

**Universidad Autónoma Agraria  
“Antonio Narro”**

**Unidad Laguna  
División Regional de Ciencia Animal**



Efecto del uso de aminoácidos excitatorios (L-glutamato)  
sobre la actividad ovárica y niveles de progesterona en  
cabras en la Región Lagunera

**Por**

**HÉCTOR CRUZ GARCÍA**

**Tesis**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
**Unidad Laguna**

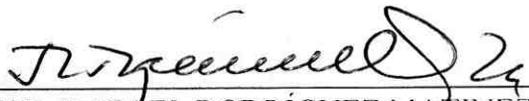
**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

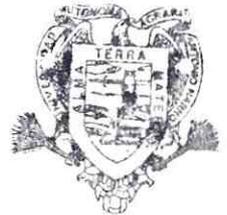


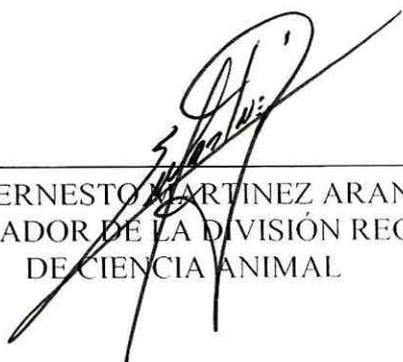
TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
 COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

APROBADO POR :

  
 DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
 PRESIDENTE DEL JURADO



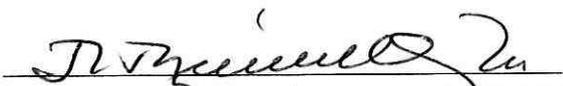
  
 MVZ. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA  
 COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Coordinación de la División  
 Regional de Ciencia Animal  
 UAAAN - UL

TESIS QUE SE PRESENTA A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESIDENTE DEL JURADO

  
DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

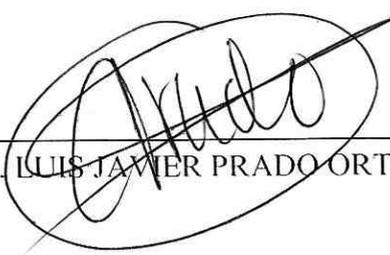
VOCAL

  
MC. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ

VOCAL

  
MVZ. JESÚS A. AMAYA GONZÁLEZ

VOCAL SUPLENTE

  
MVZ. LUIS JAVIER PRADO ORTIZ

# DEDICATORIAS

## A MIS PADRES

SR. ANTELMO CRUZ CRUZ  
SRA. MARIA DEL CARMEN GARCIA RIVAS

En este trabajo les dedico con mucho cariño y amor a quien a partir de trabajo, sufrimiento, sacrificio, dedicación. Por todo el apoyo incondicional, comprensión, esfuerzo, consejos, y desvelos que me han brindado a lo largo de mi vida y en la carrera de Medico Veterinario Zootecnista.

Que han hecho de mi una persona que en sus anhelos de la vida sea profesionista para servir a la ciudadanía, por guiarme en un buen camino, además de haber depositado toda la confianza en mí y para no defraudarlos les dedico mi trabajo de tesis como la culminación de mi carrera a mis padres, muchas gracias.

## A MIS ABUELOS

SR. DIEGO GARCÍA (†)  
SRA. ANGELITA RIVAS  
SR. ROMAN CRUZ GONZALEZ  
SRA. FELIPA CRUZ AGUILAR

A mis abuelos que me han apoyado incondicionalmente, moralmente por darme buenos consejos, palabras de sabiduría, siempre los llevare en mi mente y corazón.

## AMIS HERMANOS

SR. ALONSO CRUZ GARCÍA  
SRA. NORMA LETICIA CRUZ GARCÍA

Con mucho afecto y cariño a ellos que en los momentos mas dificiles, de felicidad, los retos de trabajo siempre nos mostramos en unión, por haber depositado su confianza en mí y por el apoyo moral y económico. Le doy gracias a Dios por darme unos hermanos sencillos y de gran corazón.

## A MI CUÑADO

SR. JUAN MANUEL SÁNCHEZ

Gracias por todo el apoyo, confianza, consejos que me diste cuando mas lo necesitaba, por eso estoy muy agradecido contigo y recuerda que siempre serás como un hermano mas, muchas gracias.

## A MIS TIOS

SRA. MINERVA GARCÍA RIVAS  
SRA. TERESA CRUZ CRUZ  
SR. FELIPE CRUZ CRUZ  
SR. BENJAMÍN CRUZ CRUZ  
SR. TOMAS CRUZ CRUZ  
SRA. JOSEFINA CRUZ GONZÁLEZ  
SRA. RITA CRUZ CRUZ

A mis tíos por brindarme todo su apoyo como moral, económicamente y por toda la confianza que depositado en mí durante toda mí vida, muchas gracias por todo tíos.

## A MIS PRIMOS

ARIANA CASTAÑEDA CRUZ  
CINTHIA CRUZ GARCÍA  
ORLANDO CRUZ GARCÍA  
SAUL CASTAÑEDA CRUZ  
DANIEL ZARATE CRUZ  
MARLEN SÁNCHEZ CRUZ  
OMAR SÁNCHEZ CRUZ

Gracias por todo el cariño y apoyo que me han brindado durante toda mí vida.

## A MIS AMIGOS

Jesús Quezada Gurrola, Juan Pablo Alvarado Oliveros, Carlos López Lerma, José Ángel Rodríguez Martínez, Mario Ezequiel, Manuel de León Flores, Ángel Mejía Vázquez, Blanca Luna Mena, Sheila Armas Lozano, Carlos López García, Francisco Segovia, Rodrigo García, Rosa Elvira Aguilar, Bertha, Lizeth, Beatriz Adriana, Fabiola, Sandra, Minerva, Isabel, Lorena, Ernestina Beltrán, Jorge, Jaime, MVZ. Fredy Hernández, MVZ. Gonzalo Fitz, MVZ. Raúl Rascon, Sra. Carmen Castro, Sra. Esther.

A todos mis amigos les doy las gracias por toda su amistad y apoyo moral que siempre me brindaron durante toda mi carrera de MVZ, muchas gracias.

## A UNA FAMILIA

A la familia Rivera Minor

Sra. Margarita.

Sr. Guillermo

Eric, Guillermo Jr., Yuridia Lizeth, Carla Sarai, Claudia, Lucí.

Por toda su amistad, apoyo y confianza que me han dado durante toda la carrera, ya que ellos me abrieron las puertas de su casa y le doy gracias a Dios por conocerlos, y estoy muy agradecido con ellos y gracias por tener un corazón tan grande.

# **AGRADECIMIENTOS**

## **A DIOS**

Le doy gracias a Dios por darme unos padres tan maravillosos y por haberme dado la gracia de vivir y guiarme con su mano por el buen camino de la vida, por permitirme compartir momentos tristes y de alegría que me han hecho amar a la vida y concederme serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar y por darme valor y fe, durante toda mi vida y profesión.

## **A MIS PADRES**

Por darme el ser, confianza, comprensión, amor, sus desvelos, el trabajo puesto en mí para mi formación y empeño que realizaron para que saliera adelante en la meta que me propuse al salir de mi casa, Muchas gracias los quiere su hijo.

## **AL DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTINEZ**

Mis más sinceros agradecimientos por su amistad, confianza y apoyo que ha tenido conmigo, por ser mi asesor en la realización de mi trabajo de "Tesis" y además como maestro en la carrera, muchas gracias.

## **A TODA LA SECCION "D" DE MVZ.**

Por toda su amistad y confianza que me brindaron durante toda la carrera y por ser mis compañeros de clases, nunca los olvidare, gracias.

## **A MI ALMA MATER UAAAN "UL"**

Con todo mi cariño y admiración y respeto, por todo lo que aprendí y por haberme alojado en sus aulas, biblioteca, laboratorios etc. durante mi estancia de mi vida estudiantil de la carrera de MVZ, gracias Narro siempre te recordare y te llevare en mi mente.

# 1 Índice

1	ÍNDICE.....	1
2	RESUMEN .....	2
3	INTRODUCCIÓN .....	3
3.1	LAS CABRAS Y SU CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A LAS ZONAS ÁRIDAS .....	4
3.2	EL DESIERTO CHIHUAHUENSE. ....	10
3.2.1	La Comarca Lagunera como parte del Desierto Chihuahuense .....	12
3.3	EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y LA GANADERÍA.....	16
3.4	LOS EFECTOS DEL ESTRÉS CALÓRICO SOBRE LA REPRODUCCIÓN.....	18
3.5	LOS EVENTOS OVÁRICOS DE LA REPRODUCCIÓN .....	22
3.6	LOS AMINOÁCIDOS EXCITATORIOS Y LA REPRODUCCIÓN .....	25
4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
5	RESULTADOS .....	30
6	DISCUSIÓN .....	32
7	LITERATURA CITADA .....	34

## 2 Resumen

Para evaluar el efecto de la suplementación de aminoácidos excitadores sobre la actividad ovárica total (AOT) y la producción de progesterona, se utilizaron 22 cabras encastadas de razas Alpina, Saanen, Toggenburg, Granadina de 4 años de edad, sexualmente maduras, no gestantes en el norte de México (26°06' LN y 103°26' LO). Las cabras fueron distribuidas en dos grupos experimentales, aminoácidos excitadores (AAE) con un peso vivo promedio de  $45.825 \pm 4.37$  kg y control (CONT) peso vivo promedio de  $46.208 \pm 5.87$  kg. Se sincronizaron los celos de todas las cabras por medio de implantes de esponjas impregnadas de progesterona. Las cabras del grupo AAE, recibieron una infusión endovenosa de  $7.0 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso vivo de L-glutamina los días 1, 9, 14 y 17 después del estro, mientras que a las cabras del grupo CONT se les administró placebo. Los datos del experimento se analizaron mediante mínimos cuadrados de varianza, usando el procedimiento Modelo General Linear (SAS, 1991) analizándose los efectos principales del tratamiento sobre las variables dependientes: producción de folículos totales, cuerpos lúteos totales, actividad ovárica total, y los niveles séricos de progesterona. La administración de L-glutamina no afectó la producción de folículos totales, comparadas con las cabras del grupo control (5.3 vs 3.5 respectivamente), ni la producción de cuerpos lúteos totales (2.9 vs 2.8 respectivamente). Sin embargo, la actividad ovárica total fue mayor ( $P < 0.08$ ) para el grupo AAE (8.2) que para el grupo Cont (6.3). Estos resultados parecen indicar que la administración de L-glutamina no afecta el funcionamiento reproductor en cabras, sin embargo es necesario continua estudiando el papel de este aminoácido en trabajos más extensos y con un mayor número de animales para evitar efectos individuales en la respuesta.

