

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**DETERMINACIÓN DEL INICIO DE LA PUBERTAD EN  
MACHOS CABRÍOS DE LA RAZA ALPINO NACIDOS  
DURANTE EL INVIERNO EN EL SUBTRÓPICO  
MEXICANO**

**POR:**

**OSCAR ÁNGEL GARCÍA**

**TESIS:**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Torreón, Coahuila, México**

**Septiembre, 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**



**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**DETERMINACIÓN DEL INICIO DE LA PUBERTAD EN  
MACHOS CABRÍOS DE LA RAZA ALPINO NACIDOS  
DURANTE EL INVIERNO EN EL SUBTRÓPICO  
MEXICANO**

**POR:**

**OSCAR ÁNGEL GARCÍA**

**ASESOR PRINCIPAL**

---

**DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS**

**Torreón, Coahuila, México**

**Septiembre, 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**POR:**

**OSCAR ÁNGEL GARCÍA**

**ASESOR PRINCIPAL**

---

**DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS**

**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

---

**M.C. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS**

**Torreón, Coahuila, México**

**Septiembre, 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**PRESIDENTE DE JURADO**

---

**DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS**

**VOCAL**

---

**DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**VOCAL**

---

**M.V.Z. CUAUHTÉMOC FÉLIX ZORRILLA**

**VOCAL SUPLENTE**

---

**M.C. PATRICIA LARA GALVÁN**

**Torreón, Coahuila, México**

**Septiembre, 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**DETERMINACIÓN DEL INICIO DE LA PUBERTAD EN  
MACHOS CABRÍOS DE LA RAZA ALPINO NACIDOS  
DURANTE EL INVIERNO EN EL SUBTRÓPICO  
MEXICANO**

**TESIS**

**POR:**

**OSCAR ÁNGEL GARCÍA**

**Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría**

**ASESOR PRINCIPAL:**

**Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras**

**ASESORES:**

**Dr. Evaristo Carrillo Castellanos  
Dr. Horacio Hernández Hernández**

**Torreón, Coahuila, México**

**Septiembre, 2007**

## *Dedicatoria*

*Dedico esta tesis con todo respeto, cariño y amor a quienes siempre se esforzaron para brindarme su gran apoyo para culminar mi carrera.*

*A mis padres*

*Adán Ángel Chávez*

*Gaudencia García Venancio*

*Les agradezco infinitivamente por haberme dado la vida por todo la comprensión cariño y amor que me han brindado siempre; por enseñarme a mis hermanos y a mi a seguir adelante para ser alguien en la vida y no desmayar en el camino.*

*Mil gracias por todos los sacrificios y esfuerzos que han hecho por mí, sin importarles todo lo que han sufrido para darme la educación, y sobre todo por tenerlos a mi lado.*

*A mis hermanos*

*Con mucho cariño, amor y con todo el respeto y admiración que se merecen, gracias por darme todo su apoyo, cariño y comprensión en el transcurso de mi carrera, sus consejos brindados durante mi formación profesional, muchas gracias hermanos los quiero mucho.*

*A mis queridos abuelos y tíos gracias por sus consejos que me brindaron.*

*A todas las personas que me supieron dar un consejo y me dieron ánimos para concluir mi formación profesional.*

## *Agradecimientos*

*A dios sobre todas las cosas le doy las gracias por haberme dado la vida, por estar conmigo en todos los momentos, por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida.*

*A mis padres por haberme dado todo su apoyo y que siempre estuvieron conmigo en el transcurso de mi carrera en las buenas y en las malas, y que jamás me han dejado de apoyar, los llevo en mi corazón.*

*A mi tía Epifanía Victorino Chávez (†), gracias por todos sus consejos y apoyo durante mis estudios.*

*A mis hermanos, Benjamín, Oliver, Alcibíades, Erubiel, y a Yesi, les agradezco todo el apoyo incondicional y sus consejos que me brindaron durante mi carrera, gracias hermanos.*

*A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, mi "Alma Terra Mater" por darme la oportunidad de poder terminar mi carrera.*

*Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), por la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación en el área de Reproducción Animal y a todos los investigadores que lo integran.*

*Al Instituto Tecnológico de Torreón, por permitirme realizar el trabajo experimental en el área del sector pecuario.*

