyección intracerebroventricular de OT (Lévy *et al.*, 1992). Se ha encontrado también que la acción de la OT es facilitada por los opiáceos y la hormona liberadora de la corticotropina (Kendrick y Keverne, 1989; Kendrick *et al.*, 1991b).

Además, no se debe descartar la posibilidad de que las contracciones del útero participen por sí mismas en la liberación intracerebral de OT y de la activación de la conducta maternal. Por otra parte, existe la posibilidad de una participación vagal en la liberación intracerebral de OT. El útero es innervado por los nervios pélvico e hipogástrico los cuales, siendo nervios mixtos, llevan información tanto sensorial como motora. Por otra parte, el núcleo del tracto solitario mantiene estrechas conexiones con el núcleo paraventricular, uno de los núcleos que sintetizan la OT. Considerando estos resultados, cabría la posibilidad de que esta vía útero-tallo cerebral formara parte de la vía refleja necesaria para la liberación de OT durante el parto, (ver figura 1). Esta vía podría tener cierta importancia, especialmente en especies como la cabra, en la cual la anestesia peridural a nivel caudal no tiene un efecto inhibitor tan marcado como en la oveja (Poindron *et al.*, 1998b).

Estudios llevados a cabo en ovejas, utilizando la técnica de microdialisis, han mostrado la liberación de oxitocina en diferentes estructuras: Sustancia nigra (SN) , Núcleo estria terminal (NST), durante el parto así como en respuesta a EVC (Kendrick *et al.*, 1988).



**Figura 1.** – Inervación uterina a través de los nervios pélvico e hipogástrico, los cuales entran a la médula espinal en los segmentos lumbar a sacro (L6 – S1) y torácico a lumbar (T13-L1) respectivamente, y las posibles conexiones de esta vía con el tallo y el telencéfalo. Se propone que la vía del vago alcanza el núcleo del tracto solitario (NTS) y de ahí proyecta al bulbo olfatorio (BO), probablemente a través del núcleo paraventricular (NPV). NMVD-Núcleo motor dorsal del vago (Guevara, 1995).

Utilizando técnicas neuroanatómicas, se encontró que el gen a la oxitocina es regulado durante el parto en estructuras todas ellas asociadas de alguna manera a la inducción de la conducta maternal como: núcleo supraóptico (NSO), núcleo paraventricular (NPV), NST, SN, área preóptica medial (APOM). Muchos de estos sitios contienen células, fibras y receptores oxitocinérgicos (Guevara *et al.*, 1999).

De las anteriores estructuras en donde la liberación de OT ha sido registrada al momento del parto, el NPV y el bulbo olfatorio, son de particular importancia para la activación de la conducta materna, mientras que el APOM parece tener un papel posiblemente menor que en la rata (Pedersen *et al.*, 1994).

La liberación de OT en el bulbo olfatorio se ha relacionado con los cambios de preferencia hacia el líquido amniótico y la memorización del olor del cordero (Kendrick *et al.*, 1997; Lévy *et al.*, 1995). Se ha demostrado que la liberación de noradrenalina (NA) se incrementa durante el parto (Kendrick *et al.*, 1986). Este incremento va acompañado por un aumento en la liberación de OT en el APOM de las ovejas (Kendrick *et al.*, 1992a)

Existen evidencias anatómicas, de la presencia de fibras noradrérgicas que ascienden desde el tallo cerebral para hacer contactos con el NPV, la información que llevan algunas de estas fibras tiene su origen en la región perianal. Por lo tanto, la activación de estas fibras que llevan información sensorial pélvica, podría facilitar la conducta maternal dado que activarían terminales en el NPV para que ocurra la liberación de OT intracerebralmente (Guevara *et al.*, 1999).

El papel de la NA en la regulación de la función olfatoria ha sido particularmente bien estudiada. Este neurotransmisor tiene un papel fundamental en la memorización del olor del cordero inmediatamente después del parto. La lesión del sistema de aferencias noradrenérgicas a los BO, inhiben el establecimiento de la selectividad, (Pissonnier *et al.*, 1985). Asimismo, la liberación de acetilcolina (Ach) también está involucrada en el proceso de memorización del olor del cordero, aunque, su acción probablemente no se limita al bulbo olfatorio, y los receptores de la acetilcolina que están involucrados en la memorización del

olor del cordero son los muscarínicos (Ferreira *et al.*, 1999). En conjunto, estos cambios permiten una alteración del procesamiento de la información olfatoria después del parto a nivel del BO, permitiendo el establecimiento del reconocimiento del olor del cordero, (Kendrick *et al.*, 1997; Kendrick *et al.*, 1992b).

#### **1.4.- Factores sensoriales involucrados en la conducta materna en ovinos y caprinos.**

Los resultados mencionados demuestran claramente que la facilitación inicial de la conducta materna en ovinos y caprinos depende de factores fisiológicos asociados con el parto. Sin embargo, se debe enfatizar que dichos factores están presentes solamente de manera temporal, por lo que la intervención de otros factores es necesaria para asegurar el mantenimiento de la motivación. Entonces, durante este periodo sensible la madre además adquiere información necesaria proporcionada por el cordero, lo que le permite consolidar su motivación de manera más consistente (Terrazas, 1999).

##### **1.4.1.- Papel de las señales olfatorias en la capacidad de reconocimiento de la cría por su madre.**

Las ovejas y las cabras aprenden a reconocer a su cría muy rápido después del parto. Después de las 2-4 horas postparto casi todas rechazan a crías extrañas, ya sea agresivamente o impidiendo su acceso a la ubre. Está bien documentado que en ovejas y cabras esta conducta selectiva depende de mecanismos olfatorios, puesto que la supresión del olfato en la hembra antes del parto impide el establecimiento de dicha selectividad (Baldwin y Shillito, 1974; Morgan *et al.*, 1975).

Varios estudios han permitido mostrar que las señales olfatorias son moduladas por la EVC al momento del parto, en particular el olor del líquido amniótico, son de gran importancia en este proceso de consolidación de la motivación maternal (Poindron *et al.*, 1988). Por ejemplo en partos de mellizos, la

aceptación de un cordero extraño se facilita si éste se presenta a la madre al mismo tiempo de la expulsión del segundo feto (Poindron, 2001).

También se ha podido demostrar que es el bulbo olfatorio (el primer relevo de información olfatoria capaz de mostrar plasticidad durante el aprendizaje), es la estructura olfatoria involucrada en el proceso de memorización de la cría, ya que estudios donde se ha lesionado al sistema vomeronasal en ovinos, no sugieren que participe de manera importante en la regulación de la maternidad. Una anosmia selectiva sobre los bulbos olfatorios realizada antes del parto, no lleva a perturbaciones en el desarrollo de la conducta del cuidado de la cría, aunque sí impide el establecimiento de la selectividad (Baldwin y Shillito, 1974; Poindron, 1976).

La EVC induce la activación del sistema noradrenérgico aferente a los bulbos olfatorios, lo cual es un elemento que facilita la memorización del olor del cordero (Pissonnier *et al.*, 1985). Algunos otros estudios indican que factores como la liberación del GABA y la acetilcolina en el bulbo olfatorio influyen también sobre este proceso de memorización (Ferreira *et al.*, 1999; Lévy *et al.*, 1995).

#### **1.4.2.- Papel de las señales visuales y acústicas en la capacidad de reconocimiento de la cría por su madre.**

La importancia primordial del reconocimiento olfatorio para la aceptación de la cría no debe ocultar el hecho que las madres son capaces de reconocer su progenie por otras modalidades sensoriales. Está claramente establecido que las ovejas pueden reconocer sus corderos por medio de la vista y el oído (Alexander, 1977; Alexander y Shillito, 1977a, b; Ferreira *et al.*, 2000; Terrazas, 1999; Terrazas *et al.*, 1999). Recientemente, se ha mostrado que este reconocimiento no olfatorio de la cría está presente desde el primer día postparto (Terrazas, 1999; Terrazas *et al.*, 1999).

En un estudio realizado por Terrazas y sus colaboradores en donde se puso una barrera física a un metro de distancia para evitar que el olor de las crías pudiera viajar y así la borrega tuviera que reconocer a su cría de la extraña a

través de las señales auditivas y visuales y no a través de las señales olfatorias, se pudo observar que ovejas de raza Rambouillet eran capaces de discriminar entre sus corderos y uno extraño de la misma edad desde las primeras 8 horas posparto por medio de la vista y el oído más que por el olfato. En este estudio no se pudo precisar si ambas modalidades (auditiva o visual) son igualmente importantes para el reconocimiento de las crías (Terrazas, 1999; Terrazas *et al.*, 1999).

En otro estudio donde a las borregas se les indujo anosmia, se pudo observar también claramente que éstas eran capaces de discriminar a su cordero del extraño utilizando los sentidos auditivos y visual. Para comprobar que realmente las borregas se encontraban en un estado de anosmia se les practicó una prueba en donde se les ofrecía alimento contaminado con heces de perro y estas lo ingerían, mientras que las borregas intactas mostraban una marcada repulsión (Ferreira *et al.*, 2000; Terrazas *et al.*, 1999).

En cabras existen pocos estudios al respecto (Poindron, 2001), sin embargo también se ha observado en un estudio que las cabras son capaces de reconocer a sus cría a una distancia de un metro sin la necesidad del olfato desde las 4 horas posparto (Gilling, 2002), y en otro estudio se pudo observar que las cabras son capaces de reconocer las vocalizaciones de sus crías a las 48 horas postparto (Terrazas *et al.*, 2003).

Sin embargo, existe poca evidencia de que este reconocimiento visual y/o acústico pueda jugar un papel importante en la selectividad del amamantamiento. Por ejemplo en borregas anósmicas, las madres siguen aceptando corderos ajenos al amamantamiento varias semanas después del parto, aún si pueden mostrar leves signos de discriminación en algunas situaciones particulares.

En conjunto estos resultados son coherentes con la propuesta de Lindsay y Fletcher de 1968 según la cual, existen dos sistemas de reconocimiento relativamente independientes: uno para el reconocimiento desde una distancia de varios metros y en el cual solamente las señales visuales y acústicas juegan un papel, y otro a muy corta distancia (< 25 cm), que depende esencialmente del

olfato y del cual depende la aceptación a la ubre (Ferreira *et al.*, 2000; Poindron, 2001).

#### **1.4.3.- Desarrollo del sistema sensorial del recién nacido antes y después del parto.**

La necesidad de coordinar el sistema muscular y esquelético en el momento del nacimiento es obvia. Una necesidad similar existe para el sistema sensorial, el cual tiene que atravesar rápidamente la barrera a los estímulos nuevos del ambiente exterior durante el nacimiento (Terrazas, 1999).

Se sabe que el sentido del tacto está bien desarrollado y que un ligero toque en la cara de animal es suficiente para iniciar el reflejo de búsqueda y levantamiento de la cabeza, el cual es necesario inmediatamente después del parto. El gusto también está ya desarrollado en el feto ovino alrededor del día 100 (Vince, 1993). También se habla de desarrollo del sentido del olfato antes del parto en el cordero. Asimismo, se ha reportado que el feto ovino es capaz de percibir algunos sonidos sencillos como el de una campana, lo cual podría además influir sobre su conducta postnatal (Vince *et al.*, 1982).

Estudios realizados por Vince *et al.* (1985) han generado evidencias que la madre provee una amplia variedad de estímulos al recién nacido, especialmente relacionados con la visión, el oído, el tacto y el olfato, los cuales a su vez ocasionan que el cordero se incorpore y busque la ubre (Terrazas, 1999).

#### **1.5.- Mecanismos de discriminación de la madre por las crías.**

Tanto los corderos como los cabritos tienden a amamantarse de cualquier madre que se les presenta, y poco a poco van aprendiendo las señales particulares que emite la madre, debido al rechazo de las madres ajenas y la aceptación de la madre propia (Lickliter y Heron, 1984; Nowak y Lindsay, 1990; Terrazas *et al.*, 2002).

Los corderos utilizan principalmente la vista y el tacto para permanecer cerca de su madre durante las primeras horas de vida (Vince, 1993). Otra

estrategia utilizada por los corderos para discriminar a su progenitora son las vocalizaciones emitidas por ella. La madre utiliza balidos bajos para comunicarse con sus crías después del parto (Shillito y Hoyland, 1971).

El sentido de la vista parece estar involucrado en el reconocimiento de la madre solamente cuando la oveja está cerca. Si la madre se encuentra a una distancia de 4 metros o mayor, se requiere tanto del estímulo visual como del auditivo (Nowak, 1991). Un cordero ya es capaz de discriminar a su madre de otra borrega a una distancia corta a las 12 horas de haber nacido, esto se ha observado en estudios en los cuales se ponen dos ovejas maternas: el cordero busca la cercanía con su madre y evita el contacto con la madre ajena (Nowak *et al.*, 1987; Terrazas, 1999; Terrazas *et al.*, 2002).

La absorción regular de calostro inmediatamente después del nacimiento es indispensable para que el cordero establezca una preferencia por la madre propia. El impedimento de la succión durante 6 horas por medio de un mandil cubriendo la ubre de la madre, iniciando al nacer o a las 12 horas después, induce una alteración muy clara de la capacidad del cordero a orientarse preferencialmente hacia su madre en una prueba realizada a las 24 horas de vida. Dependiendo del momento en el que después del parto se produzca la privación del acceso a la ubre, son las consecuencias conductuales en el neonato. Cuando la privación ocurre en las primeras 6 horas postnacimiento, los corderos no desarrollan un vínculo con su madre a las 24 horas, a pesar de haber tenido libre acceso a la ubre entre las 6 y las 24 horas postparto, sugiriendo esto que el cordero tal vez no ha podido aprender las características de la madre, aunque el cordero haya estado en contacto físico permanente con su madre y solamente privado durante las primeras seis horas (Nowak *et al.*, 1997b).

En cambio, cuando la privación de la succión se realiza de las 12 hasta las 18 horas de vida, los corderos muestran una clara preferencia hacia la oveja ajena, por lo que la repentina imposibilidad de succionar a su madre en este periodo podría jugar un papel de reforzamiento negativo, resultando en el evitamiento de la madre de la cual los corderos no obtuvieron calostro (Nowak *et*

*al.*, 1997b). Aparentemente lo que sucede es que la succión estimula la liberación tanto a nivel periférico como a nivel de sistema nervioso central de colecistoquinina y ésta es la que modula el desarrollo de este vínculo selectivo hacia su madre (Nowak *et al.*, 1997a).

La habilidad del cordero para reconocer a la madre a través de la vista va mejorando a lo largo de la segunda y tercera semana de vida. Los corderos menores de una semana no logran percibir los cambios ocasionados por la trasquila de las madres (Alexander y Shillito, 1977b).

Los corderos recién nacidos son capaces de discriminar entre los olores de su madre y de una madre ajena (Vince y Ward, 1984). Sin embargo, el olfato no parece ser tan importante para la búsqueda de la madre durante las primeras horas de vida del cordero (Nowak, 1991). El cordero de 24 horas de edad ya es capaz de reconocer a su madre y lo que reconoce aparentemente es la conducta de la madre a ser selectiva a su ubre, más que las características físicas de la misma (Terrazas *et al.*, 2002).

En el caso de las cabras, éstas también después de la expulsión del feto emiten vocalizaciones, especialmente del tipo de balido bajo (Lickliter, 1984). Para que el cabrito sea capaz de reconocer los balidos de 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).

En estudios más recientes se ha observado que los cabritos ya son capaces de localizar a su madres desde las 12 horas posparto a una distancia corta y los mecanismos por lo cuales lo hacen son similares a los corderos (Gilling, 2002) .

## **2.- IMPACTO DE LA NUTRICIÓN SOBRE EL DESARROLLO FETAL Y EL FUNCIONAMIENTO REPRODUCTIVO DE LAS CRÍAS CAPRINAS Y OVINAS EN LA VIDA ADULTA.**

La dieta materna controla el crecimiento fetal directamente por medio de proveer glucosa, aminoácidos y elementos químicos esenciales para el concepto. Ésta también controla el crecimiento fetal indirectamente modificando la expresión de los mecanismos endocrinos que influyen la entrada y utilización de los nutrientes para el concepto (Robinson *et al.*, 1999).

A continuación se realizará una revisión muy general de los efectos que tiene la nutrición, en ovinos, sobre el desarrollo embrionario y fetal, en las diferentes etapas de la gestación, mencionando algunos hallazgos en caprinos, ya que en esta última especie existen muy poca información al respecto (Robinson, 1982a; Symonds *et al.*, 2001). Sin embargo, entre la especie ovina y la caprina existen muchas similitudes, tales como, que las dos especies sean rumiantes, la talla corporal, el largo de la gestación, el número de crías por parto, expresión de la conducta materna etc., por lo que la información generada en ovinos con respecto al impacto que tiene la nutrición durante la gestación sobre el desarrollo fetal y el funcionamiento reproductivo de las crías en la vida adulta pueda ser traspolada a los caprinos (Robinson, 1982a).

Una vez que se hayan discutido las generalidades nutricionales más importantes que influyen el desarrollo embrionario y fetal en ovinos, se revisará el impacto que tiene la nutrición sobre aspectos conductuales, mencionando generalidades en roedores, donde existe una gran cantidad de información, así como los estudios encontrados en especies filogenéticamente relacionadas a la cabra, como lo son los ciervos rojos y la oveja, no habiendo encontrado información alguna en caprinos.

## 2.1.- Estado periovulatorio y preñez temprana.

En ovinos se ha observado que la introducción de embriones en el estado de división temprana a un medio de cultivo por un corto tiempo (1-7 días) se ha asociado a un incremento en el desarrollo fetal y esto ha sido ligado con una gestación más larga y una mayor mortalidad neonatal (Walker *et al.*, 1992). En otro estudio en donde se comparó el crecimiento embrionario y fetal de embriones derivados de ovejas *in vivo* comparados contra aquellos cultivados *in vitro*, se pudo observar que los embriones cultivados *in vitro* a los 61 días de gestación fueron más grandes, y este mayor crecimiento fue independiente del tamaño de la placenta (Sinclair *et al.*, 1997). El incremento en el peso observado en los fetos derivados de los embriones cultivados *in vitro* fue asociado a una hipertrofia incrementada de las fibras musculares primarias y una hiperplasia de las fibras musculares secundarias (Maxfield *et al.*, 1997). El mecanismo a través del cual los sistemas de cultivo influyen sobre la trayectoria de crecimiento de los embriones en los rumiantes es desconocido (Wallace *et al.*, 1999). El amoniaco generado de los aminoácidos en los cultivos inhibe el desarrollo y eclosión del blastocisto (Gardner *et al.*, 1994).

*In vivo*, dietas altas de nitrógeno degradable en rumen incrementan las concentraciones de urea en plasma y amoniaco, lo que se ha asociado con un incremento en la mortalidad embrionaria, sin embargo, la exposición del amoniaco parece sobrerregular el metabolismo de proteína en algunos embriones, ocasionando un aumento del crecimiento fetal en los embriones ovinos que sobrevivieron (McEvoy *et al.*, 1997).

Por otro lado, cuando la fertilización y desarrollo embrionario se hace de manera natural, se ha observado que un bajo plano nutricional durante la preñez temprana es detrimental para la sobrevivencia embrionaria en ovinos, (Doney *et al.*, 1982; Robinson, 1982b; Wallace *et al.*, 1999). Sin embargo, también existen evidencias bastante fuertes que sugieren que la sobrenutrición durante el periodo postcruzamiento compromete el establecimiento de la preñez, (Doney *et al.*, 1982; Ferrell, 1991; Robinson, 1989; Robinson, 1982b; Wallace *et al.*, 1999). Por

ejemplo, un exceso de proteína en la dieta disminuye el funcionamiento reproductivo, en parte a través de los efectos tóxicos del amoníaco sobre los gametos y los embriones (Ferrell, 1991).

También se ha observado que deficiencias de selenio en esta etapa aumentan la mortalidad de embriones ovinos (Robinson, 1989), y se ha visto que una simple inyección de 5 mg., de selenio unas pocas semanas antes del cruzamiento ha mostrado reducir las pérdidas embrionarias en la tercera y cuarta semana de gestación en ovejas que se encuentran en tierras que se sabe de antemano son deficientes en selenio (Robinson, 1982a).

Cambiando de especie, en el cerdo, una especie en la cual la hiperplasia muscular cesa alrededor del día 90 de gestación, se encontró que el doblar el nivel requerido de alimentación inmediatamente antes de la hiperplasia de las fibras (días 25 a 50 de preñez) incrementa la producción de miofibrillas secundarias en el músculo semitendinoso, induciendo un mejoramiento significativo en el crecimiento y conversión alimenticia del día 70 postnatal al sacrificio a los 80 kg.

Interesantemente, cuando el mismo régimen nutricional fue impuesto durante la hiperplasia de fibras ( día 50 a 80) sólo existió un pequeño incremento en el número de miofibrillas secundarias (Dwyer *et al.*, 1994).