### 3 Introducción

#### 3.1 Las cabras en México

Las cabras que en la actualidad se encuentran en América Latina, de donde este ganado no es nativo, tienen su origen principalmente de las cabras de Europa occidental, introducidas a partir de España y Portugal, durante y después del período de colonización (Nozawa, 1991).

Las explotaciones caprinas tienen especial importancia en las vastas zonas áridas y semiáridas del país y constituyen un factor determinante en la economía de la numerosa población rural que habita estas zonas, ya que el valor de su producción representa frecuentemente el renglón más importante de su ingreso. Además, los rebaños les proporcionan carne y leche para su alimentación y subproductos, como pelo y pieles, que tienen gran demanda en el mercado (Saucedo, 1984).

Aunque se han citado 116 razas de cabras comercialmente importantes y que han sido adecuada y recientemente descritas (Mason, 1991), las cinco razas más abundantes y conocidas en México y por lo tanto en la Región Lagunera, tienen su origen en Europa: la Saanen y la Toggenburg de Suiza, la Alpino-Francés de Francia, la Granadina de España, y la Anglo-Nubia de Inglaterra, aunque existe de esta última la raza mejorada en E.U.A.

Aunque las razas españolas fueron las primeras en introducirse en México por los conquistadores, constituyéndose al dispersarse por el territorio nacional en lo que hoy se conoce como ganado criollo, a principios del siglo XX se comienza a dar la importación de animales de Europa y Estados Unidos, como consecuencia de la observación *del pequeño tamaño de la criolla y su baja productividad en leche y carne, con respecto a otras razas, con lo que se pretende corregir tales deficiencias*. En 1906 y 1908 se trajeron razas murcianas a Querétaro, en 1930

granadinas, y por ese tiempo se comenzó la importación de cabras suizas, como la Saanen y Toggenburg, de Estados Unidos (Arbiza, 1986).

En Tlahualilo, Durango, se estableció a partir de 1967, un rebaño de cabras que incluía cabras locales mexicanas, conocidas como “criollas”, reunidas en varias partes del país, especialmente en los estados del centro y del norte. Estos animales de acuerdo a sus tipos predominantes o a su apariencia externa, fueron cruza de Granadina y Nubia. Se estableció un rebaño de granadinas, apareando machos y hembras tipo granadino, ambos a partir de las poblaciones locales. A partir de este rebaño, las hembras granadinas fueron utilizadas para retrocruzas con las poblaciones locales, por lo tanto este rebaño es una sub población de las poblaciones locales de cabras mexicanas (Montaldo *et al.*, 1995).

Con el fin de hacer un uso racional de los recursos genéticos para incrementar la eficiencia de los sistemas productivos de las cabras, es necesario investigar las consecuencias de mejorar las poblaciones locales con las razas utilizadas más comúnmente (Montaldo *et al.*, 1995).

La Comarca Lagunera se considera como una importante región ganadera, sobresaliendo por el número de caprinos que en ella se tienen registrados. Con una extensión territorial de 54,789.27 km<sup>2</sup>, lo que representa el 2.8% de la superficie nacional, las 396,987 cabezas de caprinos que en ella se contabilizan representan el 4.4% del total nacional. Por otra parte, con una densidad de cabras de 7.25 animales por km<sup>2</sup> la Comarca Lagunera está muy por encima de la media nacional (4.5/km<sup>2</sup>), lo que denota su relevancia en la ganadería caprina.

### **3.2 Las cabras y su capacidad de adaptación a las zonas áridas**

Una consideración fundamental en favor de las cabras es su pequeño tamaño, valioso dentro de los sistemas de granjas pequeñas. Los pequeños granjeros orientan sus cultivos esencialmente para la subsistencia, con ingresos muy cercanos a la pobreza. Ellos pueden poseer bovinos (no más de uno o dos), pero la mayoría son propietarios de cabras u ovejas.

La producción de las cabras se ha vuelto una alternativa atractiva para los granjeros de recursos limitados tanto en el sur de los Estados Unidos como en los países en desarrollo, reconociéndose a la cabra como una importante fuente de alimentos porque puede, como otros rumiantes, convertir eficazmente alimentos de baja calidad a leche (Amoah *et al.*, 1996), por lo que las cabras proporcionan como ventaja a los granjeros un ingreso extra con un riesgo bajo. Los grandes rumiantes requieren más trabajo, más alimento y más cuidados de parte del propietario. Las cabras son criadas invariablemente por las mujeres y los niños y requieren sólo de recursos limitados. Durante los períodos de escasez de alimento, es menos difícil manejar pocos animales y de tamaño reducido como las cabras (Devendra, 1980).

La capacidad para adaptarse exitosamente a cualquier medio ambiente particular, está en su momento determinado por la extensión en la cual las cabras son hábiles para desarrollar mecanismos apropiados para hacer frente a las diferentes fuerzas medio ambientales (Devendra, 1987), reconociéndoseles como uno de sus principales méritos, su adaptación a un amplio espectro de condiciones climáticas (Devendra, 1987; Gall, 1991), además de representar una importante fuente proteica en los trópicos y un recurso ganadero alternativo en los climas templados (Nozawa, 1991).

En áreas de condiciones medio ambientales adversas, inadecuadas para la crianza de vacas, las cabras han apoyado efectivamente la subsistencia humana desde los inicios de la domesticación. Las áreas donde las cabras no pueden ser criadas son la tundra ártica y el bosque subártico siempre verde, donde los renos reemplazan a las cabras, y en los desiertos, donde sólo los camellos pueden ser utilizados como animales domésticos (Nozawa, 1991). Por parte la cabra es el animal más fértil de todos los rumiantes domésticos, bajo condiciones tropicales y subtropicales y los criadores son capaces de criar durante todo el año (Greyling, 2000).

En los ecosistemas áridos, la temporada de sequía es probablemente un tiempo especial de reto para los animales en su búsqueda adecuada de los recursos de alimento y agua (Nagy, 1994), ya que ocurren grandes fluctuaciones en la disponibilidad de estos recursos, debido a que fuertes lluvias invernales a intervalos impredecibles son seguidos por una explosión de pastura exuberante, la cual puede durar un par de meses.

La vegetación entonces está disponible sólo en aguajes ampliamente espaciados (Maltz *et al.*, 1982).

La mayoría de las cabras del mundo viven en países en vías de desarrollo dentro de los 30° del ecuador, donde frecuentemente registran bajos pesos al nacimiento, asociados con una alta mortalidad perinatal (Holmes *et al.*, 1986).

Se reconoce que la cabra es uno de los rumiantes domésticos más exitosos, ya que posee las adaptaciones fisiológicas que se requieren para sobrevivir, tales como la habilidad para soportar la alta temperatura del aire y la alta radiación solar, combinadas con la baja cantidad de agua y comida disponible (Johnson, 1987; Gall, 1991), y su habilidad para la existencia migratoria, con capacidad para pastar lejos de los puntos de aguaje, los cuales se encuentran muy separados entre sí (Abdelatif y Amhed, 1994; Maltz y Shkolnik, 1980; Shkolnik *et al.*, 1980).

Se ha señalado que las cabras tienen, respecto a las ovejas, una mayor habilidad para soportar el estrés por pastoreo bajo condiciones de desierto, lo que les permite pastear a 6 km de distancia de los sitios de aguaje en condiciones de temperaturas medio ambientales superiores a los 44°C (Khan y Gosh, 1989).

La más baja tasa de retorno hídrico en las cabras que en las ovejas, sugiere que las cabras están mejor adaptadas para sobrevivir que las ovejas bajo condiciones malas y de sequía (Aganga, 1992) y que para propósitos de termorregulación, las cabras usan más agua que los canguros pero menos que las ovejas (Khan *et al.*, 1978).

Al parecer, las cabras negras del desierto tienen un mecanismo en la superficie del pelo para protegerse de daño contra una inusual carga calórica del cuerpo a partir de la superficie externa. Esta eficiencia termolítica puede ser debida a la capacidad de los animales para nuevamente radiar la mayoría de la radiación calórica absorbida, en forma de radiación de onda larga al pelaje o cerca de él (Goyal y Ghosh, 1987). Algunos rasgos de las estructuras anatómicas externas como el tipo de piel, podrían introducirse por transferencia genética y aumentar la resistencia a enfermedades locales y elevar la capacidad supervivencia en condiciones extremas del medio ambiente (Amoah y Gelaye, 1997).

La cabra es uno de los animales domésticos más importantes. En 1996, por su tamaño el sector de las ovejas constituía el segundo lugar mundial de ganado, siendo superado únicamente por el ganado vacuno, mientras que las cabras ocuparon el cuarto lugar, apenas después de los cerdos (Morand-Fher y Boyazoglu, 1999). Las ovejas y cabras utilizan alimentos a partir de una amplia variedad de plantas (arbustos y árboles), y pastan sin esfuerzo sobre residuos de cultivos, desechos de alimento y subproductos agrícolas (Sinn *et al.*, 1999), contribuyendo a la diversificación de la economía porque utilizan una variedad de recursos marginales que transforman en muchos productos (carne, leche, lana, piel y estiércol). Su baja demanda de trabajo y capital en comparación con el ganado, asegura que los pequeños rumiantes contribuyen más a la diversificación de la economía que otras empresas ganaderas (El Aich y Waterhouse, 1999). Además, la cabra es una especie doméstica conveniente para la investigación biológica actual y sus aplicaciones, debido a sus diversificados productos de valor comercial y su período de gestación relativamente corto -5 meses vs 9 meses en la vaca (Amoah y Gelaye, 1997).

Debido a su prolificidad y rusticidad, las cabras producen altos ingresos los que la hace una de las mejores inversiones. Usualmente son la única alternativa para poblaciones que viven en áreas marginales, en donde ayudan a prevenir la desertificación por la actividad humana (El Aich y Waterhouse, 1999). Aún hoy, los

criadores de ovejas y cabras están a menudo situados a un nivel relativamente bajo de la jerarquía social de una villa o región. En muchos países están entre aquellos que no se benefician de los programas estatales de ayuda y de los servicios de desarrollo (Morand-Fher y Boyazoglu, 1999). Además, en ambientes desérticos y tropicales, donde los recursos alimentarios están restringidos en cantidad y calidad, las diferencias entre los rumiantes respecto a sus requerimientos de energía y eficiencia digestiva, los cuales se reflejan en la eficiencia del uso de energía neta para la producción, son criterios muy importantes para la selección del tipo de animal más apropiado para crecer en circunstancias particulares (Silanikove, 2000) y en las zonas áridas, las cabras son relativamente más numerosas que los bovinos y frecuentemente más numerosas que las ovejas; por otra parte, los bovinos son más numerosos que las ovejas y las cabras en las zonas semiáridas, subhúmedas, húmedas y de montañas (Silanikove, 2000).

Los productos de la ganadería caprina son importantes. La producción de leche de pequeños rumiantes, representa alrededor del 3.5% del total de la producción mundial, siendo la proporción substancialmente mayor en los países en desarrollo (7.5%) que en los países desarrollados (1.5%). A pesar de su relativamente poco impacto, esta producción juega un papel esencial en ciertos ambientes difíciles, debido a que a menudo representa una fuente importante de proteína de alta calidad (Morand-Fher y Boyazoglu, 1999). Sin embargo, existen factores que afectan la capacidad reproductiva del ganado, entre ellos destaca el estrés calórico, aceptándose comúnmente para el término estrés, la acepción que los ganaderos utilizan para indicar una condición medio ambiental que es adversa al bienestar del animal medido en términos de rendimiento productivo (Johnson, 1987; Stott, 1981).

La reproducción en cabras es eficiente y determinado por muchos procesos diferentes. Estos procesos incluyen por ejemplo: la duración del periodo de crianza, el ciclo, el periodo de ovulación y la fertilización del ciclo estral y el periodo infértil posparto (Greyling, 2000).

Sin embargo existe una gran cantidad de estudios que determinan como el efecto de las condiciones térmicas extremas, principalmente el calor y la sequía, determinan una menor capacidad productiva de los animales, manifiesta como reducción en la producción láctea (Abdalla *et al.*, 1993; Du Preez *et al.*, 1990; Johnson *et al.*, 1991), en la disminución del peso al nacimiento (Bell *et al.*, 1989) (Dreiling *et al.*, 1991), menos fecundidad (Du Preez *et al.*, 1991), pobre velocidad de crecimiento (Du Preez *et al.*, 1990), disminución en la producción de lana (Mathur *et al.*, 1991) y mortalidad periódica (Schacht *et al.*, 1992). En ovejas gestantes la progesterona y el lactógeno placentario disminuyen por efecto del calor y ocasionan retardo en el crecimiento fetal (Bell *et al.*, 1989), así como la PGF<sub>2α</sub> uterina, la cual puede interrumpir la preñez por estrés calórico en el ganado (Malayer y Hansen, 1990).

En el ganado doméstico los principales efectos dañinos del estrés calórico sobre la reproducción son: disminución en la tasa de concepción, ampliación del ciclo estral, acortamiento del período del estro, retención placentaria, reducción y disminución temporal de la fertilidad (Du Preez *et al.*, 1990). Se ha señalado (von Borell, 1995) que el período durante los primeros días de preñez, especialmente hasta la implantación del feto es muy sensible al estrés, ya que el desarrollo y diferenciación del útero durante estos días depende en gran medida de la función de las hormonas hipofisarias, las cuales son producidas en forma local sólo hasta los últimos estadios de la preñez, en los cuales los animales son en forma general, insensibles a los estresores. La pubertad puede ser definida, en diferentes formas, una de ellas es la edad de la hembra en la cual el estro es detectado por primera vez y es seguida por una actividad ovárica cíclica características en el animal no preñado (Greyling, 2000).

En la Comarca Lagunera, más de la mitad de los días del año tienen temperaturas superiores a los 30°C, considerada como la temperatura crítica superior para los caprinos (Lu, 1989). Además, se observa que en promedio existen alrededor de 45 días al año con valores de THI (índice de temperatura, humedad por sus siglas en ingles) superiores a 70, considerados como

estresantes para el ganado (Du Preez *et al.*, 1991) y que el promedio de THI máximo es de 74.8. Por otra parte, la región también se caracteriza por una escasa y desigual disponibilidad de agua y alimento durante el año.

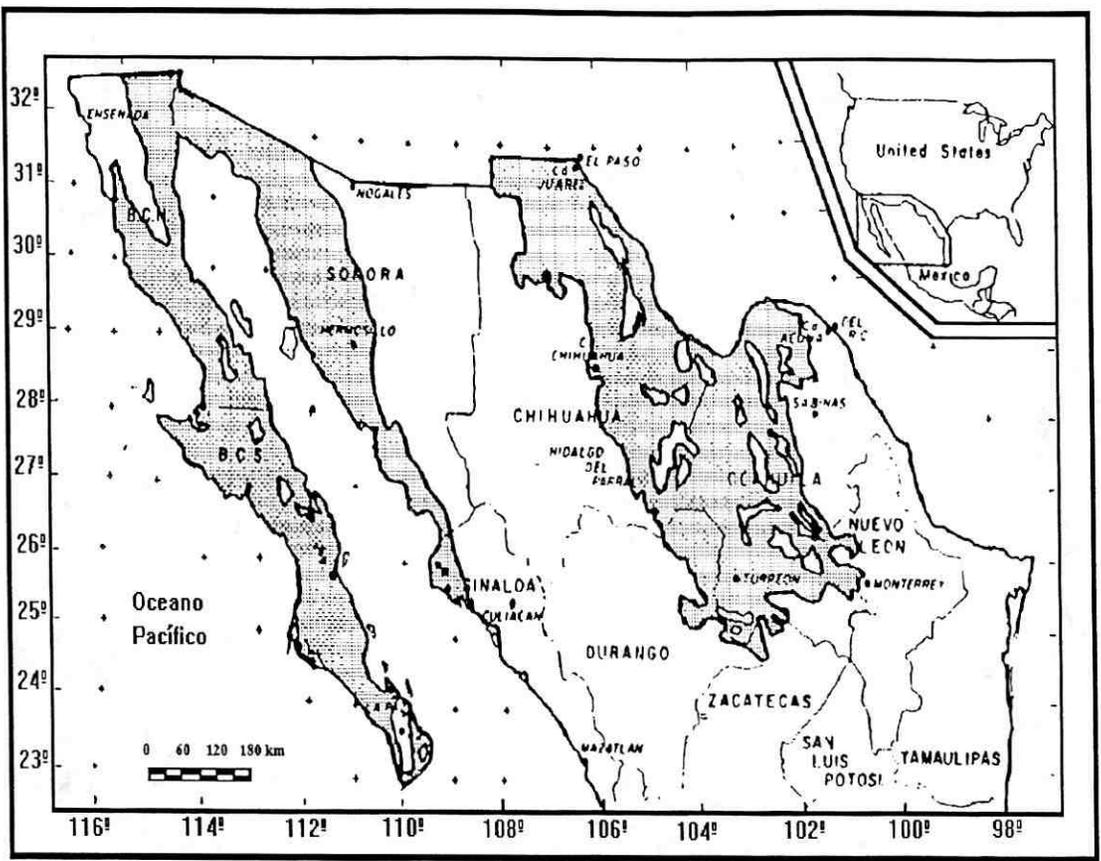
Estudios pioneros han reportado una mortalidad embrionaria al inicio de la gestación del 30-40% en bovinos (Robinson *et al.*, 1989) y 20-30% en ovinos y caprinos (Edey, 1969), reportándose que las pérdidas embrionarias causadas por el estrés calórico generalmente ocurren de 1 a 3 días posteriores a la fertilización, y conforme avanza el desarrollo del embrión, este va adquiriendo termo-resistencia (Ealy *et al.*, 1994). Estudios realizados con embriones cultivados *in vitro* y sometidos a un choque calórico han incrementado su viabilidad en respuesta a la suplementación de antioxidantes en el medio de cultivo (Ealy *et al.*, 1992; Garland y Carter, 1994), y disminuido su desarrollo en respuesta a la suplementación de inhibidores de antioxidantes (Arechiga *et al.*, 1995; Arechiga y Hansen, 1998). En el ganado lechero se ha incrementado la producción de leche en un 6 a 10%, así como los porcentajes de preñez evaluados a 120 días pos parto con la administración oral prolongada de antioxidantes como el  $\beta$ -caroteno (Arechiga *et al.*, 1998b).

### **3.3 El Desierto Chihuahuense.**

En Norte América, el desierto está en una área árida esencialmente continua, la cual se extiende desde el sur de los Estados Unidos (en los estados de Nevada, Nuevo México, Utah, Arizona, Texas y California), hasta México (Sharma, 1991).

El 53% de México es considerado árido y semiárido, y un 40% adicional sufre largas temporadas de sequía. Estos factores climáticos, en conjunto con un terreno muy abrupto (aproximadamente el 59% de la superficie territorial tiene altitudes mayores a los 1,000 m), representan para México problemas substanciales para su desarrollo (Schmidt Jr, 1989).

México tiene dos grandes desiertos llamados igual que sus dos más grandes estados, Chihuahua y Sonora (Figura 7.1). Ambos desiertos se extienden hacia el norte a través de la frontera dentro de los Estados Unidos y retienen sus nombres mexicanos. El Desierto Chihuahuense recibe apenas un promedio anual de lluvias de 235 mm con un rango de 150 a 400 mm. Aproximadamente dos tercios de las estaciones meteorológicas registran una precipitación anual total entre 225 y 275 mm. Normalmente la región más seca en este desierto es el sur de Coahuila, particularmente aquellas localidades de tierras bajas localizadas y protegidas por las montañas circundantes. Las condiciones de temperatura son relativamente templadas y consistentes de año a año. Esto es en gran medida, el resultado de la localización latitudinal y del hecho de que el 90% del desierto se localiza a una altitud entre los 1,100 y 1,500 m. La temperatura anual promedio es 18.6°C con un rango de 14° a 23°C. Aproximadamente la mitad de las temperaturas medias anuales están dentro de 2°C de promedio. Las temperaturas extremas superiores a los 50°C o menores a los -15°C son muy raras. Las temperaturas mensuales más calientes son muy similares a lo largo de todo el desierto, en un rango de 25° a 30°C. Aunque el Desierto de Sonora es más seco y caliente que el Chihuahuense, las dos más importantes diferencias entre estas zonas áridas son, la distribución de la precipitación durante el año y la longitud de la temporada de cultivo. El inicio y el fin de la temporada de cultivos es mucho más variable en el Desierto Chihuahuense (Schmidt Jr, 1989).