La nutrición materna al inicio de la preñez también puede influenciar el desarrollo fetal del ovario en ovinos. Se ha observado que la desnutrición de energía retarda el desarrollo normal de la degradación de la oogonia en el ovario fetal en la especie ovina (Borwick *et al.*, 1997).

También se ha observado que la desnutrición puede afectar el desarrollo del tracto gastrointestinal en los ovinos (Trahair *et al.*, 1997).

En otro estudio, se demostró que deficiencias subclínicas de cobalto durante la preñez temprana tienen efectos adversos sobre el vigor de los corderos al nacimiento, un efecto que no es revertido al corregir la deficiencia al final de la preñez (Fisher y MacPherson, 1991).

El efecto neto del vigor reducido fue una depresión en la adquisición de la inmunidad pasiva, ya que los corderos desnutridos tuvieron niveles sanguíneos de

IgG a las 2 semanas de 2.5 g/100ml, en comparación con los controles que tuvieron 3.6 (Fisher y MacPherson, 1991).

Por otra parte también se ha observado que la desnutrición desde el inicio de la gestación hasta el día 50, no tuvo efecto en fetos machos ovinos sobre la media de la masa fetal o masa fetal testicular, pero se observó un incremento en la concentración de testosterona en los fetos de madres desnutridas, así como también existió un aumento en la expresión de RNAm de la proteína StAR en los testículos de los fetos de madres desnutridas. La desnutrición desde el cruzamiento hasta el día 110 de gestación ocasionó que la masa testicular fuera menor en los fetos de madres desnutridas (Rae *et al.*, 2002).

En hembras ovinas se ha observado que la desnutrición desde el momento de la concepción hasta el día 50 ocasiona una disminución en la masa del ovario fetal. Un efecto similar se observa, aunque no tan pronunciado, cuando la desnutrición se ocasiona del día 31 al 50 de gestación (Rae *et al.*, 2001).

## **2.2.- Preñez media.**

En esta etapa, el tamaño de la placenta puede ser afectado, ya que éste es de suma importancia para determinar los pesos al nacimientos de los corderos (Bell, 1984; Ferrell, 1991; Robinson, 1989). Antes de hablar del desarrollo placentario es necesario aclarar que en el caso de los rumiantes, el útero tiene sitios de unión en el endometrio llamados carúnculas en donde se va a fijar la placenta a través de sus cotiledones, y entonces por este sitio es por donde se van a transportar la mayoría de las sustancias necesarias para el desarrollo del producto, así como también se van a excretar las sustancias tóxicas del mismo.

Al unirse un cotiledón con una carúncula se forma un placentoma (Sorensen, 1982). Otra función de la placenta es la síntesis y secreción de hormonas (Bell, 1984). Durante el segundo y tercer mes de gestación es cuando ocurre un rápido incremento en el tamaño y peso de los de los cotiledones. Para el día 90 de gestación se ha alcanzado el máximo crecimiento placentario (Bell, 1984; Robinson, 1982a).

De entre los múltiples factores que pueden influir en el desarrollo de la placenta se encuentran el estrés calórico, edad de la madre, y aspectos nutricionales (Bell, 1984) . Con respecto a los aspectos nutricionales, Kelly (1992) revisó 16 estudios que examinaban el papel de la nutrición a media gestación sobre el crecimiento fetal ovino y encontró que solamente 2 de estos estudios no demostraban un efecto positivo de la nutrición sobre el crecimiento placentario. Sin embargo, existen estudios que han demostrado que una desnutrición a media gestación ocasiona que se produzcan placentas mejor desarrolladas. Por lo que existen evidencias de una interacción entre el peso materno, condición corporal al cruzamiento y nutrición a media gestación sobre el crecimiento de la placenta y el feto (Robinson, 1982a; Wallace *et al.*, 1999).

Se ha observado que borregas que se cruzan con una buena condición corporal y son restringidas a media gestación incrementan los pesos al nacimiento, mientras que las borregas que son cruzadas con una baja condición corporal y tienen una pobre alimentación paren crías con pesos menores (De Barro *et al.*, 1992).

Por otro lado, una sobrealimentación en esta etapa produce obesidad en la madre lo que puede ocasionar problemas de distocia y muerte neonatal, además de un menor peso al nacimiento de las crías (Ferrell, 1991).

En cabras lo que se ha observado es que una mala nutrición durante los tres primeros meses de gestación no tiene efectos sobre el peso al nacimiento y sobre la viabilidad de las crías, siempre y cuando, los niveles de alimentación durante los dos últimos meses de gestación restauren el déficit previo de alimentación. Esto significa que se debe tener cuidado en no acortar los niveles de energía y proteínas al final de la gestación sobre todo en cabras que traen 2 ó 3 fetos; sin embargo, puede haber una ligera reducción en la dieta cuando la madre trae sólo un feto (Morand-Fehr y Sauvart, 1978).

De lo que no cabe duda es que el crecimiento fetal está controlado por el crecimiento placentario, y por lo tanto placentas pequeñas concurren con corderos pequeños (Bell, 1984).

### **2.3.-Final de la gestación.**

El crecimiento fetal, en general, sigue un patrón exponencial tanto en bovinos como en ovinos, sucediendo lo mismo para otras especies. El peso absoluto incrementa lentamente durante la gestación temprana, pero después aumenta rápidamente en el último tercio de la gestación (Ferrell, 1991). Se sabe que en ovejas, el 85% del crecimiento fetal ocurre en las últimas 8 semanas de gestación (último tercio de la gestación). Por ejemplo, en una oveja que pesa 70 kg y que tiene una gestación doble, se conoce que del día de la concepción al día 40 de gestación, el feto llega a pesar tan solo 5 gramos. Del día 40 al día 60 de la gestación el feto llega a pesar 66 gramos, y al día 70 pesa 170 gramos, pesando en el día 90, 700 gramos, sin embargo estos 700 gramos que pesa el feto en el día 90 de la gestación son solamente el 15% del peso con el que nacerá la cría, observándose aquí claramente como en el último tercio de la gestación el feto gana un 85% del peso con el que nace, por lo que es evidente la importancia que tiene una buena nutrición en esta etapa. Se ha visto en una gran cantidad de estudios que la disminución de energía en esta etapa de la gestación disminuye el peso al nacimiento de los corderos. Asimismo, otros estudios han demostrado que una disminución de proteína en la dieta también afecta el peso al nacimiento de los corderos (Bell, 1984; Robinson, 1982b).

Por otro lado, el crecimiento fetal es claramente dependiente del componente placentario, particularmente si el crecimiento de la placenta ha sido comprometido durante la preñez temprana o media. Sin embargo, mientras el desarrollo placentario sea normal, se asume que la entrada de nutrientes esenciales en la circulación materna puede directamente influir la entrada de nutrientes al feto y así influir en su crecimiento (Bell, 1984).

En los primeros estudios realizados por Hammond (1944) se observó que ovejas que tenían gestaciones sencillas y que se les suministraba una dieta restringida al final de la gestación, parieron crías con pesos similares a la hembras que recibieron una dieta normal. Sin embargo, si las gestaciones eran gemelares y

se les suministraba una dieta restringida (igual a la que se les suministró a las ovejas con gestaciones sencillas), el peso de las crías al nacimiento se vio disminuido 33% (Wallace *et al.*, 1999). Algo similar se ha observado en cabras, en donde en gestaciones gemelares necesitan un incremento en el nivel de energía en el último tercio de la gestación para evitar que los pesos al nacimiento de las crías se vea disminuido (Devendra y McLeroy G., 1986; Morand-Fehr y Sauvant, 1978) . Ahora es generalmente aceptado que la falla en el incremento de la ingestión de nutrimentos en el último tercio de la gestación se traduce en un menor peso al nacimiento de las crías (Ferrell, 1991; Robinson, 1989, 1982a; Wallace *et al.*, 1999). Este menor peso al nacimiento en las crías se ha relacionado con una elevación de la mortalidad de las mismas (Nash *et al.*, 1996), ya que estas crías tienen disminuidas sus reservas energéticas, además de tener una baja capacidad termorreguladora. Por otro lado, los bajos pesos al nacimiento se han correlacionado con bajas tasas de crecimiento postnatal y una disminución en el tamaño adulto (Ferrell, 1991).

Además de las influencias negativas que tiene una mala nutrición al final de la gestación, sobre el peso neonatal y la sobrevivencia, una inadecuada ingestión de comida durante el final de la preñez es asociada con una reducida producción de leche y retardo en el crecimiento de la progenie, alargamiento del anestro posparto, así como la aumento de la posibilidad de que la oveja presente la enfermedad conocida como toxemia de la preñez, que puede resultar en la muerte tanto de la cría como de la madre (Ferrell, 1991).

### **3.- EFECTO DE LA DESNUTRICIÓN SOBRE LA CONDUCTA MATERNA.**

Los efectos de la desnutrición sobre la conducta materna, han sido más estudiados en ratas: varios estudios sugieren que la desnutrición a través de la gestación, y/o la lactancia, pueden tener efectos en el periodo neonatal o pueden tener efectos duraderos sobre el comportamiento (Almeida *et al.*, 1996a, b; Galler y Tonkiss, 1991; Salas *et al.*, 2001; Salas *et al.*, 1984; Torrero *et al.*, 2000).

Se ha observado que la desnutrición proteica de ratas durante la gestación ocasiona que las madres permanezcan más tiempo en el nido amamantando activamente a sus crías (Hall *et al.*, 1979), mientras que en otro estudio se observó que las crías desnutridas permanecían más tiempo amamantándose pasivamente que las crías controles (Galler y Tonkiss, 1991).

Con respecto a la conducta de amamantamiento, en otro estudio se observó que crías desnutridas neonatalmente (es decir recién nacidas) mostraron una reducción en el número de succiones en un periodo de 10 minutos con respecto a las crías no desnutridas, sugiriendo que esta conducta puede estar afectada por encontrarse dañados los mecanismos cerebrales y el músculo mandibular, los cuales modulan la actividad de amamantamiento en el recién nacido (Torrero *et al.*, 2000) .

Esta sugerencia de un menor desarrollo cerebral de las crías desnutridas en el periodo neonatal ha sido corroborado en un estudio en el cual se observó que las crías que sufrieron una desnutrición proteica prenatal mostraron una reducida vascularización cerebral, la cual permanece a través de la vida (Bennis-Taleb *et al.*, 1999).

Con respecto a los efectos de la desnutrición prenatal a largo plazo, es decir, en la vida adulta del animal, en el aspecto conductual, se ha observado que la desnutrición prenatal en ratas, afecta las interacciones sociales de las mismas cuando éstas se encuentran en la etapa juvenil, es decir a los 45 días. En un estudio en donde a un grupo se le desnutrió durante la preñez , se observó

claramente que las crías desnutridas prenatalmente tuvieron significativamente disminuidas las conductas de juego y conductas sociales que no son de juego cuando se compararon con las ratas control (Almeida *et al.*, 1996b).

Asimismo también se ha observado que la desnutrición prenatal afecta la conducta exploratoria de las ratas cuando estas son probadas a los 70 días de edad, observándose que las ratas desnutridas prenatalmente tienden a tener actividad exploratoria incrementada, sugiriendo esto que puede estar disminuida la ansiedad y/o que estos animales son más impulsivos (Almeida *et al.*, 1996a).

Hablando de la desnutrición en las crías ratas recién nacidas sobre el desarrollo de la conducta materna cuando el animal llega a la vida adulta, se ha observado que ésta causa alteraciones en la manifestación de la conducta materna en el primer parto (Salas *et al.*, 2001; Salas *et al.*, 1984). Sin embargo estas alteraciones van disminuyendo con las pariciones subsecuentes (Salas *et al.*, 2001). Pero si las crías desnutridas prenatalmente son sobreestimuladas en el periodo neonatal, las alteraciones de la conducta materna que estos animales desnutridos manifiestan cuando llegan a la vida son compensadas en su mayoría, por lo que ellos manifestarán menos alteraciones conductuales en su primer parto que aquellas desnutridas prenatalmente pero que no fueron sobreestimuladas (Salas *et al.*, 2001).

Por otro lado, en especies filogenéticamente más cercanas a la cabra, por ejemplo en ciervos rojos, se observó que las madres subalimentadas después del parto, tuvieron una frecuencia más alta de amamantamientos a la cría, en respuesta a una baja disponibilidad de leche (Loudon *et al.*, 1983).

No existen estudios en cabras relacionados con los efectos de la desnutrición durante la gestación sobre la conducta materna, encontrando solamente algunos estudios en ovejas. En un estudio en pradera se encontró que el nivel de nutrición durante las últimas seis semanas de gestación puede afectar la tasa de abandono de al menos uno de los corderos, en camadas de mellizos, pero no en madres de sencillos (Putu *et al.*, 1988). En un estudio reciente se observó que las ovejas desnutridas durante la gestación permanecieron

significativamente menos tiempo lamiendo a sus crías recién nacidas cuando fueron comparadas con ovejas bien nutridas. Por otro lado, las crías nacidas de madres desnutridas tuvieron un peso al nacimiento bajo y fueron más lentas en pararse, así como se amamantaron con menor frecuencia (Dwyer *et al.*, 2003).

## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **LOCALIZACIÓN.**

El estudio fue realizado en la unidad experimental del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el Rancho de la Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Querétaro, localizado en la comunidad de Amazcala, municipio del Marqués, en el estado de Querétaro, México, situada en una latitud norte de 20°43' y una latitud oeste del 100°15', con una altitud de 1850 metros sobre el nivel del mar (COTECOCA, 1989).

El clima es BSw (semi-seco estepario con lluvias en verano) y una vegetación compuesta de matorral espinoso con plantas carnosas y pastizal. La temperatura promedio es de 16.7 °C, siendo más baja en invierno. La precipitación pluvial anual es de 485.4 mm, presentándose la mayor precipitación de junio a agosto y la menor de diciembre a marzo (INEGI, 1993).

El protocolo y los procedimientos experimentales que se utilizaron en este estudio están de acuerdo con las guías internacionales para la experimentación animal (NRC, 1996).

### **ANIMALES.**

Se utilizaron cabras criollas encastadas con Alpino Francés y Saneen, multíparas de entre 3 y 5 años de edad, junto con sus crías, permaneciendo bajo encierro permanente.

La reproducción fue sincronizada en dos picos de estro con 3 días de separación cada uno, usando esponjas intravaginales impregnadas de acetato de fluorogestona (40mg / animal, Cronogest de Intervet ).

Después de 15 días, se retiraron las esponjas y se aplicó a cada hembra una inyección intramuscular de gonadotropina corionica equina (400 U.I./ animal, Folligon de Intervet). El empadre se realizó por monta natural con machos equipados de un arnés marcador, registrándose la fecha de monta de cada hembra, para así conocer la fecha aproximada de parto.

A los 50 días postcopula, se hizo el diagnóstico de gestación, quedando solamente gestantes hasta este momento 31 cabras, de 49 que se sincronizaron.

Las cabras fueron pesadas a los 2 meses de gestación, y luego cada 14 días hasta los 3 meses y medio de gestación, para posteriormente ser pesadas al parto, a la semana postparto y luego cada 14 días hasta los 2 meses postparto. Los datos de los pesos fueron utilizados como indicadores del estado nutricional de las cabras.

Por su parte, las crías fueron identificadas al momento del nacimiento, y pesadas, para posteriormente ser pesadas a la semana de lactancia, y luego cada 14 días hasta los 2 meses de lactancia. Los pesos de las crías sirvieron como indicador del estado nutricional de las cabras, ya que está establecido que una desnutrición durante la gestación, ocasionan bajos pesos al nacimiento (Ferrell, 1991; Robinson *et al.*, 1999; Robinson, 1982b).

## **TRATAMIENTOS NUTRICIONALES.**

Las cabras antes de los dos meses de gestación recibieron una dieta que fue elaborada para cubrir sus requerimientos nutricionales para esa etapa fisiológica. Se ofrecía el forraje separadamente del concentrado, en el cual ya iban los minerales incluidos. Las cabras que resultaron gestantes fueron divididas en dos grupos experimentales a partir de los dos meses de gestación: el grupo desnutrido (n=17) y el control (n=10).

A su vez, y de acuerdo al grupo experimental al que fueron asignadas, las cabras fueron alojadas en corrales de 2m de ancho x 12 metros de largo en donde a lo máximo se alojaban 5 cabras de peso corporal similar, teniendo todas ellas espacio suficiente de comedero para evitar que las cabras dominantes no dejarán comer bien a las subordinadas ( 1 metro lineal de comedero por cabra). En este momento se empezó a medir el consumo de los animales así como se empezaron a adaptar a la nueva forma de la dieta ofrecida que fue en forma integral, para que a los dos meses y medio ya estuvieran adaptadas a sus respectivas dietas.

Los grupos experimentales fueron:

a).- Grupo control el cual recibió desde los dos meses y medio de gestación el 100% de sus requerimientos nutricionales (Sahlu *et al.*, 1995).

b) Grupo desnutrido, el cual recibió el 70% aproximadamente de sus requerimientos nutricionales de proteína y energía, quedando realmente una desnutrición del 83% de energía y una desnutrición del 64% de proteína, no habiendo disminuido más los requerimientos para evitar que abortaran las cabras (ver Tabla 1).

Ambos grupos recibieron agua a libre acceso.

**Tabla 1. Composición de energía y proteína de la dieta control y la dieta desnutrida.**

Dieta	Energía Bruta	Proteína cruda
Control	2.083 Mcal/Kg	11.2%
Desnutrida	1.720 Mcal/Kg	7.2%

Después del parto, las cabras fueron alojadas en un corral común en donde también fueron alojadas sus crías y recibieron una dieta diseñada para cubrir sus requerimientos de lactancia.

## **MANEJO EXPERIMENTAL DE LAS MADRES AL MOMENTO DEL PARTO.**

1.- Cuando la cabra inició con trabajo de parto se colocó en un corral de 2m x 2m, delimitada con paneles de metal, en el cual se realizó la video grabación de su conducta hasta 2 horas después de nacida la última cría (Ver Figuras 2, 3, 4, 5, 6). Se hizo la filmación continua por un periodo de 120 minutos con la ayuda de video casetes de 120 minutos y una video cámara (digital V8 750x marca SONY). Cuando la cabra tuvo más de una cría, y éstas eran muy parecidas, se les colocó un listón de color diferente con el fin de identificarlas.

2.- Después de terminar la grabación se dejaba a la madre con su cría en el lugar de parto para que se vincularán y posteriormente poder realizar la prueba de selectividad a las 4 horas postparto.

### Conductas analizadas en la madre durante las primeras 2 horas postparto.

- Número de balidos bajos (vocalizaciones de baja frecuencia, emitidas por el animal con la boca cerrada).
- Número de balidos altos (vocalizaciones de alta frecuencia emitidas con la boca abierta).
- Latencia, frecuencia y tiempo total de limpieza a la cría (lamidos).
- Conductas de agresión hacia la cría (incluye golpes y amenazas).
- Ingestión de la placenta.
- Latencia y frecuencia de rascar el suelo y a la cría.

### Conductas analizadas en las crías durante las primeras 2 horas de nacidas.

- Número de balidos bajos y altos.
- Latencia y frecuencia de intentos de incorporarse (se tomó como intento de incorporarse cuando la cría se sostuvo bien con las dos miembros

locomotores pelvianos y los miembros locomotores torácicos se encontraban doblados).

- Latencia, frecuencia y tiempo total de amamantamiento (cuando el cabrito alcanza por primera vez la ubre y succionaba, así como el número de veces sucesivas de succiones, y el tiempo total que permaneció succionando).
- Actividad motora (acostado, de pie, activo, inactivo).

Las filmaciones fueron analizadas a través del programa para análisis conductual para computadora llamado **Observer Video Pro (Noldus)**.



**Figura 2.** Cabra iniciando trabajo de parto, en donde se puede observar que ya esta encerrada en su corral de 2 m x 2 m.



**Figura 3.** Cabra expulsando la primera cría.



**Figura 4.** Cabra limpiando a la primera cría parida.



**Figura 5.** Cabra expulsando a la segunda cría.



**Figura 6.** Momento en que la segunda cría esta intentando incorporarse.

3.- A las 4 horas postparto se realizó una prueba de selectividad maternal.

La selectividad maternal en cabras se define como la capacidad de la madre para aceptar solamente a su cabrito a la ubre y rechazar a todo cabrito ajeno que intente amamantarse. Dicha capacidad discriminatoria se establece dentro de las primeras 2 a 4 horas después del parto.