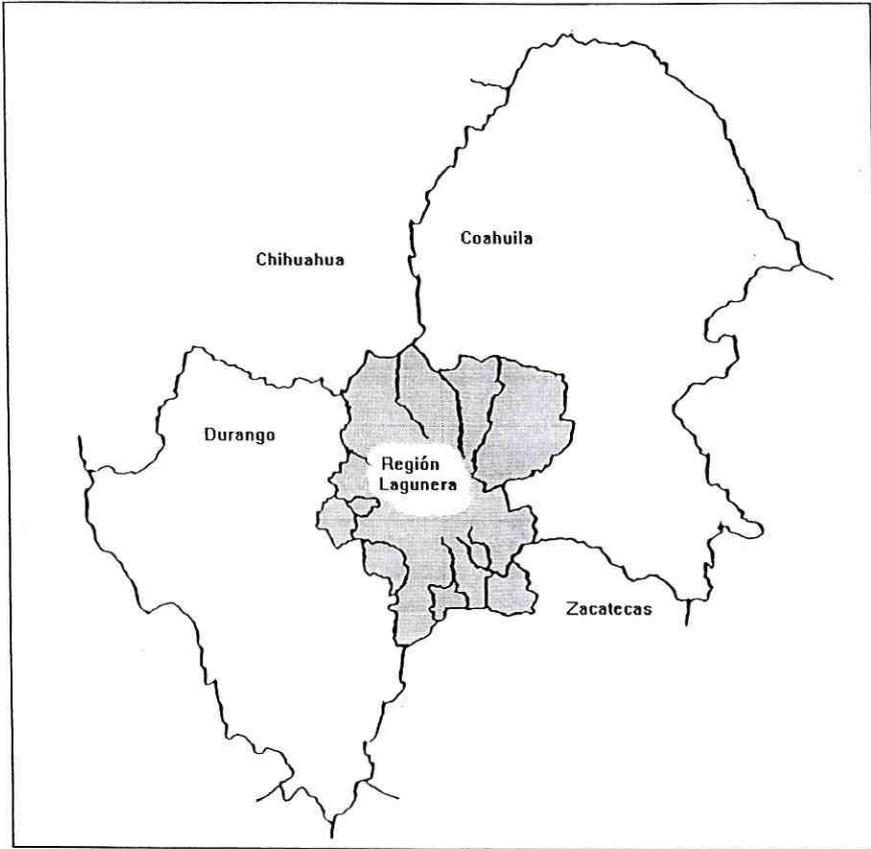


**Figura 1.** Ubicación geográfica de los desiertos de Chihuahua y de Sonora en la República Mexicana. Modificado de (Schmidt Jr, 1989).

### 3.3.1 La Comarca Lagunera como parte del Desierto Chihuahuense

La Comarca Lagunera (Figura 2), se localiza en la parte sur del desierto Chihuahuense y es una zona árida en donde la confluencia de dos corrientes superficiales de consideración: ríos Nazas y Aguanaval y el aprovechamiento de los acuíferos locales ha permitido el desarrollo de actividades agropecuarias altamente especializadas. La precipitación pluvial es de alrededor de 200 mm anuales, concentrada en 30 días de los meses de junio a octubre, con seis o siete meses de sequía definida con precipitaciones pluviales menores a 7 mm al mes. Las temperaturas medias mensuales fluctúan entre 12.7°C en enero y 28.5°C en junio, con extremas de -5°C y 41.5°C. Debido a la elevada radiación solar la evaporación es diez veces mayor a la precipitación. Estas condiciones dan lugar a

una escasa cobertura vegetal. En zonas no irrigadas del poniente de la región la producción anual de materia seca se ha estimado en 136.81 kg por hectárea (Mazcorro *et al.*, 1991).



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la Comarca o Región Lagunera, donde se aprecia su localización entre los estados de Durango y Coahuila, así como su colindancia con Chihuahua y Zacatecas.

Los datos anteriores, nos permiten ver que las condiciones medio ambientales al menos en cuanto a temperatura y precipitación pluvial se refiere, son las características de las zonas áridas, es decir temperaturas elevadas y lluvias escasas, aunque el hecho de manejar los datos promedios disminuyan en parte los efectos de los datos de los mínimos y máximos.

Algunas características medio ambientales y de cobertura vegetal de la Comarca Lagunera representan un reto para la explotación ganadera por sus

particularidades específicas, ya que el total de su superficie territorial pertenece a climas clasificados de semisecos a muy secos, teniendo también una superficie promedio de casi el 80% con menos de 300 mm de precipitación pluvial promedio anual y más de tres cuartas partes con una temperatura promedio anual mayor a los 18°C. Además, más de tres cuartas partes de su superficie, de acuerdo al tipo de vegetación existente-, presentan condiciones de aprovechamiento principalmente para el ganado caprino.

En el Cuadro 1, se aprecia que más de la mitad de los días del año tienen temperaturas superiores a los 30°C, considerada como la temperatura crítica superior para los caprinos (Lu, 1989) y en más del 80% de los días se reportan temperaturas superiores a los 25°C, consideradas a su vez como la temperatura crítica superior para ganado Holstein (Collier *et al.*, 1982). Además, se observa que en promedio existen alrededor de 45 días al año con valores de THI superiores a 70, considerados como estresantes para el ganado (Du Preez *et al.*, 1991), y que el promedio de THI máximo para el período es de 74.8, con valores que oscilan de 73.9 a 76.4.

La Comarca Lagunera es una importante zona agrícola. El Distrito de Riego comprende casi 250,000 Ha, en las que por más de cien años el cultivo principal fue el algodón, al que se le aplicaron insecticidas hasta en 15 ocasiones al año. Por otra parte, esta superficie de riego implica el funcionamiento de casi 3,000 pozos profundos que extraen más de 1,000 millones de m<sup>3</sup> de agua al año, lo que representa el triple de la recarga anual de los acuíferos. Esto origina el abatimiento de los niveles de agua en 1.5 a 1.75 m por año, haciendo cada vez más costosa la extracción del agua y a ésta de menor calidad por su creciente concentración de arsénico y sulfatos (Mazcorro *et al.*, 1991). Así, la región tiene altos niveles de contaminación, tanto por insecticidas como por sales minerales, además de los residuos industriales.

**Cuadro 1.** Relación de días de temperaturas críticas superiores para cabras (30°C), para vacas Holstein (25°C), temperaturas máximas registradas e índices de temperatura humedad (THI) superiores a 70.5 y THI máximo registrado (Fuente de datos climáticos: Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste (CIANE), Matamoros, Coah.)

Año	30 o más °C	25 o más °C	Temperatura máxima.	THI días	THI máxima	Días sin datos
1975	217	296	40			
1976	197	265	39			
1977	219	316	38			
1978	230	320	41			
1979	251	315	40			
1980	196	305	39			
1981	212	300	38			
1982	221	308	41.5			
1983	186	281	40			
1984	188	305	38	20	73.916	4 (temp y THI)
1985	185	284	39	38	75.644	30 (THI)
1986	174	275	37	47	76.352	11 (THI)
1987	171	293	39.5	29	73.852	1 (temp)
1988	204	289	38.5	45	73.828	
1989	227	295	41.5	65	74.352	
1990	208	309	39.9	39	74.288	
1991	197	288	39	46	74.88	
1992	205	290	40	49	75.388	
1993	203	314	39.5	70	75.432	
1994	238	305	39			
<b>Promedio</b>	<b>206.45</b>	<b>297.65</b>	<b>39.37</b>	<b>44.80</b>	<b>74.79</b>	
<b>D. E.</b>	<b>20.91</b>	<b>14.71</b>	<b>1.18</b>	<b>14.95</b>	<b>.88</b>	

Los datos de temperaturas, son obtenidos directamente de la fuente citada: Los datos relativos al THI, fueron calculados a partir de los datos meteorológicos.

Temp = temperatura, D. E. = desviación estándar

Conforme a lo anterior, la producción pecuaria en la región, enfrenta los retos de las temperaturas ambientales extremas, con amplia variabilidad diaria, intensa radiación solar la mayor parte del año, escasa y desigual disponibilidad de agua y alimento durante el año y elevados niveles de contaminación. La ganadería tradicional, intensiva y basada en animales de climas templados, exige destinar más del 30% de la superficie agrícola y más del 50% del agua extraída a la producción de forrajes, instalaciones que permitan aminorar los efectos de las temperaturas ambientales y competir en el mercado con productores con ventajas para la producción. La actividad pecuaria basada en los recursos naturales que ofrece la región requiere de animales con capacidad para sobrevivir a la época de sequía y para aprovechar el periodo de lluvias eficientemente, lo que implica bajos requerimientos energéticos para mantenimiento, capacidad para soportar la privación de agua, eficientes mecanismos de termorregulación y conductas que le permitan lidiar con las inclemencias ambientales.

### **3.4 El rendimiento productivo y la ganadería**

La actividad reproductiva es un fenómeno con un estado de equilibrio muy dinámico y delicado. En la fase folicular de un ciclo estral normal, el modelo correcto de liberación de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) desde el hipotálamo, conduce a una liberación pulsátil incrementada de hormona luteinizante (LH) de la glándula pituitaria. En conjunto con la hormona folículo estimulante, esta determina la velocidad de crecimiento folicular y la producción de estradiol, para finalmente producir un ola preovulatoria de LH y la ovulación. Para alcanzar una perfecta sincronización de la oleada de LH, deben ocurrir una serie de eventos estrechamente controlados dentro del hipotálamo y glándula pituitaria. Después de la eliminación de la de los efectos supresores de la progesterona durante la luteolisis, pulsos de GnRH (y por lo tanto, de LH) se secretan con frecuencia en aumento, para eventualmente culminar en una secreción continua al inicio de la oleada de LH, en respuesta a los efectos retroalimentarios del estradiol (Dobson y Smith, 2000).

Los animales con alto potencial genético para una elevada productividad, pueden tener menos ventajas o aún, tener desventajas en un medio ambiente restrictivo (Devendra, 1980; Ferrel y Jenkins, 1985).

Los efectos combinados de una alta temperatura ambiental del aire, humedad relativa y radiación solar, tienen profundos efectos sobre la producción láctea, el rendimiento reproductivo y la salud del ganado lechero (Shearer y Beede, 1990).

En el ganado existen diferencias genéticas para la tolerancia al calor. Por su mayor capacidad de sudar y su menor tasa metabólica la especie *Bos indicus* es más tolerante al calor que la especie *Bos taurus* (West, 1999). Por otra parte, en las razas europeas se ha dificultado la selección para la resistencia calórica debido a la relación inversa que existe entre la producción de leche y la regulación de la temperatura corporal, es decir, los cambios en la genética y fisiología para incrementar la producción de animales para consumo, los están haciendo menos capaces para regular su temperatura corporal (Hansen y Arechiga, 1999).

La caída en la fertilidad de las vacas lactantes se ha asociado con el aumento en la capacidad genética para la producción de leche, con cambios en el manejo nutricional y con el gran tamaño de los hatos (Butler, 2000). El aumento en la producción de calor metabólico asociado a la alta producción láctea de los años recientes, tiende a agravar el síndrome de baja fertilidad del verano (Wolfenson et al., 2000), reportándose que las vacas altas productoras de leche (32.6 kg/d) y las medianas productoras (18.5 kg/d) tienen una producción de calor de un 48.5% y 27.3% mayor a la de las vacas secas (West, 1999).