La prueba fue aplicada a partir de que la cabra tenía 4 horas de parida y consistió en medir su conducta hacia su cabrito y hacia un cabrito extraño, en dos periodos de observación que tenían una duración de 5 minutos cada uno. Durante cada periodo se registraron las siguientes conductas en la madre:

- a) Frecuencia de emisión de balidos bajos.
- b) Frecuencia de emisión de balidos altos.
- c) Número de aceptaciones a la ubre. Esto es cada vez que la cabra permitía al cabrito acercarse a la ubre sin rechazo y/o amamantarse por más de 10 segundos seguidos.
- d) Tiempo total de amamantamiento. Es el tiempo, medido en segundos en que la cría si se amamantó de su madre. Esto se logró con la ayuda de una persona que tenía un cronómetro en mano y que tomaba el tiempo real de amamantamiento.
- e) Número de rechazos a la ubre. Son las veces que la madre, cuando se acercó la cría a la ubre, se alejó o la alejó y no la dejó que mamara.
- f) Número de golpes, amenazas o mordidas. Son todos aquellos movimientos bruscos de la cabeza de la madre dirigidos hacia el cabrito con o sin contacto.

4.- A las 8 horas postparto se realizó una prueba de reconocimiento a distancia del cabrito por la madre. Para realizar esta prueba se construyó un corral de prueba similar al utilizado en cabras por Gilling (2002).

El corral se construyó con paneles metálicos completamente cerrados para limitar las corrientes de aire y la distracción de las cabras. El corral fue colocado dentro de un local techado que podía ser iluminado artificialmente por la noche. El

local estaba cerrado por una pared de 1 m de altura, separándolo de los corrales en donde se encontraba el resto del rebaño.

El corral tenía una forma triangular de 10 m de lado y un metro de altura (ver Figura 7). En dos de las esquinas se construyó un corral de contención de 1 m<sup>2</sup> con paneles de rejillas, uno para la cría ajena y otro para la cría propia (ver Figura 8).

A 1 m de distancia de cada uno de los corrales, era colocada una barrera de paneles de rejilla para que la madre no tuviera acceso olfatorio con las crías, pero que si pudiera verlas y escucharlas (ver Figura 8).

La barrera física de un metro se colocó, ya que en estudios previos se ha demostrado que ni las ovejas o cabras son capaces de oler a sus crías cuando éstas se encuentra a más de 25 cm, inclusive con una corriente de aire a una velocidad de 1m/seg. (Alexander, 1978, 1977; Gilling, 2002). En la tercera esquina del triangulo había un corral de 2 m x 1 m que servía como punto de salida para la madre al inicio de la prueba.

El corral fue dividido en 5 zonas: a) corral de espera, b) corral de contención para los cabritos, c) zona inaccesible para las madres, d) zona de elección, e) zona neutra.

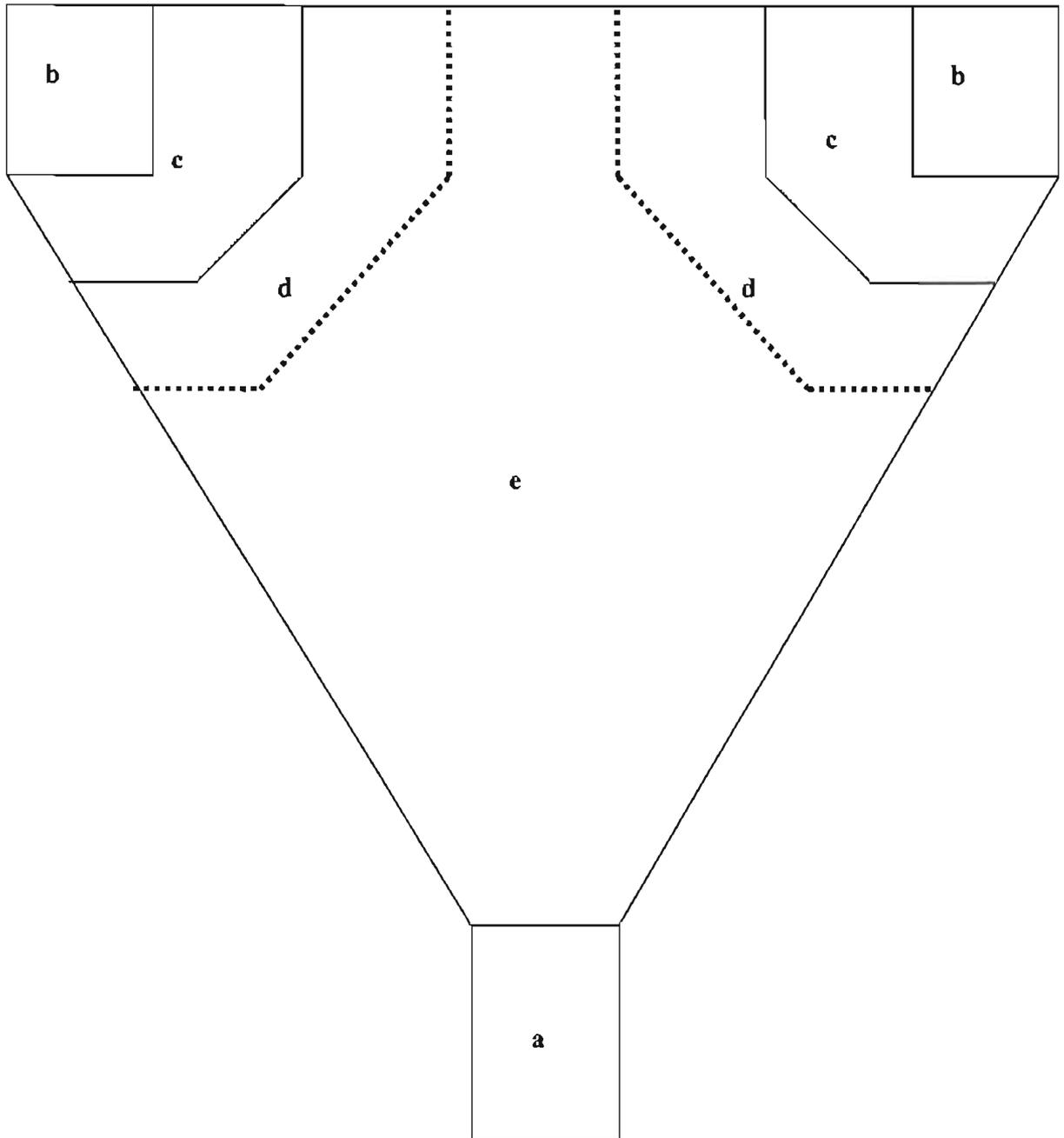
Procedimiento.

La madre que iba a ser probada se metía en el corral de espera y los cabritos eran colocados en sus respectivos corrales. Se mantenía la cabeza de la hembra hacia el lado contrario de los corrales de las crías utilizadas en la prueba para que no viera el lado en el cual estaba colocado su cabrito. Una vez metidos los 2 cabritos, la madre permanecía en el corral de espera por 30 segundos (ver Figura 9). En este momento se abría la puerta del corral de espera y se daba inicio a la prueba. Para la selección del cabrito ajeno utilizado en la prueba, se buscaba que hubiera nacido lo más cercanamente posible en horas al cabrito propio y que fueran del mismo grupo.

## Conductas registradas.

La duración de la prueba fue de 5 minutos. Se registraron las siguientes conductas:

- a) Tiempo de permanencia con cada cría. Es el tiempo total en segundos que la madre permaneció con el hocico y los miembros locomotores torácicos en la zona de contacto cerca de su cría y tiempo total en segundos que permaneció con el hocico y los miembros locomotores torácicos en la zona de contacto cerca de la cría extraña .
- b) Latencia de salida. Es el tiempo en segundos que tardó la madre en salir del corral de espera.
- c) Latencia de alcance de la primera cría. Es el tiempo en segundos que tomó a la madre para llegar a una de las crías por primera vez.
- d) Tiempo de mirar. Es el tiempo total en segundos que la madre permaneció mirando a su cría y tiempo total en segundos que la madre permaneció mirando a la cría extraña .
- e) Número de visitas a cada cría. Es el número de veces en donde la madre pasó la zona de contacto de la cría propia con los miembros locomotores torácicos, o el número de veces en donde la madre pasó la zona de contacto de la cría extraña con los miembros locomotores torácicos .



**Figura 7.** Plano que muestra el corral utilizado para la prueba de reconocimiento del cabrito por su madre a distancia. (a): corral de espera de la cabra; (b) corrales para los cabritos; (c) : zonas inaccesibles para las madres; (d) : zonas de elección para un cabrito; (e) zona neutral.



**Figura 8.** Corral de contención para las crías. Como se puede observar, este corral de contención tiene a 1 m de distancia una barrera de paneles de rejilla para que la madre no tuviera acceso olfatorio con las crías, pero que si pudiera verlas y escucharlas, así como también se puede observar la zona de elección, que es la línea pintada en el piso.



**Figura 9.** Corral en donde se alojaba a la madre antes de iniciar la prueba, nótese como la madre esta orientada hacia el otro lado en donde se encontraban las crías.

## MANEJO EXPERIMENTAL DE LAS CRÍAS AL MOMENTO DEL PARTO.

1.- Las crías al nacimiento fueron video-grabadas junto con sus madres, como se describió anteriormente.

2.- Una vez terminada la prueba de selectividad que se les práctico a las madres, las crías fueron identificadas y pesadas para su posterior monitoreo.

3.- A las 12 ó 24 horas postparto se les hizo una prueba de reconocimiento cría-madre, para medir su capacidad de reconocimiento de la madre en el primer día de vida, lo cual ha sido relacionado positivamente con la supervivencia a 7 días en ovinos (Poindron *et al.*, 1993). En el caso de que las crías fueran de partos múltiples, una cría se probaba a las 12 horas y la otra a las 24 horas, pero nunca se práctico la misma prueba dos veces en la misma cría.

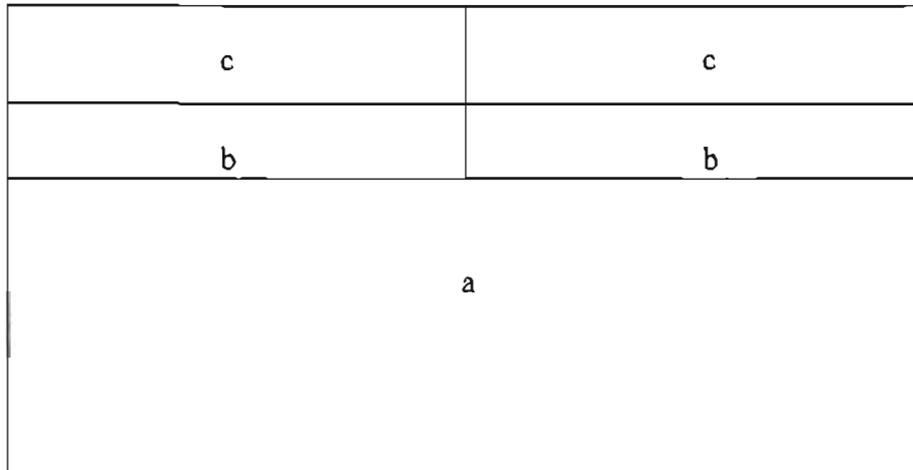
Para realizar esta prueba se construyó un corral similar al utilizado en cabras por Gilling (2002). El corral se construyó con paneles metálicos, completamente cerrados para limitar las corrientes de aire y la distracción de los cabritos. El corral fue colocado dentro de un local techado que podía ser iluminado artificialmente por la noche. El local estaba cerrado por una pared de 1 m de altura, separándolo de los corrales en donde se encontraba el resto del rebaño. El corral tenía 4m (frente) x 3m (fondo) en donde las madres estaban metidas en dos corrales de 2 m de frente por 1 m de fondo; los dos corrales estaban juntos y las madres estaban separadas por un panel de rejilla tubular cuadrada (Ver Figuras 10 y 11). El frente de los corrales de las madres también estaba hecho con paneles de rejilla tubular cuadrada (Ver Figura 11). Para la selección de la cabra madre ajena utilizada en la prueba, se buscaba que hubiera parido lo más cercanamente posible en horas a la cabra madre propia y que fueran del mismo grupo.

El área del cabrito era un rectángulo de 4 m de frente a las madres, por 2 metros de fondo. Al igual que en el corral triangular utilizado en la prueba de reconocimiento a distancia por parte de la madre, existía una raya pintada en el

piso a una distancia de 0.50 m de los paneles de las madres, esta área era considerada de contacto y el resto del corral era zona neutra (Ver Figura 11).

Conductas registradas.

- a) Tiempo de permanencia con cada madre. Es el tiempo total en segundos que la cría permaneció con el hocico y los miembros locomotores torácicos en la zona de contacto, cerca de la madre propia y extraña.
- b) Número de visitas a cada madre. Es el número de veces en donde la cría visitó la zona de contacto con cada una de las madres.



**Figura 10.** Plano que muestra el corral utilizado para la prueba de reconocimiento de la madre por el cabrito . (a): zona neutra; (b) zonas de elección por una madre; (c) corrales de las madres.



**Figura 11.** Vista frontal del corral utilizado en las pruebas de reconocimiento cría – madre a las 12 ó 24 horas, en donde se puede observar una cría eligiendo a una de las dos madres que se encuentran en los corrales en donde se alojaban las mismas para realizar la prueba.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Los resultados son presentados como medias y errores estándar.

En el caso que la distribución de las variables de respuesta no presentaran una distribución normal, como lo fue en las variables de respuesta conductuales y la variable de respuesta porcentaje de mortalidad de las crías durante la lactancia, se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas.

Las variables de respuesta conductuales en las madres utilizadas al parto fueron las siguientes: Latencia y frecuencia de las vocalizaciones; latencia, frecuencia, y tiempo total de limpieza a la cría(s); latencia, frecuencia y tiempo total de consumo de líquido amniótico; latencia, frecuencia y tiempo total de consumo de la placenta; latencia, frecuencia y tiempo total de rascar el suelo y a la cría. Para el análisis de estas variables se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar entre grupos y la prueba de Wilcoxon para comparar dentro de grupos.

Las variables de respuesta conductuales en las crías utilizadas al parto fueron las siguientes: Latencia y frecuencia de las vocalizaciones; latencia y frecuencia de intentos por levantarse; latencia de parado por primera vez; latencia de búsqueda de la ubre; latencia, frecuencia y tiempo total cerca de la ubre; latencia, frecuencia, y tiempo total de amamantamiento. Para el análisis de estas variables se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar entre grupos y la prueba de Wilcoxon para comparar dentro de grupos.

Las variables de respuesta conductuales en las madres utilizadas en la prueba de selectividad practicada a las 4 horas postparto fueron las siguientes: Frecuencia de emisión de balidos bajos; frecuencia de emisión de balidos altos; número de aceptaciones a la ubre; tiempo total de amamantamiento; número de rechazos a la ubre; número de golpes, amenazas o mordidas. Para el análisis de estas variables se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar entre grupos y la prueba de Wilcoxon para comparar dentro de grupos.

Las variables de respuesta conductuales en las madres utilizadas en la prueba de reconocimiento a distancia practicada a las 8 horas postparto fueron las siguientes: Tiempo de permanencia con cada cría; latencia de salida de la madre; latencia de alcance de la primera cría; tiempo de mirar a cada cría; número de visitas a cada cría. Para el análisis de estas variables se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar entre grupos y la prueba de Wilcoxon para comparar dentro de grupos.

Las variables de respuesta conductuales en las crías utilizadas en la prueba de reconocimiento practicada a las 12 o 24 horas postparto fueron las siguientes: Tiempo de permanencia con cada madre; Número de visitas a cada madre. Para el análisis de estas variables se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar entre grupos y la prueba de Wilcoxon para comparar dentro de grupos.

Para el análisis de la variable de respuesta porcentaje de mortalidad de las crías durante la lactancia se utilizó la prueba exacta de Fisher.

En el caso de las variables de respuesta con distribución normal, como lo fueron las variables de respuesta de pesos y cambios de peso de las madres y de las crías durante el estudio, se utilizaron pruebas estadísticas paramétricas.

Para el análisis de la variable de respuesta peso al inicio de la fase experimental, se utilizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, con los factores grupo de tratamiento, tipo de gestación y su interacción.

Para el análisis de la variable de respuesta cambio de peso con respecto al peso inicial de la fase experimental en el periodo preparto, se utilizó un análisis de varianza para un diseño de medidas repetidas, con los factores de grupo de tratamiento, tipo de gestación, día de pesaje y sus interacciones.

Para el análisis de la variable de respuesta peso al parto, se utilizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, con los factores grupo de tratamiento, tipo de parto y su interacción.

Para el análisis de la variable de respuesta cambio de peso con respecto al peso en el parto, se utilizó un análisis de varianza para un diseño de medidas repetidas, con los factores de grupo de tratamiento, tipo de parto, día de pesaje y sus interacciones.

Para el análisis de la variable de respuesta peso al nacimiento de las crías , se utilizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, con los factores grupo de tratamiento, tipo de gestación del que proviene la cría, sexo y sus interacciones.

Para el análisis de la variable de respuesta cambio de peso con respecto al peso en el nacimiento, se utilizó un análisis de varianza para un diseño de medidas repetidas, con los factores de grupo de tratamiento, tipo de gestación del que proviene la cría, sexo, día de pesaje y sus interacciones.

El nivel de significancia fue  $\alpha = 0.05$ .

## **VI. RESULTADOS**

### **1.- PARÁMETROS PRODUCTIVOS**

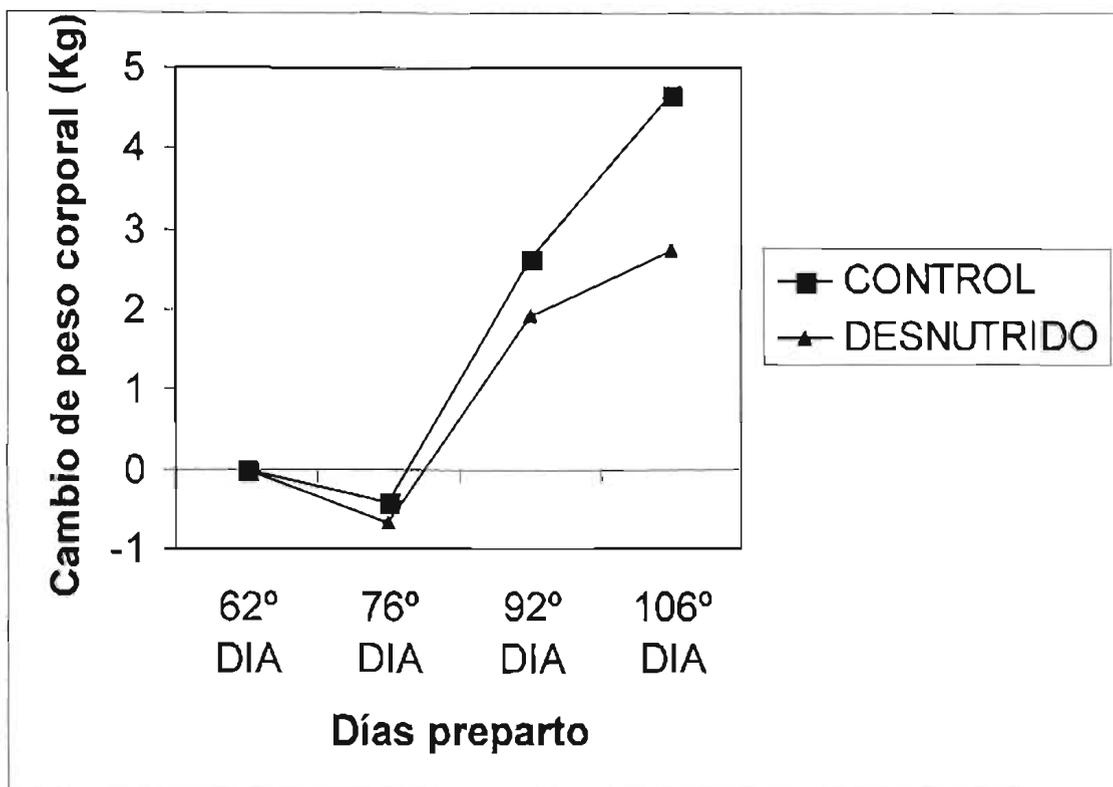
#### **Peso al inicio de la fase experimental.**

Para esta variable de respuesta no se encontraron diferencias significativas debidas al grupo de tratamiento y tipo de gestación, pero si se encontró un efecto de interacción de grupo de tratamiento por el tipo de gestación de la cabra ( $P = 0.05$ ). Lo que se observó fue que las cabras del grupo desnutrido con gestaciones sencillas o dobles tuvieron pesos similares en este momento con las cabras controles con gestaciones sencillas o dobles respectivamente, pero las cabras desnutridas con gestaciones triples pesaron menos que las cabras del grupo control con gestación triple.

#### **Cambio de peso con respecto al peso inicial de la fase experimental en el periodo preparto.**

Para esta variable de respuesta no se encontraron diferencias significativas debidas al grupo de tratamiento, tipo de gestación, grupo de tratamiento por tipo de gestación, o día de pesaje por tipo de gestación. Esta variable si tuvo diferencias significativas ocasionadas por el día de pesaje ( $P < 0.001$ ), o debidas al día de pesaje por grupo de tratamiento ( $P = 0.05$ ), así como también existió una tendencia a diferir ocasionada por la interacción día de pesaje por grupo de tratamiento por tipo de gestación ( $P = 0.08$ ).