También las altas producciones de leche en la vaca con su alto gasto energético, dependen de los altos niveles de proteína y energía de la dieta. Dependiendo de la calidad de proteína y su composición, las concentraciones de progesterona sérica pueden ser menores por lo que el medio ambiente uterino puede estar alterado y disminuida la fertilidad (Butler, 2000).

La producción de leche y el consumo del total de nutrientes digestibles disminuye ligeramente cuando el índice de temperatura humedad excede de 72 y disminuye agudamente cuando excede los 76. La producción de leche desciende cuando la temperatura corporal excede los 38.9°C y por cada 0.55° C de aumento en la temperatura rectal, la producción de leche y el consumo de total de nutrientes digestibles disminuye 1.8 y 1.4 kg respectivamente (West, 1999). Por otra parte, cuando la producción de leche se incrementa rápidamente, la vaca entra a un balance energético negativo cuya severidad y duración se relacionan principalmente con el consumo de materia seca, el cual a su vez se relaciona con la condición corporal al parto (Butler, 2000).

### **3.5 Los efectos del estrés calórico sobre la reproducción**

El estrés es la incapacidad de un animal para acoplarse con su medio ambiente, un fenómeno que se manifiesta por una falla para alcanzar su potencial genético, p. e., la tasa de crecimiento, la producción de leche, la resistencia a las enfermedades, o la fertilidad (Dobson y Smith, 2000).

El estrés calórico afecta a la capacidad reproductora de los animales domésticos. La característica más prominente de la infertilidad en el verano es de naturaleza multifactorial, ya que la hipertermia altera directamente y daña las funciones celulares de varias partes y tejidos del sistema reproductor. Además la exposición del ganado al estrés térmico produce respuestas indirectas, las cuales pudieran también tener un impacto sobre los procesos reproductores. Tales respuestas incluirían la redistribución del flujo de sangre entre los órganos del cuerpo, la reducción en el consumo de alimento, la alcalosis respiratoria, etc. Aunque el impacto de varios efectos directos o indirectos del estrés calórico sobre los procesos reproductores no han sido cuantificados, se cree que el efecto directo predominante de la hipertermia es el daño de las funciones celulares (Hansen y Arechiga, 1999; Wolfenson *et al.*, 2000).

En vista de las complicaciones causadas con la repetibilidad, la habituación y la duración de los estresores, estos aspectos deben estandarizarse tanto como sea posible cuando se examina la influencia de las respuestas al estrés sobre los

mecanismos fisiológicos como al reproducción. Más aún, los efectos de más de un estresor deben ser investigados para evitar los peligros inherentes con los mecanismos productores de estrés. Sin embargo, a pesar de algunas diferencias entre las respuestas al estrés, existen algunos efectos sorprendentemente muy consistentes sobre la endocrinología reproductiva, por lo que a partir de una serie de experimentos, se ha sugerido que los estresores reducen la fertilidad interfiriendo con lo mecanismos que regulan la precisa sincronización de los eventos dentro de la fase folicular. Así, se ha investigado a los estresores agudos (como la transportación o la hipoglucemia) impuestos a tiempos precisamente definidos, por sus efectos sobre diferentes sitios del mecanismo del control reproductivo, observándose que los estresores reducen la pulsatividad de GnRH/LH por acción entre ambos el hipotálamo y glándula pituitaria (Dobson y Smith, 2000)

En las vacas lecheras, el estrés calórico reduce las tasas de concepción, disminuye la duración e intensidad del estro y se ha reportado que altera las concentraciones circulatorias de estradiol y las dinámicas foliculares (Trout *et al.*, 1998).

Uno de los usos más importantes de la sincronización de estros es para programar la inseminación artificial. El uso de inseminación artificial programada (TAI) ofrece ventajas para la inducción de la actividad reproductora en posparto temprano, reduciendo la necesidad de la detección de estros. Además tiene la posibilidad de reducir los efectos deletéreos del estrés calórico en la función reproductora de las vacas lecheras (Arechiga *et al.*, 1998a). También se utilizan la sincronización de estro en animales de celos estacionales como las cabras, las que manifiestan un ritmo circanual endógeno de actividad biológica, que responde a los cambios de longitud del día. La mayoría de las cabras comienzan a reproducirse de junio a julio, alcanzando su máximo entre septiembre y noviembre cuando la duración del día es relativamente corta (Amoah *et al.*, 1996).

Entre otros factores indirectos del estrés calórico sobre la reproducción, (West, 1999), se ha planteado que como consecuencia del estrés calórico se

observa una tasa reducida del metabolismo, la disminución del consumo de materia seca y nutrientes, y el metabolismo alterado y que estas respuestas frecuentemente tienen un efecto negativo sobre la fisiología y producción de leche de la vaca. Por otra parte, algunos efectos del estrés calórico pueden involucrar a la ACTH, ya que ésta puede ocasionar un incremento en la secreción de cortisol el cual bloquea el comportamiento sexual (Hansen y Arechiga, 1999).

Existen diferentes formas en las que el estrés calórico maternal puede disminuir la fertilidad del ganado: Se han observado efectos que podrían involucrar daño tanto sobre los espermatozoides como en los oocitos, debido a que los espermatozoides depositados dentro del tracto reproductivo de una hembra hipertérmica están potencialmente en riesgo de dañarse por el choque calórico (Hansen y Arechiga, 1999).

Dentro de los efectos dañinos del estrés calórico sobre el se encuentran las alteraciones en la duración del celo, los cambios en la dinámica folicular, un aumento en la secreción de prostaglandinas en el útero (Ealy *et al.*, 1994) y una disminución en la supervivencia embrionaria, por lo que el desarrollo del embrión se interrumpe por exposición a temperaturas elevadas (Arechiga y Hansen, 1998).

Como causa de los daños descritos, se puede señalar el incremento en la producción de radicales libres de oxígeno, por lo que el sistema antioxidante de los embriones es de gran importancia para la resistencia térmica, por que estos puedan provocar infertilidad debido a que los tejidos esterediogénicos del ovario, los espermatozoides y la preimplantación embrionaria son sensibles al daño de los radicales libres (Arechiga y Hansen, 1998).

El estrés calórico es particularmente dañino en las etapas tempranas de gestación. Se ha reportado que los oocitos periovulatorios y los embriones muy jóvenes pueden ser sumamente susceptibles al estrés calórico (Ealy *et al.*, 1994; Hansen y Arechiga, 1999), por lo que la exposición de vacas Holstein lactantes superovuladas al estrés calórico en el día 1 después del estro, disminuye la viabilidad y el desarrollo de los embriones recuperados al día 8, pero el estrés

calórico no tiene efecto si se aplica en los días 3, 5 o 7 después de la inseminación (al-Katanani *et al.*, 1999).

También en ovejas se ha reportado que el desarrollo embrionario y la viabilidad se afectan más cuando el estrés calórico ocurre en los días del estro o un día después, que cuando ocurre después del tercer día post estro (Ealy *et al.*, 1994). Esto tiene relación con las evidencias que el  $\beta$ -caroteno puede tener un efecto sobre el desarrollo folicular en los bovinos observaron que la ovulación ocurría alrededor de 1 día después de iniciado el estro en el grupo suplementado con  $\beta$ -caroteno, pero no hasta dos días después de iniciado el estro en el grupo deficiente (Arikan y Rodway, 2000).

La resistencia embrionaria al estrés calórico no es sólo cuestión de tiempo, sino también de su desarrollo, ya que por ejemplo, los embriones de bovinos de dos células son más susceptibles al choque calórico que los oocitos maduros: el desarrollo de la etapa de 4 a 8 células está asociado con un incremento en la termotolerancia, y además la resistencia térmica no se obtiene hasta la etapa de mórula (Arechiga y Hansen, 1998). Se ha intentado explicar a nivel celular, ya que los embriones jóvenes no tienen capacidad transcripcional y por lo tanto no producen moléculas protectoras como las proteínas de choque calórico (Hsp70) (Arechiga y Hansen, 1998) (Hansen y Arechiga, 1999).

El estrés calórico reduce drásticamente las tasas de preñez en vacas lecheras, ya que además de afectar la mortalidad embrionaria, el estrés calórico reduce la duración e intensidad de la conducta del estro, de manera que bajo condiciones de estrés calórico, una proporción más pequeña de vacas es detectada en estro (Arechiga *et al.*, 1998b), probablemente debido a la duración de éste, ya que se ha reportado (Hansen y Arechiga, 1999) que durante el verano, se observan menos intentos de monta entre vacas (4.5), que durante el invierno (8.6).

### 3.6 Los eventos ováricos de la reproducción

La LH es una hormona (glicoprotéica), conformada por dos unidades diferentes, es decir una unidad  $\alpha$  y una unidad  $\beta$ . La unidad  $\alpha$  se encuentra comúnmente en tres especies de hormonas de la pituitaria anterior, o sea en la hormona luteinizante (LH), la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona estimulante de la tiroides (TSH), mientras que la unidad  $\beta$  es diferente en estas tres hormonas y le confiere especificidad biológica a cada una (Kawate *et al.*, 2000b).

En los rumiantes domésticos, la fertilización no ocurre después del estro, el cuerpo luteo continua funcionando sólo aproximadamente dos semanas, entonces sucede el retroceso del próximo estro (Kawate *et al.*, 2000a).

La luteolisis se caracteriza por una inicial declinación de la secreción de progesterona, comúnmente conocida como luteolisis funcional, diferente de la luteolisis estructural y morfológica, la cual, como su nombre sugiere significa el cambio subsecuente en la estructura celular de la glándula y su gradual involución para formar una pequeña cicatriz compuesta de tejido conectivo. Esta estructura final conocida como el *corpus albicans*, persiste en el ovario a menudo por varias semanas.

La Luteolisis parece estar involucrada en algunas especies como un mecanismo para incrementar la eficiencia reproductiva. En la mayoría de los mamíferos cíclicos, cuando las hembras no conciben después de la ovulación, el cuerpo lúteo el cual se forma subsecuentemente en el ovario es "removido" para permitir que se inicie un nuevo ciclo ovárico.

En la mayoría de los mamíferos, el principal producto secretado por el cuerpo lúteo es el esteroide de la hormona de progesterona, la cual es la hormona de la preñez en mamíferos. La progesterona es considerada esencial para mantener la preñez al inducir un estado de quiescencia en el miometrio y al suprimir la respuesta inmune materna a los antígenos fetales. Además de proveer de un medio ambiente uterino adecuado para el desarrollo del embrión, la progesterona también es responsable de la reducción de la actividad ovárica cíclica durante la

preñez en la mayoría de los mamíferos y responsable, en parte, del desarrollo mamario.