En la interacción de día de pesaje por grupo de tratamiento, lo que se observó es que tanto las cabras del grupo desnutrido como las cabras del grupo control al inicio de la fase experimental tuvieron una ligera pérdida de peso, para posteriormente empezar a ganar peso en forma similar, sin embargo al final de la fase experimental la ganancia de peso del grupo desnutrido fue mucho menor que la ganancia de peso del grupo control (Ver figura 12).



**Figura 12.** Cambio del peso corporal preparto que sufrieron las cabras tratadas como controles (n=10) o restringidas nutricionalmente (desnutridas) (n=17). Grupo de tratamiento, tipo de gestación, grupo de tratamiento por tipo de gestación, día de pesaje por tipo de gestación,  $P > 0.05$ . Día de pesaje  $P < 0.0001$ . Día de pesaje por grupo de tratamiento  $P = 0.05$ . Día de pesaje por grupo de tratamiento por tipo de parto  $P = 0.08$ .

En la interacción del día de pesaje por grupo de tratamiento por tipo de gestación, lo que se observa es que la diferencia en ganancia de peso al final del periodo entre los grupos experimentales es mucho más notoria en aquellos animales que tenían una gestación múltiple.

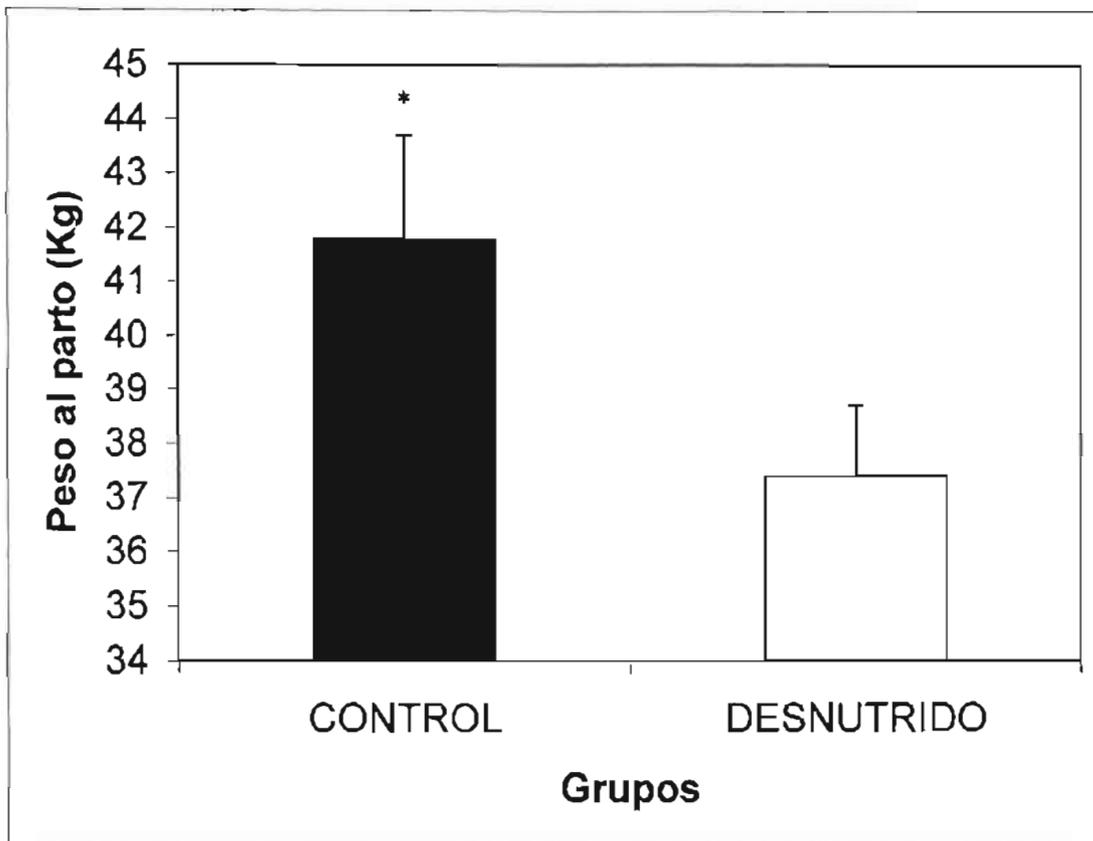
### **Peso al parto.**

Para esta variable de respuesta no se encontraron diferencias significativas debidas al tipo de parto, o a la interacción grupo de tratamiento por tipo de parto, pero si se observó una diferencia significativa debida al grupo de tratamiento ( $P = 0.03$ ), pesando en este momento menos las cabras del grupo desnutrido que las cabras del grupo control, como se puede ver en la figura 13.

### **Cambio de peso con respecto al peso en el parto.**

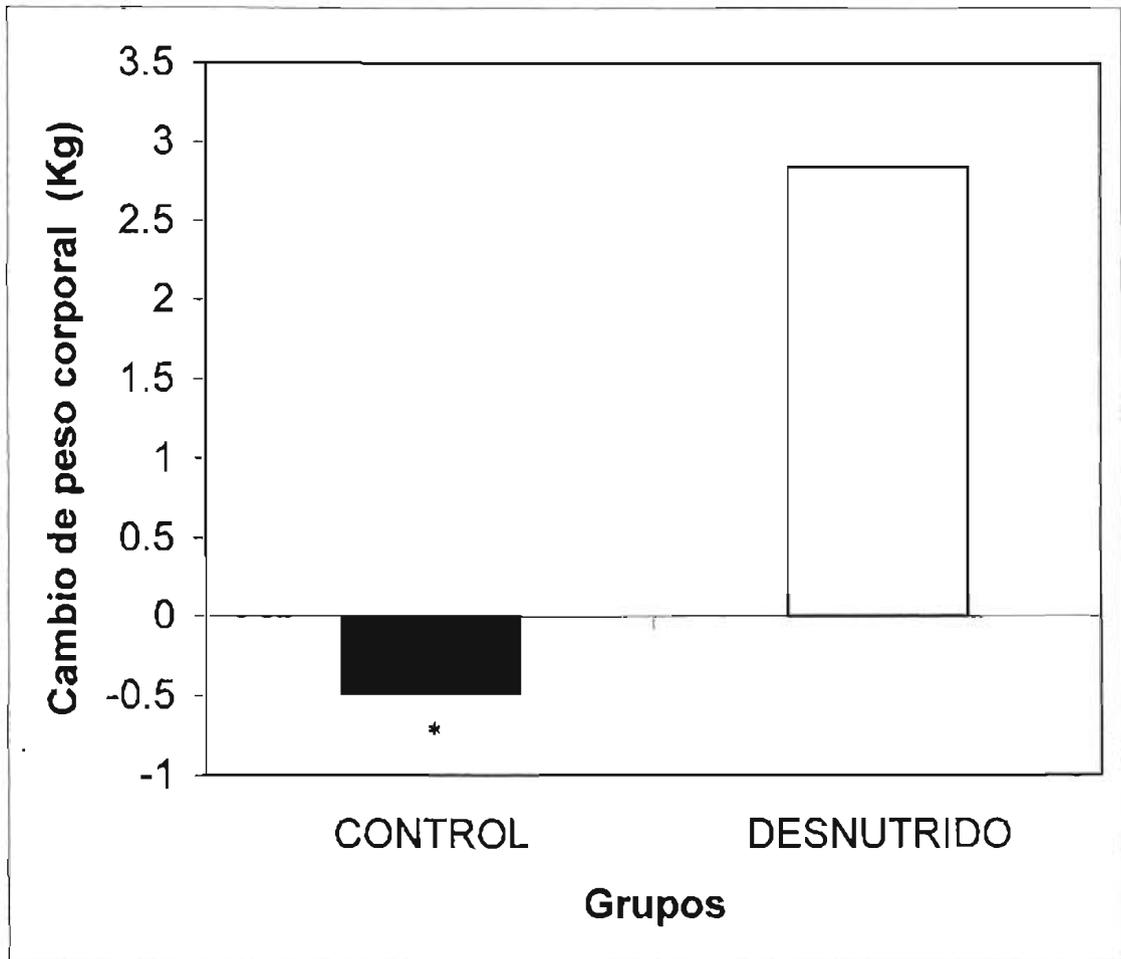
En esta variable de respuesta no se encontraron diferencias significativas debidas al tipo de parto, o a la interacciones de grupo de tratamiento por tipo de parto, grupo de tratamiento por día de pesaje, grupo de tratamiento por tipo de parto, o grupo de tratamiento por día de pesaje por tipo de parto.

Por otro lado, si se encontraron diferencias significativas debidas al grupo de tratamiento ( $P = 0.04$ ), observando que las cabras del grupo desnutrido ganaron peso después del parto, mientras que las cabras del grupo control lejos de ganar peso después del parto tuvieron una ligera pérdida, como se muestra en la figura 14. También se observó una tendencia a diferir ocasionada por el día de pesaje, notándose que al principio las cabras perdieron peso, para posteriormente terminar la fase experimental ganando peso corporal ( $P = 0.09$ ).



**Figura 13.** Peso corporal al parto de las cabras tratadas como controles (n=10) o restringidas nutricionalmente (desnutridas) (n=17).

Grupo de tratamiento \*P= 0.03.



**Figura 14.** Cambio del peso corporal posparto que sufrieron las cabras tratadas como controles (n=10) o restringidas nutricionalmente (desnutridas) (n=17).

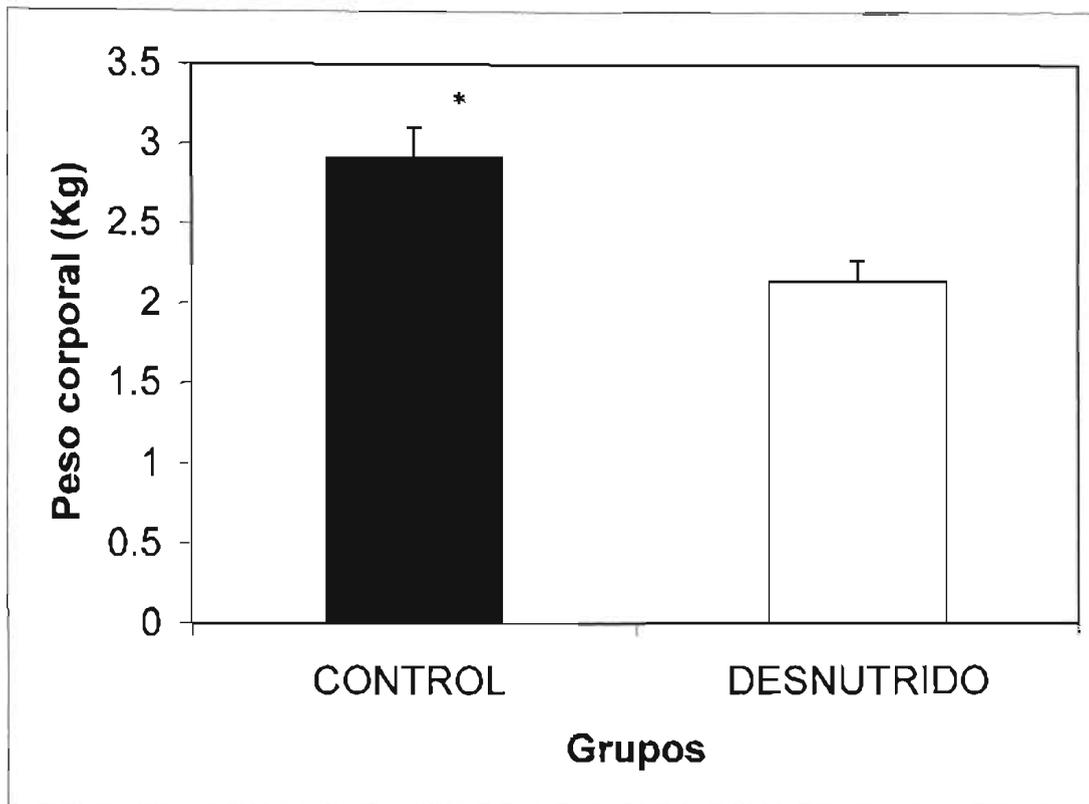
Grupo de tratamiento \*P= 0.04.

### **Pesos de las crías al nacimiento.**

Para esta variable de respuesta no se encontraron diferencias debidas al sexo de las crías, o interacciones del sexo de la crías con los otros factores, así como tampoco se observó una interacción de grupo de tratamiento por tipo de gestación del que proviene la cría, pero si se encontró una importante diferencia significativa debida al grupo de tratamiento (  $P = 0.001$ ), observando que las crías del grupo desnutrido pesaron menos que las crías del grupo control, como se puede ver en la figura 15. Por otra parte, también se observó otra diferencia significativa en esta variable de respuesta debida al tipo de gestación de la que provenía la cría (  $P < 0.0001$ ), notando que las crías que provenían de gestaciones sencillas eran más pesadas que las crías que provenían de gestaciones dobles o triples ( $3.3 \pm 0.02$ ,  $2.4 \pm 0.1$ ,  $1.7 \pm 0.1$  Kg, para crías que provienen de gestaciones simples, dobles o triples respectivamente  $P < 0.0001$ ).

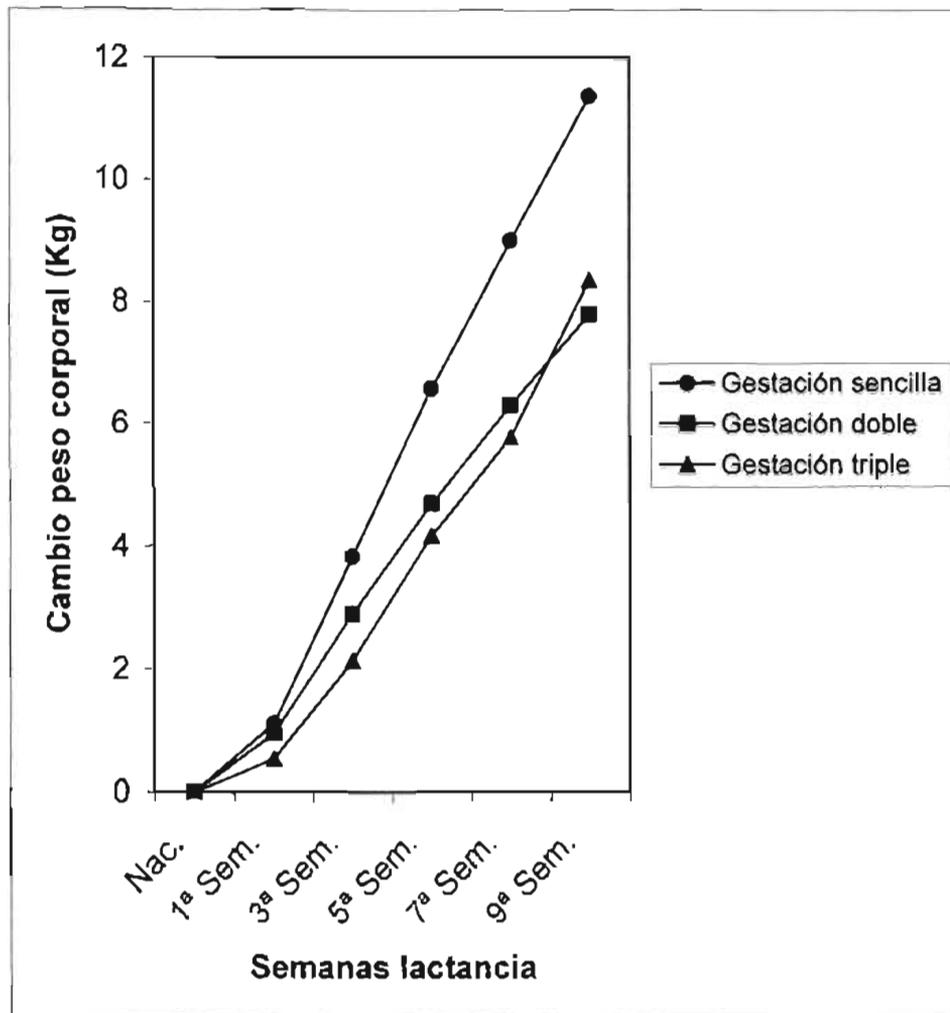
### **Cambio de peso con respecto al peso en el nacimiento.**

En esta variable de respuesta no se encontraron diferencias debidas al grupo de tratamiento, sexo y las interacciones de estos factores entre sí y con los otros factores. Lo que si se observó fue un efecto por el tipo de gestación del que provenía la cría (  $P = 0.03$ ), día de pesaje de la cría (  $P < 0.0001$ ), y la interacción del día de pesaje de la cría de con el tipo de gestación (  $P < 0.0001$ ), observando que el cambio de peso que sufrieron las crías en la fase experimental fue afectado por el tipo de gestación del que provenían, ganando más peso las crías que provenían de gestaciones sencillas, que las que provenían de gestaciones dobles o triples, como se puede observar en la figura 16.



**Figura 15.** Peso corporal al nacimiento de las crías de madres tratadas como controles (n=17) o restringidas nutricionalmente (desnutridas) (n=27).

Grupo de tratamiento \*P= 0.001.



**Figura 16.** Cambio del peso corporal que sufrieron las crías que provenían de gestación sencilla (n = 11), doble (n = 22), o triple (n = 11) durante la lactancia.

Tipo de gestación por día de pesaje  $P < 0.001$ .

### **Porcentaje de mortalidad de las crías durante la lactancia.**

En el grupo desnutrido hubo un mayor porcentaje de mortalidad durante la primera semana de lactancia que en el grupo control ( $P = 0.02$ ), observándose que en el grupo desnutrido murieron 7 de 29 crías (24.1%), mientras que en el grupo control el porcentaje de mortalidad fue del 0%, al no morir ninguna cría durante la primera semana de lactancia. Después de la primera semana de lactancia no existieron diferencias con respecto al porcentaje de mortalidad entre ambos grupos, ya que en el grupo desnutrido murió solamente 1 cría de las 22 que restaban (4.54%), mientras que en el grupo control se murió 1 cría de las 17 que nacieron (5.9%).

## 2.- PARAMETROS CONDUCTUALES.

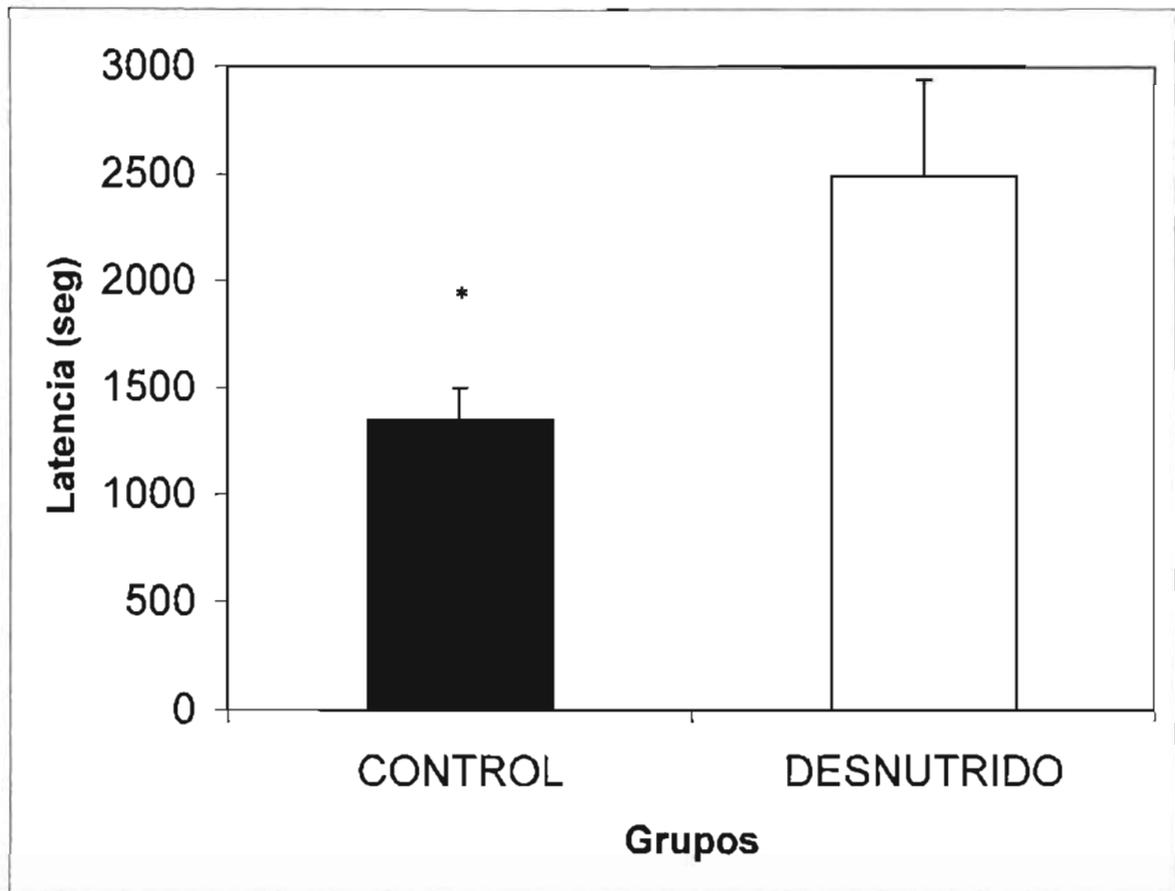
### Conductas observadas al parto.

**Conductas de las crías.** En la observación realizada al parto, únicamente en la conducta de latencia de parado por primera vez se observaron diferencias significativas entre los dos grupos, los cabritos del grupo desnutrido se incorporaron más tardíamente que los del grupo control, ( $2494 \pm 447$  seg. vs.  $1351 \pm 147$  seg., respectivamente, U Mann Whitney  $P=0.04$ , Figura 17).

En otras conductas no se observaron diferencias significativas, probablemente debido a que no existieron diferencias significativas, o debido al bajo número de animales por grupo. Sin embargo, como se muestra en algunas tablas, numéricamente existieron algunas tendencias a diferir entre el comportamiento de las crías del grupo desnutrido y las crías del grupo control. Por ejemplo, se pudo observar que las crías del grupo desnutrido se acercaron menos veces a la ubre que las control, de hecho las crías del grupo desnutrido tardaron más en iniciar la búsqueda de la ubre (Tabla 2).

Por otro lado, en lo que respecta al amamantamiento (Tabla 2), aparentemente los cabritos desnutridos se amantaron más frecuentemente y por más tiempo que los del grupo control.

En lo que respecta a la actividad vocal, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos, sin embargo, se puede observar en la Tabla 3 que los cabritos desnutridos emitieron más balidos altos y bajos, comparado con los del grupo control.



**Figura 17.** Latencia, dada en segundos (media  $\pm$  error estándar) del momento de la incorporación por primera vez de las crías desnutridas y controles observadas en el periodo inmediato al parto. Controles  $n = 10$  y Desnutridas  $n = 15$ : U Mann Whitney \*  $P = 0.04$ .

**Tabla 2.** Efecto de la desnutrición a partir de la segunda mitad de la gestación sobre la latencia (media  $\pm$  error estándar) de búsqueda de ubre, frecuencia cerca de ubre, frecuencia y tiempo de amamantamiento de las crías del grupo control y desnutrido.

CONDUCTA	CONTROL	DESNUTRIDO
<b>Latencia<sup>1</sup> búsqueda de ubre</b>	1645 $\pm$ 400	1792 $\pm$ 358
<b>Frecuencia<sup>2</sup> cerca de ubre</b>	43 $\pm$ 8	32 $\pm$ 5
<b>Frecuencia<sup>2</sup> amamantamiento</b>	49 $\pm$ 8	62 $\pm$ 14
<b>Tiempo<sup>1</sup> de amamantamiento</b>	655 $\pm$ 148	755 $\pm$ 156

Controles n = 10 y Desnutridas n= 15. (P> 0.1).

1 Segundos.

2 Número de observaciones.

**Tabla 3.** Efecto de la desnutrición a partir de la segunda mitad de la gestación sobre la actividad vocal (media  $\pm$  error estándar) de las crías al momento del parto.

CONDUCTA	CONTROL	DESNUTRIDO
<b>Balidos<sup>2</sup> bajos</b>	281 $\pm$ 50 *	341 $\pm$ 41 *
<b>Balidos<sup>2</sup> altos</b>	102 $\pm$ 28	208 $\pm$ 71

Controles n= 10 y Desnutridas n = 15. Dentro de cada grupo, comparación entre balidos altos y balidos bajos (Wilcoxon, \*P < 0.05).

2 Número de observaciones.

Comparando dentro de cada grupo, tanto las crías desnutridas como las controles emitieron más balidos bajos que altos ( Wilcoxon \*P < 0.05, Tabla 3).

**Conductas de las madres.** De igual manera, durante las primeras dos horas postparto, en las distintas conductas registradas en las madres no se observaron diferencias significativas entre los dos grupos; sin embargo, se observaron algunas tendencias a diferir como lo fue la latencia y frecuencia de rascar el suelo en donde las madres desnutridas tardaron más tiempo en empezar a rascar el suelo (U Mann Whitney P = 0.12) y lo rascaron menos frecuentemente (U Mann Whitney P = 0.09) que las controles. En las demás conductas no existieron tendencias estadísticas aunque si existieron tendencias numéricas, todas ellas sugiriendo que en las madres desnutridas la expresión de la conducta materna se encuentra deteriorada, con respecto a las controles, como por ejemplo las madres desnutridas empezaron a limpiar a sus crías después que las controles (Tabla 4), y las limpiaron menos frecuentemente comparado con las madres controles (Tabla 4). Debido a esto, se decidió sumar todas aquellas conductas encaminadas a estimular a las crías, para así comparar esta suma entre el grupo desnutrido y el grupo control (frecuencia de rascar a la cría + frecuencia de limpiar a la cría + frecuencia de rascar el suelo). De esta manera se pudo observar que existe una tendencia a que las cabras desnutridas estimularon menos frecuentemente a sus crías que las cabras del grupo control (U Mann Whitney P= 0.06, Figura 18). Con respecto a la suma de las latencias de presentación de las conductas encaminadas a estimular a las crías (latencia de rascar a la cría + latencia de limpieza de la cría + latencia de rascar el suelo), también se pudo observar que las cabras del grupo desnutrido empezaron a estimular a las crías después que las cabras del grupo control, sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los dos grupos cuando se sumaron éstas conductas (U Mann Whitney P = 0.18).

**Tabla 4.** Efecto de la desnutrición a partir de la segunda mitad de la gestación sobre la latencia y frecuencia de limpieza de las crías (media  $\pm$  error estándar) en el grupo control y el desnutrido.

CONDUCTA	CONTROL	DESNUTRIDO
Latencia <sup>1</sup> de limpieza de las crías	20 $\pm$ 13	63 $\pm$ 38
Frecuencia <sup>2</sup> limpieza de las crías	178 $\pm$ 18	147 $\pm$ 14

Controles n= 7 y Desnutridas n= 10. (U Mann Whitney p > 0.1).

<sup>1</sup> Segundos.

<sup>2</sup> Número de observaciones.

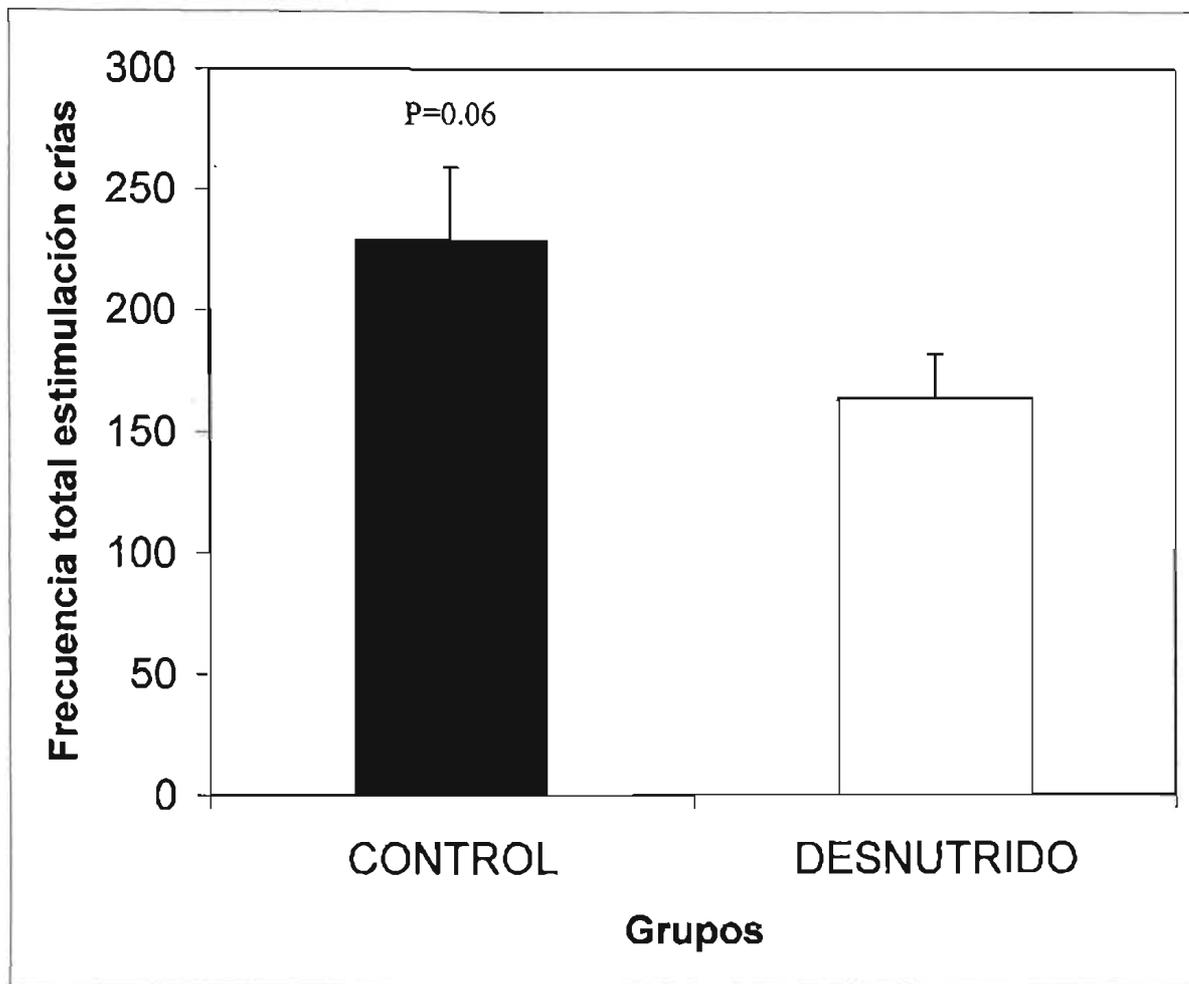
En la actividad vocal de las madres no se encontraron diferencias ni tendencias a diferir entre grupos (Tabla 5). Sin embargo, al igual que las crías, tanto madres desnutridas como las madres control emitieron más balidos bajos que altos (Wilcoxon, P < 0.05, Tabla 5).

**Tabla 5.** Efecto de la desnutrición a partir de la segunda mitad de la gestación sobre la actividad vocal (media  $\pm$  error estándar) de las madres al momento del parto.

CONDUCTA	CONTROL	DESNUTRIDO
Balidos <sup>2</sup> bajos	174 $\pm$ 87 *	146 $\pm$ 52 *
Balidos <sup>2</sup> altos	20 $\pm$ 19	10 $\pm$ 8

Controles n=7 y Desnutridas n=10. Dentro de cada grupo, comparación entre balidos altos y balidos bajos (Wilcoxon \*P < 0.05).

<sup>2</sup> Número de observaciones.



**Figura 18.** Suma de las frecuencias de las conductas encaminadas a estimular a las crías (media  $\pm$  error estándar) en el grupo control y desnutrido. Controles n= 7 y Desnutridas n= 10: U Mann Whitney P = 0.06.

**Selectividad a la ubre a las 4 horas posparto.** Los resultados de la prueba de selectividad a las 4 horas postparto se muestran en la Tabla 6.

Comparando al grupo desnutrido con el grupo control, no se encontraron diferencias significativas en todas las conductas registradas entre los dos grupos (U Mann Whitney  $p > 0.05$ ).

Tanto las cabras desnutridas, como las controles mostraron claramente una conducta selectiva, ya que rechazaron activamente a la cría extraña y amamantaron sólo a la cría propia, (Wilcoxon  $P \leq 0.05$ ), como lo muestra la Tabla 6.

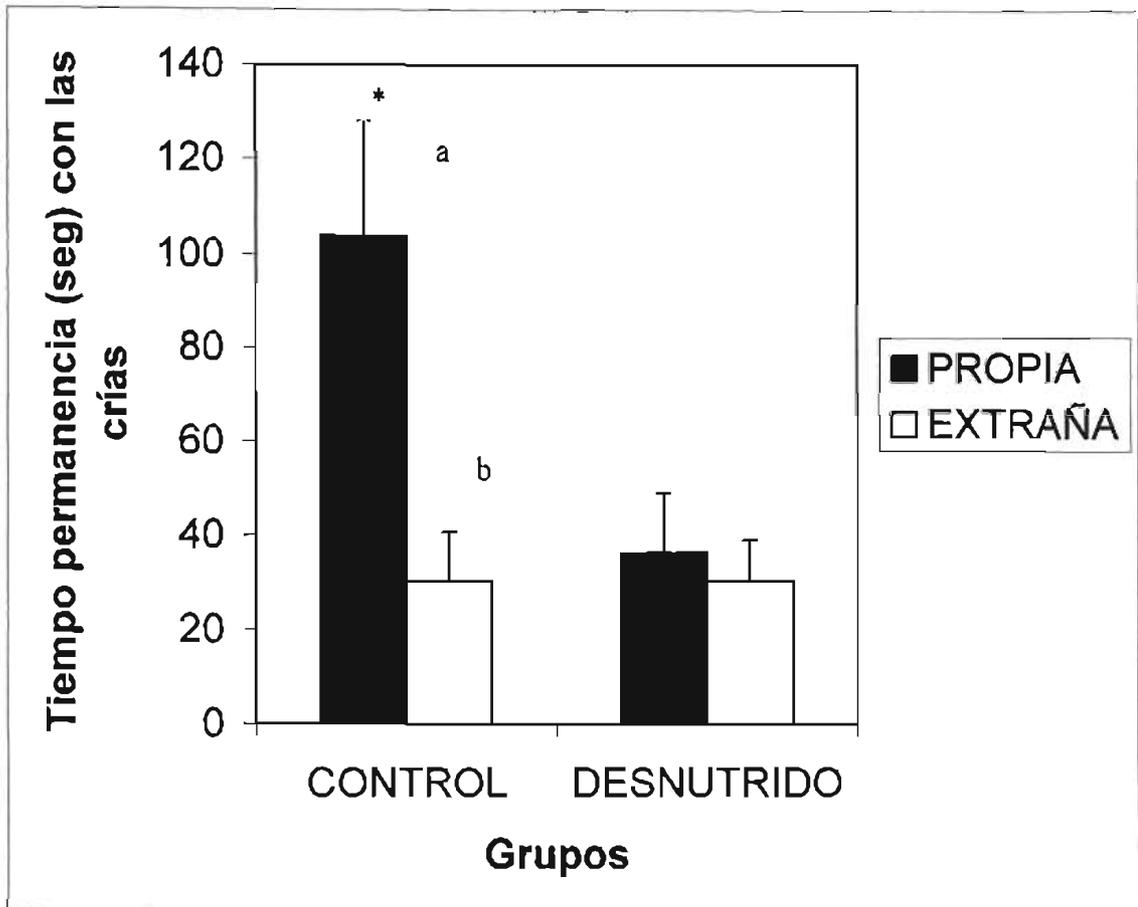
**Tabla 6.** Efecto de la desnutrición a partir de la segunda mitad de la gestación sobre las conductas de aceptación y de rechazo (media  $\pm$  error estándar) durante la prueba de selectividad a 4 horas posparto.

CONDUCTAS REGISTRADAS	DESNUTRIDAS (13)		CONTROL (8)	
	CABRITO PROPIO	CABRITO EXTRAÑO	CABRITO PROPIO	CABRITO EXTRAÑO
No. Balidos bajos	8.38 $\pm$ 1.4	21.53 $\pm$ 7.3	15.62 $\pm$ 4.3	15.50 $\pm$ 4.9
No. Balidos altos	0.69 $\pm$ 0.3*	37.92 $\pm$ 10.1	1 $\pm$ 0.9*	26.75 $\pm$ 10.3
No. Aceptaciones ubre	3.61 $\pm$ 0.6*	0.15 $\pm$ 0.1	4.37 $\pm$ 0.9*	0.0 $\pm$ 0.0
Duración amamantamiento (seg)	106.92 $\pm$ 21.4*	0.69 $\pm$ 0.5	128.12 $\pm$ 23.6*	0.12 $\pm$ 0.1
No. Rechazo ubre	0.61 $\pm$ 0.4*	3.07 $\pm$ 0.9	0.12 $\pm$ 0.1*	1 $\pm$ 0.5
No. Golpes y amenazas	0.077 $\pm$ 0.1*	2.23 $\pm$ 1.	0 $\pm$ 0*	2.12 $\pm$ 1.1

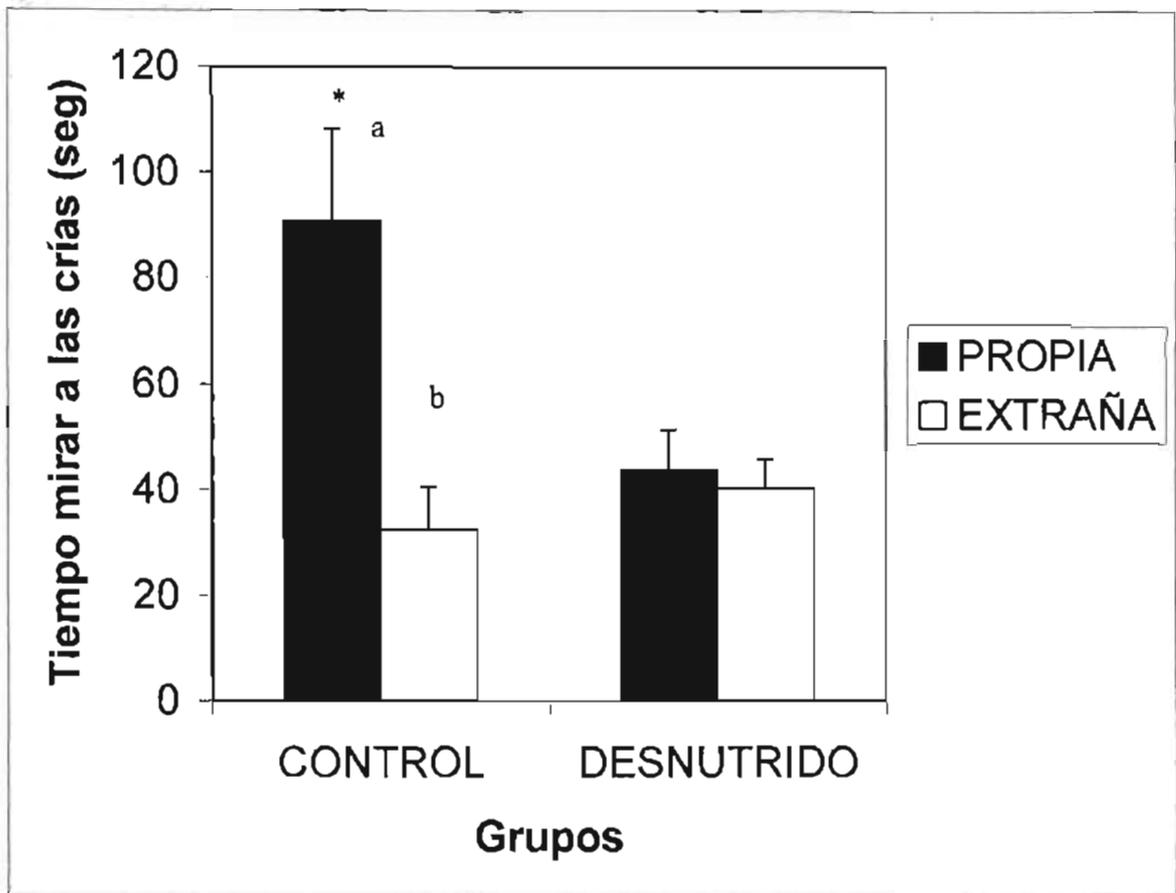
Controles n = 10 y Desnutridas n = 13 . Dentro de cada grupo: comparación de propio contra extraño, (Wilcoxon \* $P \leq 0.05$ ).

**Reconocimiento a distancia madre-cría a las 8 horas postparto.** Los resultados de esta prueba muestran que la desnutrición alteró la capacidad de reconocimiento de la cría por su madre a las 8 horas postparto , ya que en las cabras del grupo desnutrido no se encontraron diferencias significativas en el tiempo de permanencia con su cría y la cría extraña (Figura 19), así como tampoco se encontraron diferencias significativas entre el tiempo en que miraron a su cría y a la cría extraña (Figura 20) y tampoco se encontraron diferencias significativas entre el número de visitas que realizaron a su cría y a la cría extraña (Figura 21), por lo que se puede decir que éstas no fueron capaces de reconocer a sus crías a distancia, mientras que las cabras del grupo control si fueron capaces de reconocer a sus crías ya que permanecieron más tiempo con su cría que con la extraña (Figura 19), miraron más tiempo a su cría que a la extraña (Figura 20) y visitaron más veces a su cría que a la extraña (Figura 21).