El cuerpo lúteo también juegan un papel fundamental en la regulación de la longitud del ciclo ovárico en la mayoría de los mamíferos cíclicos, y la extensión del lapso de vida del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona es necesaria en la mayoría de las especies para mantener la gestación en sus etapas iniciales.

La progesterona también se produce en la placenta de algunas especies p. e. en ovejas, caballos, y humanos, y en estas, la placenta usualmente se convierte en la fuente dominante de progesterona durante las últimas etapas de la preñez.

La ovulación y la formación del cuerpo luteo están bajo gonadotropico, y ocurren ciclos repetitivos con una fase folicular relativamente corta y una fase lúteal larga. Durante la breve fase folicular, el aumento de estrógenos a partir de los folículos pre ovulatorios induce a un corto periodo de receptividad sexual (estro) así como la oleada preovulatoria de hormona luteinizante (LH). De esta manera, la cópula está sincronizada con la ovulación. En el ciclo infértil, el cuerpo luteo sufre luteolisis la cual concluye la fase lúteal y se inicia un nuevo ciclo ovárico. En el evento de una monta fértil, la señal luteolítica uterina es subvertida y el cuerpo luteo continua secretando progesterona para mantener la preñez.

En algunas especies (p.e. en el cerdo, la oveja y el ratón) el cuerpo luteo es la única fuente de progesterona durante la preñez, mientras que en otras (p.e. cabras y caballos), la placenta llega a ser después la principal fuente de progesterona para mantener la preñez.

Las oleadas de desarrollo folicular ocurren durante lo que es un periodo relativamente largo de receptividad sexual. El estímulo de la monta es requerido para la liberación neurogenica de LH y de esta manera, para la inducción de la ovulación y el desarrollo del cuerpo luteo.

Bajo la influencia preovulatoria de la oleada preovulatoria de LH a partir de la pituitaria anterior, el folículo maduro se rompe y expelle el óvulo. La pared de los folículos colapsa en pliegues y los capilares invaden el cuerpo lúteo en desarrollo probablemente bajo la influencia de factores angiogénicos y mitogénicos que pueden incluir bases del factor de crecimiento fibroblastico, al factor de

crecimiento plaquetario, factor similar a la Insulina, factor de crecimiento ligador de heparina, y factor del crecimiento endotelio vascular.

En los animales domésticos y primates la principal luteotropina parece ser la LH, definida como una sustancia que promueve el crecimiento del cuerpo luteo y estimula la producción de progesterona. Por ejemplo, hipofisectomía en primates y en ovejas causa regresión del cuerpo luteo, un efecto por el cual puede ser invertido por LH exógena. En primates, la secreción de progesterona depende de la secreción pulsátil de LH a través de la fase lútea, mientras que en la oveja, la secreción de progesterona parece ser independiente de los pulsos de LH, debido a que la secreción puede ser mantenida con niveles basales mínimos de LH. Puede ser que la secreción pulsátil de LH no sea, para la función del cuerpo luteo, un requerimiento absoluto *per se*, debido a que la gonadotropina coriónica se libera en forma continua, pulsátil, pero claramente mantiene al cuerpo luteo durante el establecimiento de la preñez. Los pulsos de LH parecen ser necesarios en las vacas para el desarrollo de un cuerpo lúteo totalmente, pero en la oveja, solo se requieren niveles basales para mantener la secreción de progesterona posterior a la fase lútea (McCracken *et al.*, 1999).

Los resultados en ovejas son controversiales ya que se ha reportado un pico preovulatorio de estradiol, ocurriendo después del estro y otro pico de menor magnitud entre los días 4 y 7 del ciclo estral (de Castro *et al.*, 1999).

Durante el ciclo ovulatorio los bovinos y ovinos, en adición el pico preovulatorio en plasma por la concentración de estradiol, esto ocurrió en un segundo pico de menor magnitud a los 4 o 6 días más tarde (de Castro *et al.*, 1999). El estradiol refuerza el GnRH estimulado desde las células (AP), con un incremento en el número de receptores de GnRH (de Castro *et al.*, 1999).

### 3.7 Los aminoácidos excitatorios y la reproducción

En la pituitaria la LH es secretada episódicamente en respuesta a una descarga rítmica de la hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH) del hipotálamo. Investigaciones realizadas han identificado un número de neuropeptidos y aminoácidos que pueden afectar rápidamente la liberación de LH de la pituitaria en ratas. Sin embargo la relación funcional precisa entre estas moléculas mensajeras en el circuito neuronal hipotalámico que regula los episodios de secreción de LH no se clara, aunque la evidencia experimental muestra que los miembros de ciertas familias peptídicas, incluyendo los péptidos endógenos taquicinas y citocinas, inhiben en ratas machos castrados, la liberación de LH en varios rangos. Evaluaciones comparativas revelaron que la  $\beta$ -endorfina ( $\beta$ END), el neuropéptido-K (NPK), y la interleucina-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), son entre los opioides, los más potentes inhibidores de liberación de LH taquicinas y citocinas respectivamente, y que la supresión de LH inducida por estos péptidos puede ser atribuida principalmente a la disminución en la liberación de LHRH hipotalámica y que es posible que estos péptidos inhiban la secreción directamente al activar a los receptores de las neuronas LHRH. (Bonavera *et al.*, 1993).

Estudios recientes en la rata han implicado que los aminoácidos excitadores (EAA), tales como L-glutamato, pueden estar involucrados en el control hipotalámico de liberación de la LH. La evidencia de apoyo se deriva de estudios que demuestran que la administración del agonista del receptor del glutamato N-methyl-D-aspartato (NMDA), estimula rápidamente la liberación de la LH en ratas machos no castradas, mediante la activación de la secreción de LHRH hipotalámica, y que el bloqueo de los receptores EAA con antagonistas competitivos y no competitivos de los receptores de NMDA, disminuyen la secreción episódica de la LH en ratas castradas. Estos hallazgos concuerdan con el punto de vista de que los receptores EAA constituyen un componente excitatorio importante del circuito hipotalámico, responsable de la descarga intermitente de LHRH en ratas castradas y no castradas (Bonavera *et al.*, 1993).

Durante la década de los 90's se realizó un significativo progreso en la comprensión de las vías señaladoras que resaltan las interacciones entre los sistemas endocrino y neural en el cuerpo. Importantísimo en el logro de este progreso fue el reconocimiento reciente del papel prominente que el neurotransmisor glutamato tiene en el control de la función celular, el cual debido a que sus receptores se localizan en una variedad de núcleos hipotalámicos, críticos para la reproducción y la función neuroendocrina, se supone que los aminoácidos excitadores (AAE) pueden desempeñar un papel crítico importante en el control de los procesos reproductivos y procesos neuroendocrinos tales como pubertad, pulsatilidad, la oleada de gonadotropinas a la mitad del ciclo, el comportamiento reproductivo, y el estrés (Brann y Mahesh, 1997).

El glutamato, aminoácido excitador, funciona como mediador primario de la transmisión sináptica en el Sistema Nervioso Central. El glutamato se almacena en las vesículas sinápticas de la terminación presináptica terminal hasta que es liberado por la despolarización dependiente de un  $\text{Ca}^{2+}$ . Las concentraciones del glutamato en la hendidura sináptica pueden alcanzar niveles milimolares. Además hay evidencia que el aspartato está localizado en vesículas sinápticas en varias partes del cerebro y puede funcionar como un transmisor. Sin embargo, la mayoría de la evidencia disponible hasta la fecha sugiere que el glutamato es principal AAE endógeno en el SNC que media la neurotransmisión sináptica excitatoria a través de los receptores de los AAE (Brann y Mahesh, 1997).

El glutamato parece desempeñar un papel central en la regulación de la reproducción mediante señales esteroidales en el hipotálamo para controlar la secreción hipofisiaria de LH, provocando que los esteroides gonadales intensifiquen la liberación del glutamato hipotalámico durante el momento de la oleada de la LH, así como refuerza los niveles del receptor AMPA en el hipotálamo (Brann y Mahesh, 1997). Habiéndose reportado por primera vez que el glutamato puede estimular la secreción de la LH en 1976, cuando se administro por vía subcutánea y la vía intracerebroventricular, se demostró que el tratamiento con

glutamato incremento en forma visible, la liberación de la LH en las ratas adultas masculinas sin afectar la liberación de FSH. Se sugirió así, que el efecto del glutamato se debe a la secreción de la LH por acción directa en un sitio hipotalámico, puesto a que la inyección del glutamato directa en la pituitaria no tuvo efecto en los niveles del plasma de la LH o de FSH (Brann y Mahesh, 1997). Los AAE controlan la secreción hipotalámica de la LH estimulando la secreción del GnRH. Al parecer, Los AAE controlan la secreción de la LH hipotalámica vía efectos reguladores ejercidos sobre la secreción hipotalámica de GnRH. Así, existen evidencias que el glutamato puede regular comportamiento reproductivo en hembras y machos (Brann y Mahesh, 1997).

En el ganado caprino no se tienen estudios acerca del efecto de la administración de aminoácidos excitatorios sobre la reproducción a pesar de ser una región con una alta población de animales de esta especie y con condiciones ambientales que afectan la capacidad productiva del ganado, por lo que la administración de L-glutamina pudiera tener efectos benéficos sobre el comportamiento reproductivo en esta especie. El propósito de este experimento fue evaluar el efecto que la administración de L-glutamina sobre el comportamiento reproductivo hembras caprinas, para lo cual, se evaluó la producción de folículos totales, cuerpos lúteos totales, actividad ovárica total, y los niveles séricos de progesterona, en cabras explotadas en forma intensiva en la Comarca Lagunera.

## 4 Materiales y métodos

Para evaluar el efecto de la administración de aminoácidos excitatorios sobre la actividad ovárica y la producción de progesterona, se utilizaron 22 cabras encastadas de razas Alpina, Saanen, Toggenburg, Granadina de 4 años de edad, sexualmente maduras, no gestantes alojadas en las instalaciones de la Unidad de Experimentación Caprina Sur, de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH), de Tlahualilo, Durango. A 26°06' LN y 103°26' LO, a una altitud de 1092 msnm.

Las cabras se alojaron en corrales con sombra disponible todo el día. La alimentación consistió en (14% PC; 1.14 Mcal/kg Enm), y silo de maíz (8.1% PC; 1.62 Mcal/kg Enm). Las cabras tuvieron acceso libre a agua, sales minerales.