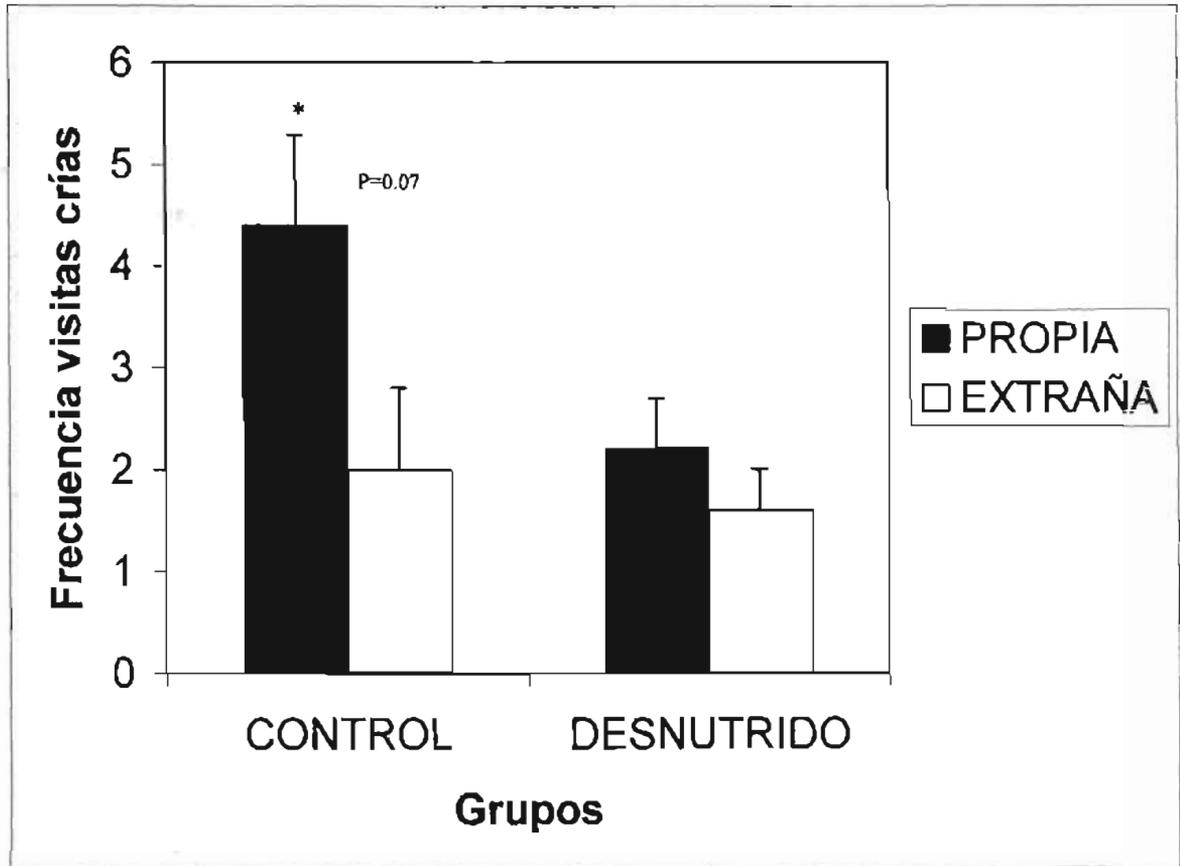
Cuando se comparó el grupo desnutrido contra el grupo control, también se pudo observar claramente en esta prueba que las cabras del grupo desnutrido permanecieron menos tiempo con su cría (Figura 19), la miraron también menos tiempo (Figura 20) y la visitaron menos veces (Figura 21) que las cabras del grupo control (U Mann Whitney  $P < 0.05$  ).



**Figura 19.** Tiempo de permanencia, (media  $\pm$  error estándar), dado en segundos, con la cría propia o con la cría extraña en cabras controles o desnutridas a las 8 horas posparto, durante una prueba de 5 minutos. Controles  $n= 10$  y desnutridas  $n= 13$ . Dentro de cada grupo: comparación de propia contra extraña, a vs b Wilcoxon  $P \leq 0.05$ . Comparación de controles contra desnutridas, \* U Mann Whitney  $P \leq 0.05$ .



**Figura 20.** Tiempo, dado en segundos, de mirar a la cría propia o extraña (media  $\pm$  error estándar) por cabras del grupo control o desnutrido a las 8 horas posparto, durante una prueba de 5 minutos. Grupo control  $n = 10$ , y grupo desnutrido  $n = 13$ . Dentro de cada grupo: comparación de propia contra extraña, a vs b Wilcoxon  $P \leq 0.05$ . Comparación de controles contra desnutridas, \* U Mann Whitney  $P \leq 0.05$ .



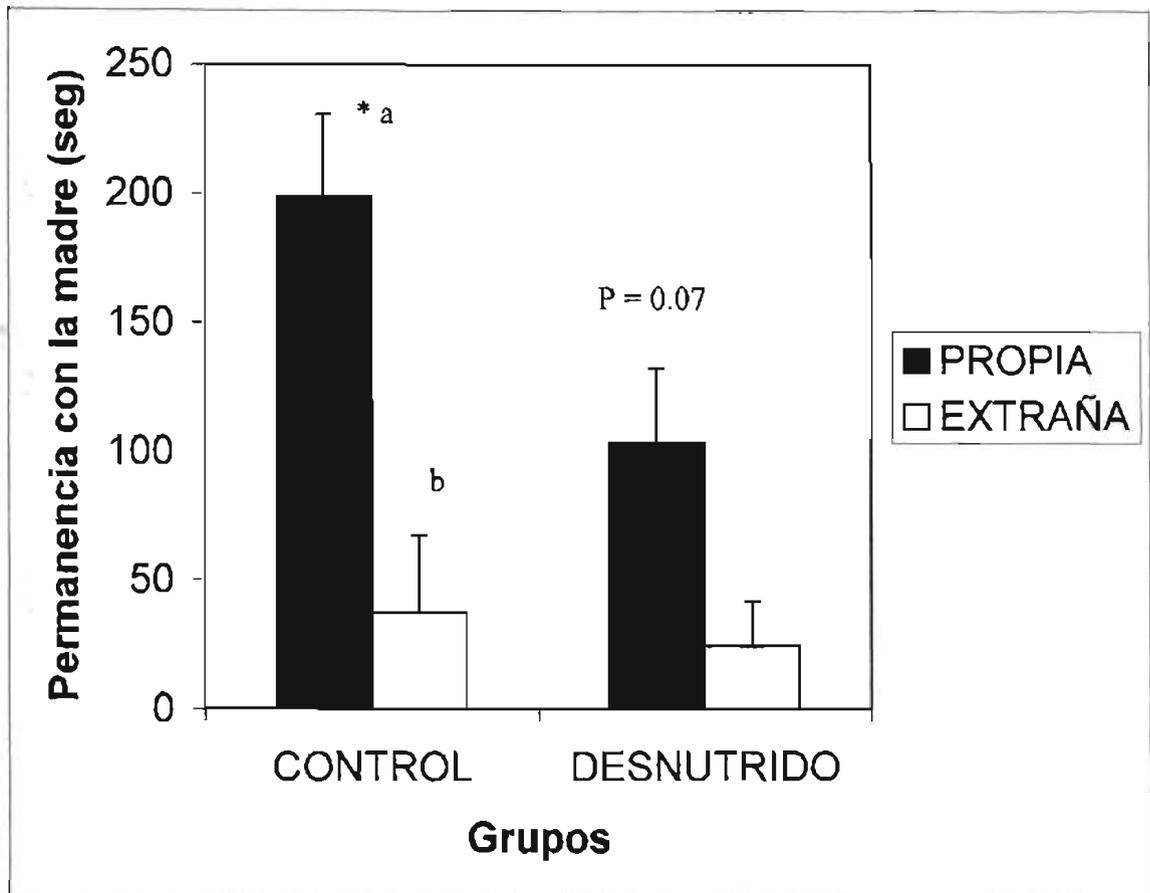
**Figura 21.** Frecuencia de visitas a la cría propia o extraña (media  $\pm$  error estándar) por cabras del grupo control o desnutrido a las 8 horas posparto, durante una prueba de 5 minutos. Grupo control  $n = 10$ , y grupo desnutrido  $n = 13$ . Dentro de cada grupo: comparación de propia contra extraña, Wilcoxon  $P = 0.07$ . Comparación de controles contra desnutridas, \* Mann Whitney  $P < 0.05$

**Reconocimiento cría – madre a las 12 horas postparto.** Como se puede observar en las siguientes figuras, tanto las crías del grupo desnutrido como las crías del grupo control fueron capaces de reconocer a sus madres, ya que el tiempo de permanencia con cada madre fue mayor con la propia que con la extraña en los dos grupos (Figura 22), aunque en el grupo desnutrido la diferencia solo fue una tendencia (Wilcoxon  $P < 0.1$ ), mientras que en el grupo control si existió una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ). Con respecto al número de visitas, también existieron diferencias significativas en los dos grupos, observándose un mayor número de visitas a la propia que a la extraña (Wilcoxon  $P < 0.05$ , Figura 23).

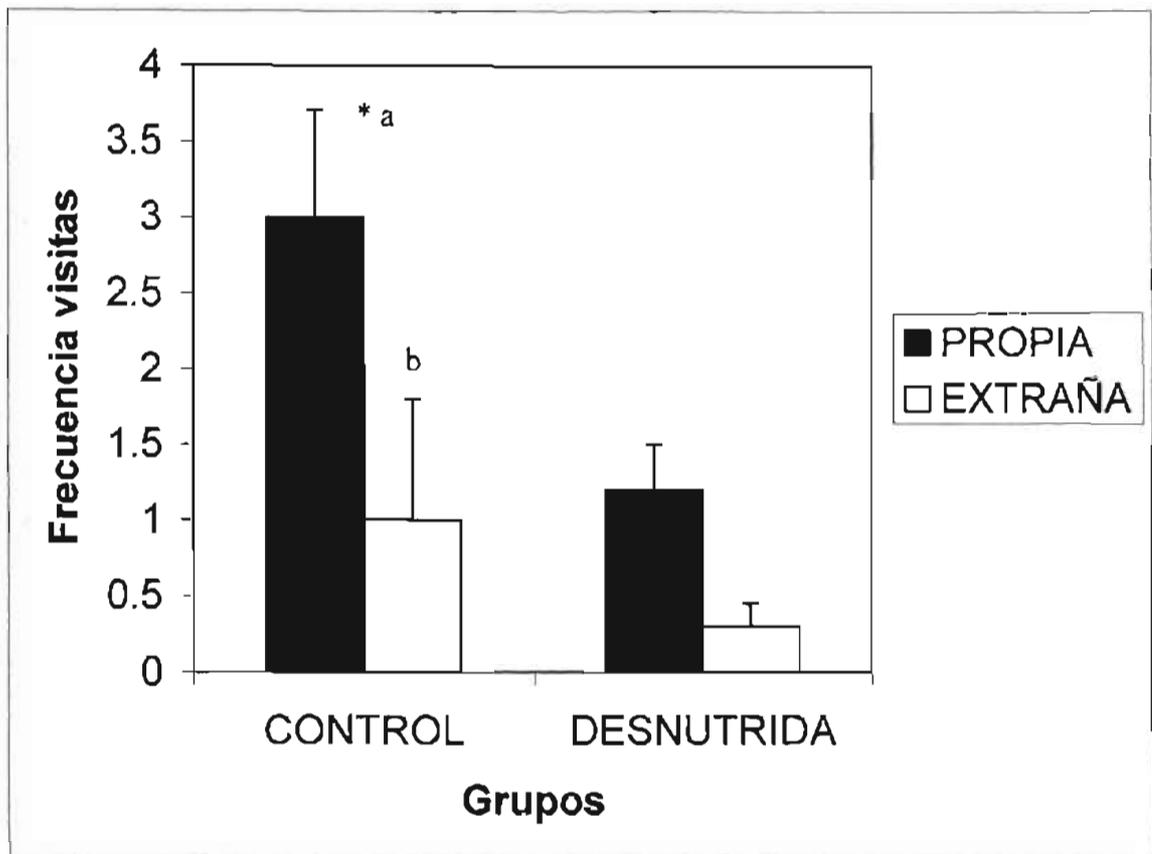
Cuando se hace la comparación entre grupos, si se encuentran diferencias significativas entre las crías del grupo desnutrido y las crías del grupo control, en las conductas de tiempo de permanencia con la madre propia y número de visitas a la madre propia, observándose que las crías del grupo desnutrido permanecieron menos tiempo con su madre que las crías del grupo control (Figura 22), así como también la visitaron menos veces (Figura 23) que las crías del grupo control (U Mann Whitney  $P \leq 0.05$ ).

**Reconocimiento cría – madre a las 24 horas postparto.** Cuando los cabritos son probados a las 24 horas postparto, ya no existió ninguna diferencia significativa entre los dos grupos.

**Nota:** El número de observaciones en los dos grupos (control y desnutrido) varía en las diferentes pruebas que se les práctico, ya que como éstas se realizaron a tiempos fijos, algunas veces no se pudieron probar a todos los individuos.



**Figura 22.** Tiempo, dado en segundos, de permanencia con la madre propia o extraña (media  $\pm$  error estándar) de los cabritos controles o desnutridos las 12 horas posparto, durante una prueba de 5 minutos. Controles  $n=6$  y desnutridos  $n=10$ . Dentro de cada grupo: comparación de propio contra extraño, a vs b Wilcoxon  $P < 0.05$ . Comparación de controles contra desnutridas, \* U Mann Whitney  $P < 0.05$ .



**Figura 23.** Frecuencia de visitas (media  $\pm$  error estándar) a la madre propia o extraña, por cabritos del grupo desnutrido y control a las 12 horas posparto, durante una prueba de 5 minutos. Grupo control n = 6, y grupo desnutrido n = 10. Dentro de cada grupo: comparación de propio contra extraño, a vs b Wilcoxon P < 0.05 . Comparación de controles contra desnutridas, \* U Mann Whitney P < 0.05.

## VII. DISCUSIÓN

### **Efecto de la desnutrición materna durante la gestación sobre las crías.**

La desnutrición materna durante la preñez en este estudio causó una reducción en los pesos de las crías al parto, cuando éstas fueron comparadas contra las crías de madres no desnutridas (controles). Resultados similares en cuanto a peso al parto han sido observados en caprinos, en madres que llevaban más de un feto durante la gestación y que fueron desnutridas en el último tercio de la gestación (Morand-Fehr y Sauvart, 1978). Asimismo, en ovinos también se ha observado que la desnutrición durante la gestación ocasiona menores pesos al nacimiento (Black, 1989; Dwyer *et al.*, 2003; Osgergy *et al.*, 2002). Lo mismo ocurre en ratas nacidas de madres alimentadas a base de una dieta deficiente en proteína (Fernandez-Twinn *et al.*, 2003; Galler y Tonkiss, 1991; Massaro *et al.*, 1977; Woodall *et al.*, 1996) y en mujeres que sufrieron una desnutrición en el último tercio de la gestación (Lumey, 1998). Sin embargo, en otro estudio en donde a hembras caprinas se les disminuyó el nivel de proteína a partir del día 90 de gestación, no se observó disminución de peso en las crías al nacimiento (Sahlu *et al.*, 1992). Las diferencias entre los resultados de Sahlu *et al.* (1992) y los observados en el estudio actual, tal vez se deban a que en nuestro estudio también se disminuyó el nivel de energía, y Sahlu *et al.* (1992) solo disminuyó la energía.

En nuestro estudio se pudo observar también que existió una mayor mortalidad en las crías de madres desnutridas que en las crías de madres controles durante la primera semana de vida, lo cual puede estar relacionado con el bajo peso al nacimiento de las primeras (Clarke *et al.*, 1997). En relación a ello, se sabe que las crías desnutridas prenatalmente tienen una capacidad disminuida de producir calor debido a sus menores reservas de grasa y energía (Black, 1989), y la menor capacidad de producción de calor está muy relacionada con la mortalidad neonatal (Clarke *et al.*, 1997).

Otra posible causa que pudo ocasionar la mayor mortalidad de las crías de madres desnutridas durante la gestación es a una falla en el desarrollo de sus defensas inmunológicas ocasionada por la desnutrición (Osgergy *et al.*, 2002).

Y por último algo que también pudo haber contribuido a una mayor mortalidad en las crías de madres desnutridas durante la gestación fue el hecho que las madres fallaron en reconocer a sus crías a distancia a las 8 horas postparto, por lo que tal vez esta falla en la expresión de la conducta materna aunada a los factores antes mencionados pudieron aumentar la mortalidad en las crías del grupo de las madres desnutridas prenatalmente.

Respecto al cambio de peso que sufrieron las crías después del parto, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, lo que nos indica que tanto las crías del grupo desnutrido como las crías del grupo control tuvieron un desarrollo similar durante la lactancia, lo cual puede ser explicado en parte a que después del parto tanto a las madres del grupo control como a las madres del grupo desnutrido se les suministró la misma dieta la cual fue diseñada para cubrir sus requerimientos de lactancia. La otra parte que nos puede ayudar a explicar el mismo desarrollo de las crías durante la lactancia fue el hecho que las crías del grupo desnutrido se murieron en mayor porcentaje, pero solamente en el periodo neonatal (la primera semana de lactancia), ya no existiendo diferencias significativas en la mortalidad después de la primera semana de lactancia, lo que nos puede estar indicando que las crías que sobrevivieron la primera semana de lactancia ya no estaban afectadas por la desnutrición durante la lactancia, por lo que tuvieron un comportamiento similar al de las crías del grupo control.

Respecto a los efectos de la desnutrición sobre el comportamiento, se observaron diferencias importantes en la velocidad de incorporación de las crías, encontrándose que las crías desnutridas prenatalmente se incorporaron más tardíamente que las crías controles, lo cual concuerda con lo observado por Dwyer *et al.* (2003) en ovinos, por lo que se podría decir que la desnutrición afecta la

capacidad de las crías para incorporarse. Esto podría estar relacionado con el desarrollo motriz de las crías, pues existen evidencias de que la desnutrición además de afectar la condición corporal de las mismas, también altera su vigor. Por ejemplo, Busch y Leathwood. (1975), observaron en ratones desnutridos prenatalmente un retardo en la maduración física y conductual en el periodo postnatal de desarrollo (Massaro *et al.*, 1977). En ratas también se observó que el desarrollo de la conducta de locomoción en animales desnutridos prenatalmente fue también deprimido cuando se comparó con los controles (Massaro *et al.*, 1977), así como también se han visto retardadas otras conductas en las ratas desnutridas prenatalmente (Hall *et al.*, 1979). y aunque el tipo de crías que paren las ratas y los ratones son muy diferentes con las crías caprinas desde el punto de vista de madurez sensorial, nuestros resultados no se pueden comparar contra otros estudios en caprinos, ya que no existen.

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas en las conductas observadas en las primeras dos horas postparto entre las crías del grupo desnutrido y las crías del grupo control, pero en algunas conductas se encontraron tendencias a diferir, por lo que nosotros pensamos que si se aumenta el número de observaciones se definirá si existen diferencias o no, ya que en ovinos si se han encontrado resultados ( Dwyer *et al.*, 2003).

En lo que respecta a la prueba de reconocimiento, cuando las crías del grupo desnutrido fueron probadas a 12 horas de nacimiento se observó que permanecieron significativamente menos tiempo en contacto con su madre y la visitaron menos veces comparado con las crías controles, lo cual puede estar relacionado con su bajo peso al nacimiento y a su más lento desarrollo sensorial y motriz.

El daño sobre el desarrollo neuromotor ocasionado por la desnutrición, como ya se mencionó, ha sido probado principalmente en roedores (Gramsbergen y Westerga., 1992), sugiriendo que la desnutrición daña tanto el vigor como habilidad para llevar a cabo una serie de conductas complejas. Lo anterior puede ser debido a que los efectos de la desnutrición sobre el desarrollo de estructuras

cerebrales, tal vez induzcan reducciones en el número de células y axones mielinizados (Mallard *et al.*, 2000; Morgane *et al.*, 1993).