El primer día del experimento (1 de octubre de 2002), las cabras se distribuyeron en forma aleatoria en dos lotes experimentales, Grupo aminoácidos excitatorios (AAE) con 10 cabras con un peso vivo promedio de 45.83 ( $\pm$  4.37 kg), y Grupo Control (CONT), con 12 cabras con un peso vivo promedio de 46.208 ( $\pm$  5.87 kg).

El día 16, todas las cabras se sometieron a sincronización mediante la aplicación de una esponja impregnada de progesterona (Intervet, International, B.V., Boxmeer-Holanda) con un aplicador para inserción de las esponjas vaginales (Intervet, International B.V., Francia). El día 24 se aplicó Cloprostenol (Prosolvín C<sup>R</sup>, Intervet International B.V., Boxmeer-Holanda), producto sintético y análogo de la PGF<sub>2</sub> $\alpha$  a razón de 0.075 mg/cabra<sup>1</sup>. El día 27, se removieron las esponjas de progesterona, presentándose el estro el día 29 del experimento.

Las cabras del grupo AAE, recibieron una infusión endovenosa de 7.0 mg kg<sup>-1</sup> de peso vivo de L-glutamina (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Merck, Alemania) los días 1, 9, 14 y 17 después del estro. La L-glutamina fue disuelta en agua destilada y llevada a un pH neutro con ácido clorhídrico. A las cabras del grupo CONT se les administró 0.0875 ml de agua destilada y esterilizada por kg<sup>-1</sup> de peso vivo por vía

intravenosa, al mismo tiempo que se administraron las infusiones de L-glutamina al grupo AAE, a fin de simular el manejo y el estrés y de la administración de al que fueron sometidas las cabras del grupo AAE.

El día 18 post-estro se realizó un muestreo de sangre cinco cabras por tratamiento a intervalos de 15 minutos durante un período de 6 horas, mediante punción yugular, utilizando agujas estériles de 0.8 x 38 mm (Precisión Glide™ Becton Dickinson VACUTAINER Systems, N.J., USA), y tubos colectores estériles Vacutainer de 10 ml. Para la obtención de suero las muestras se dejaron reposar durante 20 minutos a temperatura ambiente hasta observarse la formación del coágulo y luego centrifugarlas a 1800 rpm durante 15 minutos. De cada muestra de suero se hicieron dos alícuotas y se colectaron en microtubos de polipropileno MCT-150-C (Axigen<sup>R</sup> Scientific, INC., Unión City, CA., USA) de 1.5 ml, manteniéndose en congelación a -18°C hasta su análisis posterior

Para la determinación progesterona (P4), se utilizó radio inmuno análisis (RIA). El RIA fue corrido en el laboratorio del Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Estatal de Nuevo México, USA. La actividad ovárica (Folículos totales -FT-, cuerpos lúteos totales -CLT- y actividad ovárica total -AAT-) fue medida mediante ultrasonografía el día 18 post-ovulación del segundo estro respecto a la sincronización.

Los datos del experimento se analizaron mediante mínimos cuadrados de varianza, usando el procedimiento Modelo General Linear (SAS, 1991). El modelo matemático usado para el análisis de los datos, incluyó los efectos principales del tratamiento sobre las variables dependientes: producción de folículos totales, cuerpos lúteos totales, actividad ovárica total, y los niveles séricos de progesterona.

## 5 Resultados

Para evaluar el efecto que la administración de aminoácidos excitatorios (AAE) tiene sobre el comportamiento reproductivo de hembras caprinas se evaluaron diferentes indicadores morfológicos y hormonales en cabras con o sin la administración de L-glutamina.

En el Cuadro 1 se observan los resultados relativos a los indicadores morfológicos: el número de folículos totales, cuerpos lúteos totales y la actividad ovárica total, en las cabras sujetas al experimento, en donde se aprecia que las cabras a las que se les administró L-glutamina no tuvieron un comportamiento reproductivo diferente en relación a la producción de folículos totales, comparadas con las cabras del grupo control (5.3 vs 3.5 respectivamente), ni en la producción de cuerpos lúteos totales (2.9 vs 2.8 respectivamente). Sin embargo, la actividad ovárica total fue mayor ( $P < 0.08$ ) en el grupo administrado con L-glutamina (8.2) que en el grupo Cont (6.3).

**Cuadro 1.** Medias de mínimos cuadrados para folículos totales (FT), cuerpos lúteos totales (CLT) y actividad ovárica total (AOT) en cabras tratadas con L-glutamina (AAE) y en cabras testigo (CONT) de la Comarca Lagunera

Variables	AEE	CONT	NSO <sup>2</sup>	EE <sup>3</sup>
FT	5.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	0.08	0.6
CLT	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	0.16	0.2
AOT	8.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>b</sup>	0.08	1.4

<sup>1</sup> Al no existir interacción entre efectos principales, se reportan las medias de mínimos cuadrados para efectos principales  $\pm$  EE.

<sup>2</sup> Nivel de significancia observado.

<sup>3</sup> EE, error estándar de medias de mínimos cuadrados más conservador

En el Cuadro 2 se puede observar que el número de cuerpos lúteos totales no fue diferente entre los dos grupos experimentales (2.9 vs 2.8). Tampoco, los niveles séricos de progesterona fueron diferentes ( $P < 0.12$ ) entre ambos grupos, aunque existió una tendencia a ser superiores en el grupo AAE.

**Cuadro 2.** Medias de mínimos cuadrados para cuerpos lúteos totales (CLT) y niveles séricos ( $\text{ng mL}^{-1}$ ) de progesterona (P4), los días 4, 8 12 y 16 del ciclo estral en cabras tratadas con L-glutamina (AAE) y en cabras testigo (CONT) de la Comarca Lagunera

Variabes	AAE	CONT	NSO <sup>2</sup>	EE <sup>3</sup>
CLT	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	0.16	0.2
P4	4.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	0.12	0.3

<sup>1</sup>Al no existir interacción entre efectos principales, se reportan las medias de mínimos cuadrados para efectos principales  $\pm$  EE.

<sup>2</sup>Nivel de significancia observado

<sup>3</sup>EE, error estándar de medias de mínimos cuadrados más conservador.

## 6 Discusión

Evidencias científicas demuestran que los aminoácidos excitatorios pueden estar involucrados en el control hipotalámico de liberación de la LH afectando en forma positiva la capacidad de producción de óvulos y su calidad en los mamíferos. Sin embargo, no existe suficiente información respecto a la posibilidad del uso de estos aminoácidos para incrementar la capacidad reproductiva en animales domésticos.

Para evaluar el efecto de la suplementación de los aminoácidos excitatorios sobre el comportamiento reproductivo de las hembras caprinas, se evaluaron diferentes indicadores morfológicos y hormonales en cabras sujetas a la administración de L-glutamina y no administradas con este aminoácido, lo que pudiera ser una estrategia para aumentar los índices reproductivos en cabras de la Comarca Lagunera, debido a que el glutamato puede estimular la secreción de la LH y de este modo, afectar positivamente el proceso reproductivo (Brann y Mahesh, 1997).

Los resultados obtenidos en este experimento muestran que la administración de L-glutamina en cabras adultas y reproductivamente sanas no afectan la capacidad de formar folículos ováricos ni cuerpos lúteos, ( $P > 0.1$ ), pero sí afectan en forma positiva ( $P < 0.08$ ) la actividad ovárica total, ya que ésta fue de 8.2 en los animales tratados con L-glutamina vs 6.3 en las cabras del grupo control.

Por otra parte, tampoco se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.1$ ) en los niveles séricos de progesterona detectados en los animales de ambos grupos experimentales.

Estos resultados sugieren que en cabras, la L-glutamina no tiene un efecto directo sobre la capacidad de producir folículos ováricos y cuerpos lúteos, y por lo tanto no afectan los niveles plasmáticos de progesterona, hormona producida por el cuerpo lúteo en las primeras etapas de la preñez y dependiente, al igual que la

hormona luteinizante, de la capacidad reguladora hipotalámica de moléculas tales como los aminoácidos excitatorios (Bonavera *et al.*, 1993).

Sin embargo, la actividad ovárica fue superior ( $P < 0.08$ ) en las cabras del grupo AAE (8.2) que en las cabras del grupo CONT (6.3), lo que sugiere que es probable tener un efecto benéfico sobre los indicadores reproductivos de las hembras caprinas cuando se les administran aminoácidos excitatorios.

En el experimento no pudimos seguir el efecto de la L-glutamina más allá de los eventos reproductivos de la ovulación, ya que las hembras utilizadas no fueron preñadas por aspectos ajenos a la investigación. Es necesario que se determine en estudios complementarios el efecto de estos aminoácidos sobre otros indicadores reproductivos como la tasa de fecundación, la capacidad de anidación y de supervivencia embrionaria y la relación de nacidos por exposición y por preñez.

Se sugiere continuar investigando el efecto de estas sustancias en mamíferos productivos, ya que es probable que incrementando el tamaño de muestra y controlando aspectos relativos a la temporada en que se utilizan los aminoácidos así como variables relativas a otras etapas reproductivas, se puedan obtener resultados que permitan concluir con mayor precisión sobre el papel que los aminoácidos excitatorios tienen en la reproducción de los animales domésticos, específicamente en el caso de los rumiantes.

## 7 Literatura citada

- Abdalla, E. B., E. A. Kotby y H. D. Johnson. 1993. Physiological responses to heat-induced hyperthermia of pregnant and lactating ewes. *Small Ruminant Research* 11: 125-134.
- Abdelatif, A. M. y M. M. M. Amhed. 1994. Water restriction, thermoregulation, blood constituents and endocrine responses in sudanese desert sheep. *Journal of Arid Environment* 26: 171-180.
- Aganga, A. A. 1992. Water utilization by sheep and goats in northern nigeria. *World Animal Review* 73: 9-14.
- al-Katanani, Y. M., D. W. Webb y P. J. Hansen. 1999. Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating holstein cows in a hot climate. *J Dairy Sci* 82: 2611-2616.
- Amoah, E. A. y S. Gelaye. 1997. Biotechnological advances in goat reproduction. *Journal of Animal Science* 75: 578-585.
- Amoah, E. A., S. Gelaye, P. Guthrie y C. E. Rexroad, Jr. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *Journal of Animal Science* 74: 723-728.
- Arbiza, A. S. I. 1986. Producción de caprinos. A.G.T. Editor, México.
- Arechiga, C. F., A. D. Ealy y P. J. Hansen. 1995. Evidence that glutathione is involved in thermotolerance of preimplantation murine embryos. *Biol Reprod* 52: 1296-1301.
- Arechiga, C. F. y P. J. Hansen. 1998. Response of preimplantation murine embryos to heat shock as modified by developmental stage and glutathione status. *In Vitro Cell Dev Biol Anim* 34: 655-659.
- Arechiga, C. F., C. R. Staples, L. R. McDowell y P. J. Hansen. 1998a. Effects of timed insemination and supplemental beta-carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *J Dairy Sci* 81: 390-402.
- Arechiga, C. F., S. Vazquez-Flores, O. Ortiz, J. Hernandez-Ceron, A. Porras, L. R. McDowell y P. J. Hansen. 1998b. Effect of injection of beta-carotene or

vitamin E and selenium on fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology* 50: 65-76.