### **Efecto de la desnutrición durante la gestación sobre las madres.**

El cambio de peso preparto de las cabras fue afectado conforme avanzaba la gestación, de tal manera que las cabras del grupo desnutrido ganaron menos peso, sobre todo al final de la gestación con respecto a las cabras del grupo control. En el caso de estudios en ovinos, en uno se pudo observar que ovejas desnutridas desde la cuarta semana de gestación hasta el parto, sólo fueron capaces de mantener su peso corporal, y al momento del parto tuvieron una pérdida neta de 3.39 Kg, mientras que las ovejas del grupo control si ganaron peso a través de la gestación y éstas al momento del parto tuvieron una ganancia neta de 2.84 Kg (Dwyer *et al.*, 2003). En otro estudio también realizado en ovinos, se pudo observar algo similar al primero, en donde las ovejas controles, si fueron capaces de mantener su condición corporal, mientras que las ovejas desnutridas no lo hicieron (Osgergy *et al.*, 2002). Por otro lado, en estudios llevados a cabo en caprinos, Sahlu *et al.* (1992) encontraron una tendencia de incremento en la ganancia de peso desde la mitad de la gestación hasta el parto, a medida que se aumentaba el nivel de proteína en la dieta, observando que las más baja ganancia de peso se encontró en las cabras con el nivel menor de proteína (8.8%). En otro estudio, se observó que la ganancia de peso durante la última mitad de gestación fue afectada cuadráticamente por el nivel de proteína en la dieta, pero no por el nivel de energía (Sahlu *et al.*, 1995). En ratas también desnutridas proteicamente durante la gestación se observaron resultados similares, encontrándose que los animales que sufrieron esta desnutrición durante la gestación ganaron significativamente menos peso durante la gestación que los controles (Galler y Tonkiss, 1991; Massaro *et al.*, 1977; Woodall *et al.*, 1996), por lo que se puede decir que nuestros resultados muestran que la desnutrición tuvo efectos durante la gestación ya que concuerdan con los encontrados en la literatura.

Por otra parte, al momento del parto se pudo observar claramente un menor peso de las cabras del grupo desnutrido, comparadas con las cabras del grupo control. Estos resultados son similares a los observados por Sahlú *et al.* (1995) en cabras, por Dwyer *et al.* (2003) en ovinos, así como a lo reportado en ratas (Galler y Tonkiss, 1991; Massaro *et al.*, 1977). De manera general, en nuestras cabras a lo largo de la lactancia se pudo observar que el grupo desnutrido ganó peso, mientras que las cabras del grupo control lo perdieron.

Con respecto al aspecto conductual de las madres en las dos primeras horas postparto se pudo observar de manera general que no existieron diferencias significativas entre los dos grupos. Sin embargo al igual que en las crías, si existieron algunas tendencias a diferir, como lo fue la frecuencia de rascar a la cría, frecuencia de rascar el suelo, frecuencia de limpieza de las crías, estando todas estas conductas encaminadas a estimular a las crías, las cuales se observaron en menor frecuencia en las madres desnutridas, lo que sugiere que las madres controles tenían una mejor expresión de la conducta materna que las madres del grupo desnutrido, aunque como se mencionó en el apartado del efecto de la desnutrición durante la gestación sobre las crías, es necesario hacer más estudios con un mayor número de observaciones para poder llegar a conclusiones. En otras especies como los ovinos, también se observaron diferencias entre el grupo control y el desnutrido sugiriendo que la desnutrición durante la gestación puede disminuir la calidad materna (Dwyer *et al.*, 2003; Putu *et al.*, 1988).

Con respecto a la prueba de selectividad por la ubre, practicada a las cuatro horas postparto en las madres, no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos de cabras, por lo que aparentemente la desnutrición no afecta los mecanismos fisiológicos asociados con el establecimiento de dicha selectividad en cabras.

Respecto a la prueba de reconocimiento a distancia llevada a cabo a las 8 horas postparto, se pudo observar por primera vez, que la desnutrición afectó la capacidad de las madres a reconocer a sus crías. Lo anterior reflejado por la ausencia de diferencias significativas entre el tiempo de mirar a la cría propia y a la cría extraña, en el tiempo de permanencia cerca de cada cría y en el número de visitas a estas. Las madres controles si pudieron demostrar la habilidad para reconocer a sus crías ya que permanecieron más tiempo con su cría, la visitaron más veces y la miraron por más tiempo. Cuando se hicieron comparaciones entre grupos, se encontró que las madres del grupo desnutrido visitaron menos veces a su cría que las madres del grupo control, las madres del grupo desnutrido miraron menos tiempo a sus crías que las madres del grupo control. Asimismo, las madres del grupo desnutrido permanecieron menos tiempo con la cría propia que las madres controles, sin embargo, es difícil establecer las causas por las cuales la desnutrición en la gestación afecta la capacidad de reconocimiento a distancia en las madres.

El presente, es el primer estudio en cabras en que se analiza el efecto de la desnutrición durante la gestación sobre la capacidad materna de reconocimiento de las crías. Independientemente de ello, existen estudios tanto en cabras (Gilling, 2002), como en ovejas (Ferreira et al., 2000; Terrazas, 1999; Terrazas et al., 1999) en donde se ha podido observar que en forma temprana ( 8 horas postparto) las madres son capaces de reconocer a sus crías por medio de sentidos diferentes al olfato, como a su vez observamos en las cabras del grupo control. Incluso en cabras se ha observado que son capaces de reconocer las vocalizaciones de sus crías desde el segundo día de nacidos (Terrazas *et al.*, 2003). En un estudio reciente, se pudo observar claramente que la experiencia materna puede afectar la capacidad de reconocimiento a distancia en ovejas, ya que ovejas multíparas fueron capaces de reconocer a sus crías a distancia desde las seis horas postparto, mientras que hembras primerizas sólo fueron capaces de reconocer a sus crías a distancia hasta las 24 horas posparto (Keller *et al.*, 2003). Los mecanismos que controlan la capacidad materna de reconocimiento a distancia

tanto en ovinos como en caprinos siguen siendo desconocidos. En ambas especies ya se ha demostrado que el reconocimiento a distancia de la cría está presente desde las cuatro horas (cabras) y 6 horas (ovejas) postparto (Keller *et al.*, 2003), por lo que se sugiere que el proceso de aprendizaje sea similar al olfatorio. Sin embargo, tanto en nuestro estudio como en el de las ovejas primíparas de Keller (2003), no se observaron alteraciones de la capacidad de reconocimiento olfatorio por la madre. Por lo mismo, en el caso del reconocimiento a distancia puede que estén involucrados mecanismos totalmente diferentes a los asociados con el reconocimiento olfatorio y que a su vez si pudiera haber sido alterados por la desnutrición.

Por otro lado, esta baja capacidad de reconocimiento a distancia en las madres desnutridas también se le pudiera atribuir al comportamiento de las crías, las cuales también fueron afectadas en su desarrollo y vitalidad por la desnutrición prenatal. Posiblemente y aunque no se registró, las crías del grupo desnutrido tuvieron un menor desempeño durante la prueba en el sentido que mostraban menor actividad motriz, lo que posiblemente pudiera haber afectado la capacidad de la madre para localizarlas. Sin embargo, esto podría también estar asociado al grado de motivación maternal durante la prueba, y al respecto podemos afirmar que tanto las madres controles como las desnutridas tuvieron similar motivación para buscar a sus crías, ya que no se encontraron diferencias en la latencia de salida del corral de espera y en la latencia de alcance en la zona de reconocimiento.

Es necesario llevar a cabo más estudios para poder dilucidar si esta falla del reconocimiento a distancia es un problema materno o de la cría, y de que manera la desnutrición puede alterarlos. Sin embargo no hay que dejar de lado la importancia de estos resultados, en donde se muestra por primera vez que la desnutrición en caprinos durante la gestación ocasiona una falla en la capacidad de reconocimiento a distancia, siendo estos resultados la base para seguir investigando los efectos de la desnutrición durante la gestación en caprinos.

## VIII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

1. Los presentes resultados sugieren que la desnutrición tiende a modificar algunas de las conductas asociadas con la maternidad en la cabra que normalmente se observan en las primeras dos horas postparto, pero sin embargo se necesitan hacer más estudios con un mayor número de observaciones.
2. Así mismo, los presentes resultados sugieren que la desnutrición tiende a modificar algunas de las conductas de las crías caprinas que normalmente se observan en las primeras dos horas postparto, pero sin embargo se necesitan hacer más estudios con un mayor número de observaciones.
3. Los presentes resultados muestran que la desnutrición durante la gestación no afecta la capacidad de reconocimiento materno por medio del olfato, sin embargo si afecta la capacidad de discriminar a la cría propia de la extraña utilizando otros sentidos que no sea el olfato a las ocho horas postparto.
4. Sería importante volver a repetir el estudio, pero con un número mayor de animales, para descartar si la falta de diferencias significativas entre los dos grupos en algunas conductas se debió al bajo número de animales en el experimento, o a que realmente no existen diferencias.
5. Sería importante diseñar un experimento en donde aparte de probar a las cabras a las 8 horas postparto para determinar la capacidad de reconocimiento de la crías sin las señales olfatorias, se probarán a las 12 horas, 24, horas, y así sucesivamente cada 12 horas con el fin de determinar si esta capacidad queda permanentemente dañada por la desnutrición durante la gestación.

6. Sería importante también poder diseñar un estudio en donde se pudiera analizar la sonografía de los balidos de las crías desnutridas, y compararlos contra los controles, para así poder determinar si tal vez esta falla en la capacidad de reconocimiento a distancia por parte de la madre se deba más bien a la cría más que a la madre.
  
7. Por último, sería muy interesante darle seguimiento a las crías desnutridas prenatalmente hasta la edad adulta, cuando ellas sean madres, para poder determinar si en estas cabras se daña la expresión de la conducta materna, como se ha observado en otras especies como las ratas.

## IX. LITERATURA CITADA

- Alexander, G. 1977. Role of auditory and visual cues in mutual recognition between ewes and lambs in merino sheep. *Applied Animal Ethology* 3: 65-81.
- Alexander, G. 1978. Odour, and the recognition of lambs by merino ewes. *Applied Animal Ethology* 4: 153-158.
- Alexander, G., y E. E. Shillito. 1977a. The importance of odour, appearance and voice in maternal recognition of the young in merino sheep (*ovis aries*). *Applied Animal Ethology* 3: 127-135.
- Alexander, G., y E. E. Shillito. 1977b. Importance of visual clues from various body regions in maternal recognition of the young in merino sheep (*ovis aries*). *Applied Animal Ethology* 3: 137-143.
- Alexander, G., D. Stevens, R. Kilgour, H. de Langen, B. E. Mottershead, y J. J. Lynch. 1983. Separation of ewes from twin lambs: Incidence in several sheep breeds. *Applied Animal Ethology* 10: 301-317.
- Almeida, G., J. Tonkiss, y J. R. Galler. 1996a. Prenatal protein malnutrition affects exploratory behaviour of female rats in the elevated plus-maze test. *Physiology and Behavior* 60: 675-680.
- Almeida, G., J. Tonkiss, y J. R. Galler. 1996b. Prenatal protein malnutrition affects the social interactions of juvenil rats. *Physiology and Behavior* 60: 197 - 201.
- Arnold, G. W., y P. D. Morgan. 1975. Behaviour of the ewe and lamb at lambing and its relationship to lamb mortality. *Applied Animal Ethology* 2: 25-46.
- Baldwin, B. A., y E. E. Shillito. 1974. The effects of ablation of the olfactory bulbs on parturition and maternal behaviour in soay sheep. *Animal Behaviour* 22: 220-223.
- Bell, A. W. 1984. Factors controlling placental and foetal growth and their effects on future production. En: D. R. Lindsay and D. T. Pearce (eds.) *Reproduction of sheep*. p 144 - 152. Cambridge University Press.
- Bennis-Taleb, N., Remacle C., Hoet J., y Reusenns B. 1999. A low-protein isocaloric diet during gestation affects brain development and alters permanently cerebral cortex blood vessels in rat offspring. *Journal of Nutrition* 129: 1613 - 1619.
- Black, J. 1989. Crecimiento y desarrollo de corderos. En: W. Haresign (ed.) *Producción ovina*. p 23 -56. AGT EDITOR S.A.
- Borwick, S., S. M. Rhind, McMillan S., y Racey P. 1997. Effect of undernutrition of ewes from the time of mating on fetal ovarian development in mid gestation. *Reproduction, Fertility, and Development* 9: 711 - 715.
- Bridges, R. S. 1990. Endocrine regulation of parental behavior in rodents. En: N. A. Krasnegor and R. S. Bridges (eds.) *Mammalian parenting: Biochemical, neurobiological, and behavioral determinant*. p 93-117. Oxford University Press, New-York.
- Bridges, R. S., R. DiBiase, D. D. Loundes, y P. C. Doherty. 1985. Prolactin stimulation of maternal behavior in female rats. *Science* 227: 782-784.

- Bridges, R. S., y C. T. Grimm. 1982. Reversal of morphine disruption of maternal behavior by concurrent treatment with the opiate antagonist naloxone. *Science* 218: 166-168.
- Caba, M., P. Poindron, D. Krehbiel, F. Lévy, A. Romeyer, y G. Vénier. 1995. Naltrexone delays the onset of maternal behavior in primiparous parturient ewes. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 52: 743-748.
- Carlson, N. 1999. Fisiología de la conducta materna Fisiología de la conducta. p 384 - 386. Ariel Neurociencia.
- Clarke, L., D. P. Yakubu, y M. E. Symonds. 1997. Influence of maternal body weight on size, conformation and survival of newborn lambs. *Reproduction, Fertility, and Development* 9: 509-514.
- COTECOCA. 1989. Comisión técnica consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero. En: *Memorias técnicas de los Estados de Querétaro e Hidalgo*. p 24 - 33.
- Das, N., y O. S. Tomer. 1997. Time pattern on parturition sequences in beetal goats and crosses: Comparison between primiparous and multiparous does. *Small Ruminant Research* 26: 157-161.
- De Barro, T., J. L. Owens, C. Earl, y J. Robinson. 1992. Nutrition during early pregnancy interacts with mating weight to affect placental growth. *Proceedings of the Australian Society of Reproductive Biology* 35: 70.
- Devendra, C., y McLeroy G. 1986. Alimentos y alimentación Producción de cabras y ovejas en los trópicos. p 68 -69. Manual Moderno.
- Doney, J., R. G. Gunn, y F. Horak. 1982. Reproduction. En: I. E. COOP (ed.) *Sheep and goat production*. p 589-597. Elsevier Scientific Publishing Company.
- Dwyer, C. M., y A. B. Lawrence. 1998. Variability in the expression of maternal behaviour in primiparous sheep: Effects of genotype and litter size. *Applied Animal Behaviour Science* 58: 311-330.
- Dwyer, C. M., A. B. Lawrence, S. Bishop, y M. Lewis. 2003. Ewe-lamb bonding behaviours at birth are affected by maternal undernutrition in pregnancy. *British Journal of Nutrition* 89: 123-136.
- Dwyer, C. M., K. A. McLean, L. A. Deans, J. Chirnside, S. K. Calvert, y A. B. Lawrence. 1998. Vocalizations between mother and young in sheep: Effects of breed and maternal experience. *Applied Animal Behaviour Science* 58: 105-119.
- Dwyer, C. M., N. C. Stickland, y J. Fletcher. 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *Journal Animal Science* 72: 911 - 917.
- Fernandez-Twinn, D., S. Ozanne, S. Ekizoglou, C. Doherty, L. Jammes, B. Gusterson, y C. Hales. 2003. The maternal endocrine environment in the low-protein model of intra-uterine growth restriction. *British Journal of Nutrition* 134: 815 - 822.
- Ferreira, G., R. Gervais, T. P. Durkin, y F. Lévy. 1999. Postacquisition scopolamine treatments reveal the time course for the formation of lamb odor recognition memory in parturient ewes. *Behavioral Neuroscience* 113: 136-142.

- Ferreira, G., A. Terrazas, P. Poindron, R. Nowak, P. Orgeur, y F. Lévy. 2000. Learning of olfactory cues is not necessary for early lamb recognition by the mother. *Physiology and Behavior* 69: 405-412.
- Ferrell, C. 1991. Nutritional influences on reproduction. En: T. C. Perry (ed.) *Reproduction in domestic animals*. p 589 - 597. Academic Press Inc.
- Fisher, C., y A. MacPherson. 1991. Effect of cobalt deficiency in the pregnant ewe on reproductive performance and lamb viability. *Research in Veterinary Science* 50: 319-327.
- Fleming, A. S., C. Corter, y M. Steiner. 1995. Sensory and hormonal control of maternal behavior in rat and human mother. En: *Motherhood in human and nonhuman primates, 3rd Schultz-Biegert Symposium, Kartause Ittingen*. p 106-114.
- Fleming, A. S., M. Steiner, y C. Corter. 1997. Cortisol, hedonics, and maternal responsiveness in human mothers. *Hormones and Behavior* 32: 85-98.
- Foster, D. L. 1994. Puberty in sheep. En: E. Knobil and N. J.D. (eds.) *The physiology of reproduction*. p 489. Raven Press.
- Galler, J. R., y J. Tonkiss. 1991. Prenatal protein malnutrition and maternal behavior in Sprague-Dawley rats. *Journal of Nutrition* 121: 762-769.
- Gardner, D., M. Lane, A. Spitzer, y P. Batt. 1994. Enhanced rates of cleavage and development for sheep zygotes cultured to the blastocyst stage in vitro in the absence of serum and somatic cells: Amino acids, vitamins and culturing embryos in groups stimulate development. *Biology of Reproduction* 50: 390-400.
- Gilling, G. 2002. Desarrollo del reconocimiento mutuo entre la madre y su cría en los primeros días postparto en cabras. Tesis Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro.
- González-Mariscal, G., A. I. Melo, P. Jiménez, C. Beyer, y J. S. Rosenblatt. 1996. Estradiol, progesterone, and prolactin regulate maternal nest-building in rabbits. *Journal of Neuroendocrinology* 8: 901-907.
- González-Mariscal, G., y P. Poindron. 2002. Parental care in mammals: Immediate internal and sensory factors of control. *Hormones, Brain and Behavior* 1: 215-298.
- Gramsbergen, A., y J. Westerga. 1992. Locomotor development in undernourished rats. *Behavioural Brain Research* 48: 57-64.
- Guevara, R. 1995. Participación del bulbo olfatorio en la modulación de las conductas reproductiva y maternal Neurobiología de los sistemas sensoriales. p 135 - 148. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guevara, R., A. C. Da Costa, y K. Kendrick. 1999. Cambios neuroquímicos durante la inducción de la conducta materna en la oveja Etología aplicada a las conductas reproductiva y maternal en rumiantes. p 24 - 37. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Hafez, E. S. E. 1989. Comportamiento en la reproducción. En: E. S. E. Hafez (ed.) *Reproducción e inseminación artificial en animales*. p 303-310. Interamericana - McGraw-Hill.