Arikan, S. y R. G. Rodway. 2000. Effects of high density lipoprotein containing high or low  $\beta$ -carotene concentrations on progesterone production and  $\beta$ -carotene uptake and depletion by bovine luteal cells. *Animal Reproduction Science* 62: 253-263.

Bell, A. W., B. W. McBride, R. Slepatis, R. J. Early y W. B. Currie. 1989. Chronic heat stress and prenatal development in sheep: I. Conceptus growth and maternal plasma hormones and metabolites. *Journal of Animal Science* 67: 3289-3299.

Bonavera, J. J., S. P. Kalra y P. S. Kalra. 1993. Evidence that luteinizing hormone suppression in response to inhibitory neuropeptides, beta-endorphin, interleukin-1 beta, and neuropeptide-k, may involve excitatory amino acids. *Endocrinology* 133: 178-182.

Brann, D. W. y V. B. Mahesh. 1997. Excitatory amino acids: Evidence for a role in the control of reproduction and anterior pituitary hormone secretion. *Endocr Rev* 18: 678-700.

Butler, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 60-61: 449-457.

Collier, R. J., D. K. Beede, W. W. Thatcher, L. A. Israel y C. J. Wilcox. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J Dairy Sci* 65: 2213-2227.

de Castro, T., E. Rubianes, A. Menchaca y A. Rivero. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology* 52: 399-411.

Devendra, C. 1980. Milk production in goats compared to buffalo and cattle in humid tropics. *Journal of Dairy Science* 63: 1755-1767.

Devendra, C. 1987. Goats. In: H. D. Johnson (ed.) *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. p 157-168. Elsevier, Amsterdam.

Dobson, H. y R. F. Smith. 2000. What is stress, and how does it affect reproduction? *Animal Reproduction Science* 60-61: 743-752.

- Dreiling, C. E., F. S. Carman, 3rd y D. E. Brown. 1991. Maternal endocrine and fetal metabolic responses to heat stress. *J Dairy Sci* 74: 312-327.
- Du Preez, J. H., P. J. Hattingh, W. H. Giesecke y B. E. Eisenberg. 1990. Heat stress in dairy cattle and other livestock under southern african conditions. Ii monthly temperature- humidity index mean values and their significance in the performance of dairy cattle. *Onderstepoort Journal veterinary Research* 57: 243-248.
- Du Preez, J. H., S. J. Terblanche, W. H. Giesecke, C. Maree y M. C. Welding. 1991. Effect of heat stress on conception in a dairy herd model under south african conditions. *Theriogenology* 35: 1039-1049.
- Ealy, A. D., C. F. Arechiga, D. R. Bray, C. A. Risco y P. J. Hansen. 1994. Effectiveness of short-term cooling and vitamin e for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. *J Dairy.Sci* 77: 3601-3607.
- Ealy, A. D., M. Drost, C. M. Barros y P. J. Hansen. 1992. Thermoprotection of preimplantation bovine embryos from heat shock by glutathione and taurine. *Cell Biol Int Rep* 16: 125-131.
- Edey, T. N. 1969. Factors associated with prenatal mortality in the sheep. *J Reprod Fertil* 19: 386-387.
- El Aich, A. y A. Waterhouse. 1999. Small ruminants in environmental conservation. *Small Ruminant Research* 34: 271-287.
- Ferrel, C. L. y T. G. Jenkins. 1985. Cow type and the nutritional environment: Nutritional aspects. *Journal of Animal Science* 61: 725-741.
- Gall, C. F. 1991. Breed differences in adaptation of goats. In: K. Maijala (ed.) *Genetic resources of pig, sheep and goat, world animal science, b8.* Elsevier, Amsterdam.
- Garland, T., Jr. y P. A. Carter. 1994. Evolutionary physiology. *Annu Rev Physiol* 56: 579-621.
- Goyal, S. P. y P. K. Ghosh. 1987. A note on the measurement of heat exchange by radiotelemetry in black desert goats during winter. *Journal of Agricultural Science (Camb)* 108: 509-510.
- Greyling, J. P. 2000. Reproduction traits in the boer goat doe. 36: 171-177.

- Hansen, P. J. y C. F. Arechiga. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cows. *J Anim Sci* 77.
- Holmes, J. H., S. Prasetyo, H. M. Miller y E. A. Scheurmann. 1986. Effect of chronic heat load during pregnancy on birth weight, behaviour and body composition of australian feral goat kids. *Trop Anim Health Prod* 18: 185-190.
- Johnson, H. D. 1987. Bioclimates and livestock. In: H. D. Johnson (ed.) *Bioclimatology and adaptation of livestock*. p 3-16. Elsevier, Amsterdam.
- Johnson, H. D., R. Li, W. Manalu, K. J. Spencer-Johnson, B. A. Becker, R. J. Collier y C. A. Baile. 1991. Effects of somatotropin on milk yield and physiological responses during summer farm and hot laboratory conditions. *J Dairy Sci* 74: 1250-1262.
- Kawate, N., N. Morita, M. Tsuji, H. Tamada, T. Inaba y T. Sawada. 2000a. Roles of pulsatile release of lh in the development and maintenance of corpus luteum function in the goat. *Theriogenology* 54: 1133-1143.
- Kawate, N., N. Morita, M. Tsuji, H. Tamada, T. Inaba y T. Sawada. 2000b. Anovulation to a luteinising hormone surge in an aged goat with follicular cysts. *Vet Rec* 147: 272-274.
- Khan, M. S. y P. K. Gosh. 1989. Physiological responses of desert sheep and goats to grazing during summer and winter. *Indian Journal of Animal Sciences* 59: 600-603.
- Khan, M. S., P. K. Gosh y T. O. Sasidharan. 1978. Effect of acute water restriction on plasma proteins and on blood urinary electrolytes in barmer goats of the rajasthan desert. *J agric Sci (Camb)* 91: 395-398.
- Lu, C. D. 1989. Effects of heat stress on goat production. *Small Ruminant Reserarch* 2: 151-162.
- Malayer, J. R. y P. J. Hansen. 1990. Effect of in vitro heat shock upon the synthesis and secretion of prostaglandines and protein by uterine and placental tissues of the sheep. *Theriogenology* 34: 231-249.
- Maltz, E. y A. Shkolnik. 1980. Milk production in the desert: Lactation and water economy in the black bedouin goat. *Physiological Zoology* 53: 12-18.

- Maltz, E., N. Silanikove y A. Shkolnik. 1982. Energy cost and water requirement of black bedouin goats at different levels of production. *Journal of Agricultural Science (Camb)* 98: 499-504.
- Mason, I. L. 1991. Classification and distribution of goat breeds. In: K. Maijala (ed.) *Genetic resources of pig, sheep and goat, world animal science No. B8*. p 411-413. Elsevier, Amsterdam.
- Mathur, B. K., J. P. Mittal, A. C. Mathur y M. C. Bhandari. 1991. Effect of drought on wool production in chokla and nali sheep maintained on desert rangeland. *Journal of Animal Science* 61: 80-83.
- Mazcorro, V. E., H. J. De la Fuente, E. M. L. Jiménez y H. M. González. 1991. La producción agropecuaria en la Comarca Lagunera. Su evolución reciente: 1960 - 1990. U.A.Ch., México.
- McCracken, J. A., E. E. Custer y J. C. Lamsa. 1999. Luteolysis: A neuroendocrine-mediated event. *Physiol Rev* 79: 263-323.
- Montaldo, H., A. Juárez, J. M. Berruecos y F. Sánchez. 1995. Performance of local goats and their backcrosses with several breeds in Mexico. *Small Ruminant Research* 16: 97-105.
- Morand-Fher, P. y J. Boyazoglu. 1999. Present state and future outlook of the small ruminant sector. *Small Ruminant Research* 34: 175-188.
- Nagy, K. A. 1994. Seasonal water, energy and food use by free-living, arid-habitat mammals. *Aust. J. Zool* 41: 55.
- Nozawa, K. 1991. Domestication and history of goats. In: K. Maijala (ed.) *Genetic resources of pig, sheep and goat, world animal science, b8*. p 391-404. Elsevier, Amsterdam.
- Robinson, N. A., K. E. Leslie y J. S. Walton. 1989. Effect of treatment with progesterone on pregnancy rate and plasma concentrations of progesterone in holstein cows. *J Dairy Sci* 72: 202-207.
- SAS. 1991. *Stat user's guide*. SAS, Instituto, Inc., Cary, N.C.
- Saucedo, M. P. 1984. *Historia de la ganadería en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Schacht, W. H., J. R. Kavas y J. C. Malechek. 1992. Effects of supplemental urea and molasses on dry season weight gains of goats in semiarid tropical woodland, Brazil. *Small Ruminant Research* 7: 235-244.
- Schmidt Jr, R. H. 1989. The arid zones of Mexico: Climate extremes and conceptualization of the Sonoran desert. *Journal of Arid Environment* 16: 241-256.
- Sharma, K. D. 1991. Water resources - an overview of the world deserts. *Agriculture* 30: 283-300.
- Shearer, J. K. y D. K. Beede. 1990. Heat stress. 2. Effects of high environmental temperature on production, reproduction, and health of dairy cattle. *Agri-Practice* 11.
- Shkolnik, A., E. Maltz y S. Gordin. 1980. Desert conditions and goat milk production. *Journal of Dairy Science* 63: 1749-1754.
- Silanikove, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research* 35: 181-193.
- Sinn, R., J. Ketzis y T. Chen. 1999. The role of woman in the sheep and goat sector. *Small Ruminant Research* 34: 259-269.
- Stott, G. H. 1981. What is animal stress and how is it measured? *Journal of Animal Science* 52: 150-153.
- Trout, J. P., L. R. McDowell y P. J. Hansen. 1998. Characteristics of the estrous cycle and antioxidant status of lactating Holstein cows exposed to heat stress. *J Dairy Sci* 81: 1244-1250.
- von Borell, E. 1995. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. *Applied Anim and Behavioural Science* 44: 219-227.
- West, J. W. 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *J Anim Sci* 77: 21-35.
- Wolfenson, D., Z. Roth y R. Meidan. 2000. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: Basic and applied aspects. *Animal Reproduction Science* 60-61: 535-547.