- Hall, R. D., J. P. Leahy, y W. M. Robertson. 1979. The effects of protein malnutrition on the behavior of rats during the suckling period. *Developmental Psychobiology* 12: 455-466.
- Hauser, H., y R. Gandelman. 1985. Lever pressing for pups: Evidence for hormonal influence upon maternal behavior of mice. *Hormones and Behavior* 19: 454-468.
- Herscher, L., J. B. Richmond, y A. U. Moore. 1963a. Maternal behavior in sheep and goats. En: H. L. Rheingold (ed.) *Maternal behavior in mammals*. p 203-232. John Wiley and Sons Inc., New-York.
- Herscher, L., J. B. Richmond, y A. U. Moore. 1963b. Modifiability of the critical period for the development of maternal behavior in sheep and goats. *Behaviour* 20: 311-319.
- INEGI. 1993. El marqués, estado de Querétaro. En: *Cuaderno Estadístico Municipal*. p 71-78.
- Insel, T. R. 1990. Regional changes in brain oxytocin receptors post-partum: Time course and relationship to maternal behaviour. *Journal of Neuroendocrinology* 2: 539-545.
- Jainedeen, y E. S. E. Hafez. 1989. Embarazo, fisiología prenatal y parto. En: E. S. E. Hafez (ed.) *Reproducción e inseminación artificial en animales*. p 272. Interamericana - McGraw-Hill.
- Jiménez-Estrada, P., C. Beyer, J. S. Rosenblatt, y G. González-Mariscal. 2000. Papel de los andrógenos en la regulación de la construcción del nido maternal en la coneja. En: *XX Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas*, Cancún, México. p C29.
- Keller, M., M. Meurisse, P. Poindron, R. Nowak, G. Ferreira, M. Shayit, y F. Lévy. 2003. Maternal experience influences the establishment of visual/auditory, but not olfactory recognition of the newborn lamb by ewes at parturition. *Developmental Psychobiology* 43: 167 - 176.
- Kendrick, K. M., A. P. Da Costa, K. D. Broad, S. Ohkura, R. Guevara, F. Lévy, y E. B. Keverne. 1997. Neural control of maternal behaviour and olfactory recognition of offspring. *Brain Research Bulletin* 44: 383-395.
- Kendrick, K. M., y E. B. Keverne. 1989. Effects of intracerebroventricular infusions of naltrexone and phentolamine on central and peripheral oxytocin release and on maternal behaviour induced by vaginocervical stimulation in the ewe. *Brain Research* 505: 329-332.
- Kendrick, K. M., y E. B. Keverne. 1992. Control of synthesis and release of oxytocin in the sheep brain. *Annals of the New York Academy of Sciences* 652: 102-121.
- Kendrick, K. M., E. B. Keverne, B. A. Baldwin, y D. F. Sharman. 1986. Cerebrospinal fluid levels of acetylcholinesterase, monoamines and oxytocin during labour, parturition, vaginocervical stimulation, lamb separation and suckling in sheep. *Neuroendocrinology* 44: 149-156.
- Kendrick, K. M., E. B. Keverne, C. Chapman, y B. A. Baldwin. 1988. Intracranial dialysis measurement of oxytocin, monoamine and uric acid release from

- the olfactory bulb and substantia nigra of sheep during parturition, suckling, separation from lambs and eating. *Brain Research* 439: 1-10.
- Kendrick, K. M., E. B. Keverne, M. R. Hinton, y J. A. Goode. 1991a. Cerebrospinal fluid and plasma concentrations of oxytocin and vasopressin during parturition and vaginocervical stimulation in the sheep. *Brain Research Bulletin* 26: 803-807.
- Kendrick, K. M., E. B. Keverne, M. R. Hinton, y J. A. Goode. 1992a. Oxytocin, amino acid and monoamine release in the region of the medial preoptic area and bed nucleus of the stria terminalis of the sheep during parturition and suckling. *Brain Research* 569: 199-209.
- Kendrick, K. M., F. Lévy, y E. B. Keverne. 1991b. Importance of vaginocervical stimulation for the formation of maternal bonding in primiparous and multiparous parturient ewes. *Physiology and Behavior* 50: 595-600.
- Kendrick, K. M., F. Lévy, y E. B. Keverne. 1992b. Changes in the sensory processing of olfactory signals induced by birth in sheep. *Science* 256: 833-836.
- Keverne, E. B., F. Lévy, P. Poindron, y D. R. Lindsay. 1983. Vaginal stimulation: An important determinant of maternal bonding in sheep. *Science* 219: 81-83.
- Kleiman, D. J., y J. R. Malcolm. 1981. The evolution of male parental investment in mammals. En: D. J. Gubernick and P. H. Klopfer (eds.) *Parental care in mammals*. p 347-387. Plenum Press, New York.
- L'Heureux, N., M. Lucherini, M. Festa-Bianchet, y J. T. Jorgenson. 1995. Density-dependent mother-yearling association in bighorn sheep. *Animal Behaviour* 49: 901-910.
- Lawrence, A. B. 1991. Mother-daughter bonds in sheep. *Animal Behaviour* 42: 683-685.
- Lévy, F., K. M. Kendrick, E. B. Keverne, R. H. Porter, y A. Romeyer. 1996. Physiological, sensory and experiential factors of parental care in sheep. *Advances in the Study of Behavior* 25: 385-473.
- Lévy, F., K. M. Kendrick, J. A. Goode, R. Guevara-Guzman, y E. B. Keverne. 1995. Oxytocin and vasopressin release in the olfactory bulb of parturient ewes: Changes with maternal experience and effects on acetylcholine, gamma-aminobutyric acid, glutamate and noradrenaline release. *Brain Research* 669: 197-206.
- Lévy, F., K. M. Kendrick, E. B. Keverne, V. Piketty, y P. Poindron. 1992. Intracerebral oxytocin is important for the onset of maternal behavior in inexperienced ewes delivered under peridural anesthesia. *Behavioral Neuroscience* 106: 427-432.
- Lévy, F., y P. Poindron. 1987. The importance of amniotic fluids for the establishment of maternal behaviour in experienced and inexperienced ewes. *Animal Behaviour* 35: 1188-1192.
- Lévy, F., P. Poindron, y P. Le Neindre. 1983. Attraction and repulsion by amniotic fluids and their olfactory control in the ewe around parturition. *Physiology and Behavior* 31: 687-692.

- Lickliter, R. E. 1984. Mother-infant spatial relationships in domestic goats. *Applied Animal Behaviour Science* 13: 93-100.
- Lickliter, R. E. 1985. Behavior associated with parturition in the domestic goat. *Applied Animal Ethology* 13: 335-345.
- Lickliter, R. E., y J. R. Heron. 1984. Recognition of mother by newborn goats. *Applied Animal Behaviour Science* 12: 187-192.
- Loudon, A. S. I., A. S. McNeilly, y J. A. Milne. 1983. Nutrition and lactational control of fertility in red deer. *Nature* 302: 145-147.
- Lumey, L. 1998. Compensatory placental growth after restricted nutrition in early pregnancy. *Placenta* 19: 105 - 112.
- Lynch, J. J., G. N. Hinch, y D. B. Adams. 1992. The pregnant, parturient and lactating ewe. The behaviour of sheep. Biological principles and implications for production. p 126 - 152. C.A.B. International, Oxon, U.K.
- Maltier, J., C. Legrand, y Breullier. 1993. Parturition. En: C. Thibault, M. C. Levasseur and R. H. F. Hunter (eds.) *Reproduction in mammals and man*. p 482 - 484. Ellipses.
- Mallard, C., M. Loeliger, D. Copolov, y S. Rees. 2000. Reduced number of neurons in the hippocampus and the cerebellum in the postnatal guinea-pig following intrauterine growth-restriction. *Neuroscience* 100: 327-333.
- Massaro, T. F., D. A. Levitsky, y R. H. Barnes. 1977. Protein malnutrition induced during gestation: Its effects on pup development and maternal behavior. *Developmental Psychobiology* 10: 339-345.
- Maxfield, E., K. Sinclair, D. Dolman, M. Staines, y C. Maltin. 1997. In vitro culture of sheep embryos increases weight, primary fibre and secondary to primary fibre ratio in fetal muscle at day 61 of gestation. *Theriogenology* 47: 376.
- Mayer, A. D., P. L. Faris, B. R. Komisaruk, y J. S. Rosenblatt. 1985. Opiate antagonism reduces placentophagia and pup cleaning by parturient rats. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 22: 1035-1044.
- McEvoy, T., J. Robinson, P. Aitken, P. Findlay, y I. Robertson. 1997. Dietary excesses of urea influence the viability and metabolism of preimplantation sheep embryos and may affect fetal growth among survivors. *Animal Reproduction Science* 47: 71-90.
- Morand-Fehr, P., y D. Sauvant. 1978. Nutrition and optimum performances of dairy goats. *Livestock Production Science* 5: 203-213.
- Morgan, P. D., C. A. P. Boundy, G. W. Arnold, y D. R. Lindsay. 1975. The roles played by the senses of the ewe in the location and recognition of lambs. *Applied Animal Ethology* 1: 139-150.
- Morgane, P., R. Austin-LeFrance, J. Bronzino, J. Tonkinss, S. Diaz - Cintra, L. Cintra, T. Kemper, y J. Galler. 1993. Prenatal malnutrition and development of the brain. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 17: 91-128.
- Nash, M., L. Hungerford, T. Nash, y G. Zinn. 1996. Risk factors for perinatal and postnatal mortality in lambs. *Veterinary Research Communications* 134: 64.
- Neill, J. D., y G. M. Nagy. 1994. Prolactin secretion and its control. En: E. Knobil and J. D. Neill (eds.) *The Physiology of Reproduction* No. 1. p 1833-1860. Raven Press, New York.

- Nowak, R. 1991. Senses involved in the discrimination of merino ewes at close contact and from a distance by their newborn lambs. *Animal Behaviour* 42: 357-366.
- Nowak, R. 1999. La vinculación del cordero recién nacido con su madre: Papel reforzador de las primeras succiones e implicaciones prácticas Etología aplicada a las conductas reproductiva y maternal en rumiantes domésticos. p 15. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Nowak, R., A. P. Goursaud, F. Lévy, P. Orgeur, B. Schaal, C. Belzung, M. Picard, M. C. Meunier-Salaün, P. Alster, y K. Uvnäs-Moberg. 1997a. Cholecystokinin receptors mediate the development of a preference for the mother by newly born lambs. *Behavioral Neuroscience* 111: 1375-1382.
- Nowak, R., y D. R. Lindsay. 1990. Effect of breed and litter size on mother discrimination by 12-h-old lambs. *Behaviour* 115: 1-13.
- Nowak, R., T. M. Murphy, D. R. Lindsay, P. Alster, R. Andersson, y K. Uvnäs-Moberg. 1997b. Development of a preferential relationship with the mother by the newborn lamb: Importance of the sucking activity. *Physiology and Behavior* 62: 681-688.
- Nowak, R., P. Poindron, P. Le Neindre, y I. G. Putu. 1987. Ability of 12-hour-old merino and crossbred lambs to recognize their mothers. *Applied Animal Behaviour Science* 17: 263-271.
- Nowak, R., R. H. Porter, F. Levy, P. Orgeur, y B. Schaal. 2000. Role of mother-young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Reviews of Reproduction* 5: 153-163.
- NRC, 1996. Guide for the care and use of laboratory animals. p 4, 30, 37, 38-41. National Academy Press.
- Numan, M. 1994. Maternal behavior. En: E. Knobil and J. D. Neill (eds.) *The physiology of reproduction* No. 2. p 221-302. Raven Press, New York.
- Osgergy, J. C., D. C. Wathes, D. Howard, y T. S. Gadd. 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *Journal of Endocrinology* 173: 131 - 141.
- Pedersen, C. A., J. D. Caldwell, C. Walker, G. Ayers, y G. A. Mason. 1994. Oxytocin activates the postpartum onset of rat maternal behavior in the ventral tegmental and medial preoptic areas. *Behavioral Neuroscience* 108: 1163-1171.
- Pissonnier, D., J. C. Thiéry, C. Fabre-Nys, P. Poindron, y E. B. Keverne. 1985. The importance of olfactory bulb noradrenalin for maternal recognition in sheep. *Physiology and Behavior* 35: 361-363.
- Poindron, P. 1976. Mother-young relationships in intact or anosmic ewes at the time of suckling. *Biology of Behaviour* 2: 161-177.
- Poindron, P. 2001. El control fisiológico de la conducta materna al momento del parto en ovinos y caprinos. En: *Biología de la reproducción* II. p 301-323.
- Poindron, P., H. Hernández, J. A. Delgadillo, G. Kann, y P. G. Martinet. 1999. Selectividad maternal y respuesta hormonal de pról y ot a la succión en cabras. En: *XLII Congreso de La Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, Zacatecas, México.* p Resumen O 49.

- Poindron, P., H. Hernandez, F. Gonzalez, M. L. Navarro, y J. A. Delgadillo. 1998a. Mother-young relationships in goats: Mechanisms of control and possible implications for production. En: Proceedings of the 32nd Congress of the International Society for Applied Ethology, Clermont-Ferrand, France. p 85.
- Poindron, P., H. Hernandez, M. L. Navarro, F. Gonzalez, J. A. Delgadillo, y S. Garcia. 1998b. Relaciones madre-cria en cabras. En: XIII Reunion Nacional Sobre Caprinocultura, San Luis Potosi, Mexico. p 48-66.
- Poindron, P., y P. Le Neindre. 1979. Hormonal and behavioural basis for establishing maternal behaviour in sheep. En: Psychoneuroendocrinology in Reproduction. p 121-128.
- Poindron, P., y P. Le Neindre. 1980. Endocrine and sensory regulation of maternal behavior in the ewe. *Advances in the Study of Behavior* 11: 75-119.
- Poindron, P., F. Lévy, y D. Krehbiel. 1988. Genital, olfactory, and endocrine interactions in the development of maternal behaviour in the parturient ewe. *Psychoneuroendocrinology* 13: 99-125.
- Poindron, P., R. Nowak, F. Lévy, R. H. Porter, y B. Schaal. 1993. Development of exclusive mother-young bonding in sheep and goats. *Oxford Reviews of Reproductive Biology* 15: 311-364.
- Poindron, P., Orgueur P., Le Neindre P., Kann G., y R. I. 1980. Influence of the blood concentration of prolactin on the length of the sensitive period for establishing maternal behaviour in sheep at parturition. *Hormones and Behaviour* 14: 173 - 174.
- Poindron, P., y B. Schaal. 1993. Parent-infant relationships in mammals: Factors of control and psychobiological implications. En: C. Thibault, M. C. Levasseur and R. H. F. Hunter (eds.) *Reproduction in mammals and man*. p 553-565.
- Poindron, P., R. Soto, y A. Romeyer. 1997. Decrease of response to social separation in preparturient ewes. *Behavioural Processes* 40: 45-51.
- Poindron, P., y A. Terrazas. 1999. Bases fisiológicas y sensoriales de la conducta maternal en ovinos y caprinos *Etología aplicada a las conductas reproductiva y maternal en rumiantes domésticos*. p 1 - 14. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Putu, I. G., P. Poindron, y D. R. Lindsay. 1988. A high level of nutrition during late pregnancy improves subsequent maternal behaviour of merino ewes. *Proceedings of the Australian Society for Animal Production* 17: 294-297.
- Rae, M. T., S. Palassio, C. E. Kyle, A. N. Brooks, R. Lea, D. W. Miller, y S. M. Rhind. 2001. Effect of maternal undernutrition during pregnancy on early ovarian development and subsequent follicular development in sheep fetuses. *Reproduction* 122: 915 - 922.
- Rae, M. T., S. M. Rhind, P. Fowler, D. W. Miller, C. E. Kyle, y A. N. Brooks. 2002. Effect of maternal undernutrition on fetal testicular steroidogenesis during the cns and androgen-responsive period in male sheep fetuses. *Reproduction* 124: 33 - 39.
- Ramírez, A., A. Quiles, M. Hevia, y F. Sotillo. 1995. Behavior of the murciano-granadina goat in the hour before parturition. *Applied Animal Behaviour Science* 44: 29-35.

- Rice, G., C. Harper, S. Hooper, y G. Thorburn. 1984. Endocrinology of pregnancy and parturition. En: D. R. Lindsay and D. T. Pearce (eds.) *Reproduction of sheep*. p 163 - 165. Cambridge University Press.
- Richard, P. 1993. The hypothalamo-neurohypophysial system. En: C. Thibault, M. C. Levasseur and R. H. F. Hunter (eds.) *Reproduction in mammals and man*. p 51. ellipses.
- Robinson, J. 1982a. Pregnancy. En: I. E. COOP (ed.) *Sheep and goat production*. p 103 - 118. Elsevier Scientific Publishing Company.
- Robinson, J. 1989. Nutrición en la oveja preñada. En: W. Haresign (ed.) *Producción ovina*. p 117 - 137. AGT EDITOR S.A.
- Robinson, J., K. Sinclair, y T. McEvoy. 1999. Nutritional effects on foetal growth. *Animal Science* 68: 315 - 331.
- Robinson, J. J. 1982b. Pregnancy. En: I. E. Coop (ed.) *Sheep and goat production*. p 103-118. Elsevier Scientific, New Zealand.
- Romeyer, A. 1993. Développement et sélectivité du lien mère-jeune chez la chèvre et la brebis. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 48: 143-153.
- Rosenblatt, J. S., y D. S. Lehrman. 1963. Maternal behavior in the laboratory rat. En: H. L. Rheingold (ed.) *Maternal behavior in mammals*. p 8-57. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Rosenblatt, J. S., H. I. Siegel, y A. D. Mayer. 1979. Progress in the study of maternal behavior in the rat: Hormonal, nonhormonal, sensory, and developmental aspects. *Advances in the Study of Behavior* 10: 225-311.
- Rowell, T. E. 1991. Till death us do part: Long-lasting bonds between ewes and their daughters. *Animal Behaviour* 42: 681-682.
- Rudge, M. R. 1970. Mother and kid behaviour in feral goats (*capra hircus* L.). *Zeitschrift Fur Tierpsychologie* 27: 687-692.
- Ruiz-Miranda, C. R., M. D. Szymanski, y J. W. Ingals. 1993. Physical characteristics of the vocalizations of domestic does *capra hircus* in response to their offspring cries. *Bioacoustics* 5: 99-116.
- Sahlu, T., C. D. Fernandez, y M. J. Totchoiba. 1992. Influence of dietary protein on performance of dairy goats during pregnancy. *Journal of Dairy Science* 75: 220-227.
- Sahlu, T., S. P. Hart, T. Le-Trong, Z. Jia, L. Dawson, T. Gipson, y T. H. Teh. 1995. Influence of prepartum protein and energy concentrations for dairy goats during pregnancy and early lactation. *Journal of Dairy Science* 78: 378-387.
- Salas, M., M. Regalado, y C. Torrero. 2001. Recovery of long-term maternal behavioral deficiencies of neonatally underfed rats by early sensory stimulation: Effects of successive parturitions. *Nutritional Neuroscience* 4: 311-322.
- Salas, M., C. Torrero, y S. Pulido. 1984. Long-term alterations in the maternal behavior of neonatally undernourished rats. *Physiology and Behavior* 33: 273-278.
- Serafin, N., A. Terrazas, H. Hernandez, A. Paredes, y P. Poindron. 2003. Maternal behavior of intact and anosmic parturient goats. En: *International Ethological Conference, Florianapolis, Brasil*.

- Shillito, E., y V. Hoyland. 1971. Observations on parturition and maternal care in soay sheep. *Journal of Zoology* 165: 509 - 512.
- Sinclair, K., E. Maxfield, J. Robinson, C. Martin, T. McEvoy, L. Dunne, L. Young, y P. Broadbent. 1997. Culture of sheep zygotes can alter fetal growth and development. *Theriogenology* 47: 380.
- Slee, J., y A. Springbett. 1986. Early post-natal behaviour in lambs of ten breeds. *Applied Animal Behaviour Science* 15: 229-240.
- Smith, F. V., C. Van-Toller, y T. Boyes. 1966. The "critical period" in the attachment of lambs and ewes. *Animal Behaviour* 14: 120-125.
- Sorensen, A. 1982. Parto y el periodo posparto. En: A. Sorensen (ed.) *Reproducción animal: Principios y prácticas*. p 452. McGraw-Hill.
- Symonds, M. E., H. Budge, T. Stephenson, y C. McMillen. 2001. Fetal endocrinology and development-manipulation and adaptation to long-term nutritional and environmental challenges. *Reproduction* 121: 853-862.
- Terrazas, A. 1999. Estudio de la comunicación acústica madre-cría en la oveja y su papel en el reconocimiento interindividual temprano. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro.
- Terrazas, A., G. Ferreira, F. Lévy, R. Nowak, N. Serafin, P. Orgeur, R. Soto, y P. Poindron. 1999. Do ewes recognize their lambs within the first day postpartum without the help of olfactory cues? *Behavioural Processes* 47: 19-29.
- Terrazas, A., H. Hernandez, R. Nowak, y P. Poindron. 2003. Early recognition of newborn goat kids their mother: Auditory recognition and evidence of an individual acoustic signature in the neonate. *Developmental Psychobiology* 43: 1 - 11.
- Terrazas, A., R. Nowak, N. Serafin, G. Ferreira, F. Lévy, y P. Poindron. 2002. Twenty-four-hour-old lambs rely more on maternal behavior than on the learning of individual characteristics to discriminate between their own and alien mother. *Developmental Psychobiology* 40: 408-418.
- Torrero, C., E. Perez, M. Regalado, y M. Salas. 2000. Pattern of sucking movements during artificial feeding of neonatally undernourished rats. *Nutritional Neuroscience* 3: 245-254.
- Trahair, J., T. DeBarro, J. Robinson, y J. Owens. 1997. Restriction of nutrition in utero selectively inhibits gastrointestinal growth in fetal. *Journal of Nutrition* 127: 637 - 641.
- Trivers, R. L. 1974. Parent - offspring conflict. *American Zoologist* 14: 249-264.
- Vince, M. 1993. Newborn lambs and their dams the interaction that leads to sucking. *Advances in the Study of Behavior* 22: 239 - 268.
- Vince, M., S. Armitage, B. Balwin, J. Toner, y B. Moore. 1982. The sound environment of the foetal sheep. *Behaviour* 81: 296 - 315.
- Vince, M. A., y T. M. Ward. 1984. The responsiveness of newly-born clun forest lambs to odour sources in the ewe. *Behaviour* 89: 117-127.
- Walker, S., T. Heard, y R. Seamark. 1992. In vitro culture of sheep embryos without co-culture: Successes and perspectives. *Theriogenology* 37: 111 - 126.

- Wallace, J., D. Bourke, y R. Aitken. 1999. Nutrition and fetal growth paradoxical effects in the overnourished adolescent sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 54: 385 - 399.
- Woodall, S., B. Breier, B. Johnston, y P. Gluckman. 1996. A model of intrauterine growth retardation caused by chronic maternal undernutrition in the rat: Effects on the somatotopic axis and postnatal growth. *Journal of Endocrinology* 150: 231 - 242.