*A mi asesor de tesis Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, gracias por brindarme la oportunidad de trabajar con él en este trabajo de investigación.*

*A Dr. Evaristo Carrillo Castellanos gracias por su apoyo brindado en este trabajo.*

*A Martín Francisco y Oscar Martínez gracias por su apoyo brindado en el trabajo experimental.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCION.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Endocrinología de la pubertad.....	3
2.2 Pubertad en los caprinos y ovinos.....	5
2.2.1 Factores que influyen en el inicio de la pubertad.....	5
2.2.2 Fotoperíodo y época de nacimiento.....	5
2.2.3 Peso corporal, alimentación, raza y sexo.....	8
OBJETIVO.....	11
HIPÓTESIS.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Lugar del estudio.....	12
3.2 Animales experimentales y manejo.....	12
3.3 Variables determinadas .....	12
3.3.1 Peso corporal.....	12
3.3.2 Condición corporal.....	13
3.3.3 Peso testicular.....	13
3.3.4 Circunferencia testicular.....	13
3.3.5 Determinación de la pubertad.....	14
3.4 Análisis estadísticos del peso corporal, peso testicular, circunferencia testicular.....	14
IV. RESULTADOS .....	15
4.0 Condición corporal.....	15
4.1 Peso corporal y ganancia diaria de peso del destete a la pubertad.....	16
4.2 Peso testicular.....	17
4.3 Circunferencia testicular.....	18
V. DISCUSIÓN.....	19
VI. CONCLUSIÓN.....	21
VII. REFERENCIAS.....	22



## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>Figura 1.</b> Proyección de las neuronas de GnRH hacia a la pituitaria directamente en la eminencia media y la secreción de las hormonas esteroideas de las gónadas.	4
<b>Figura 2.</b> Edad a la primera ovulación en condiciones ambientales naturales, en hembras nacidas en primavera o en otoño.	6
<b>Figura 3.</b> El tiempo de la primera ovulación en hembras nacidas en otoño criadas en fotoperíodo natural o inverso.	7
<b>Figura 4.</b> El crecimiento corporal de los corderos en fotoperíodos opuestos.	9
<b>RESULTADOS</b>	
<b>Figura 5.</b> Evolución de la condición corporal de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano.	15
<b>Figura 6.</b> Evolución del peso corporal de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano.	16
<b>Figura 7.</b> Evolución del peso testicular de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano.	17
<b>Figura 8.</b> Evolución de la circunferencia escrotal de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano.	18

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Comarca Lagunera del estado de Coahuila en el subtrópico Mexicano (Latitud 26° 23' N). El objetivo de la presente investigación fue determinar el inicio de la pubertad en los machos cabríos de la raza Alpino nacidos durante el invierno en condiciones del subtrópico. Se utilizaron 9 machos Alpinos nacidos en la época natural de partos (1 de enero del 2006  $\pm$  1.3 días). Durante todo el estudio, estos machos permanecieron bajo un sistema de explotación intensivo, y durante todo el estudio la alimentación que recibieron fue a base de heno de alfalfa a libre acceso, más 100 g de alimento comercial (14 % de proteína cruda, 2.5 Mcal/Kg) por día y por animal. Las variables que se determinaron fueron: peso testicular, peso corporal, condición corporal, y evaluación de la calidad espermática. Se considero que un macho inicio en pubertad cuando se encontró por lo menos una célula espermática viable en el eyaculado. La edad a la pubertad en los machos fue a los 193  $\pm$  4.6 días y con una condición corporal de 3.8  $\pm$  0.1. El peso corporal a la pubertad fue de 25.1  $\pm$  0.7 kg. La ganancia diaria de peso fue de 85  $\pm$  6 g, la cual fue correlacionada negativa ( $r = -0.852$ ,  $P > 0.003$ ) con la fecha de inicio de la pubertad. El peso testicular a la pubertad fue de 65.6  $\pm$  4.0 g y existió una tendencia negativa en la correlación de este con la edad a la pubertad ( $r = -0.606$ ,  $P = 0.08$ ). Los resultados obtenidos permiten concluir que los machos cabrios de la raza Alpino presentan su pubertad aproximadamente a los 6.5 meses, lo cual es más tarde que lo observado en los caprinos Criollos de esta región.

## I. INTRODUCCIÓN

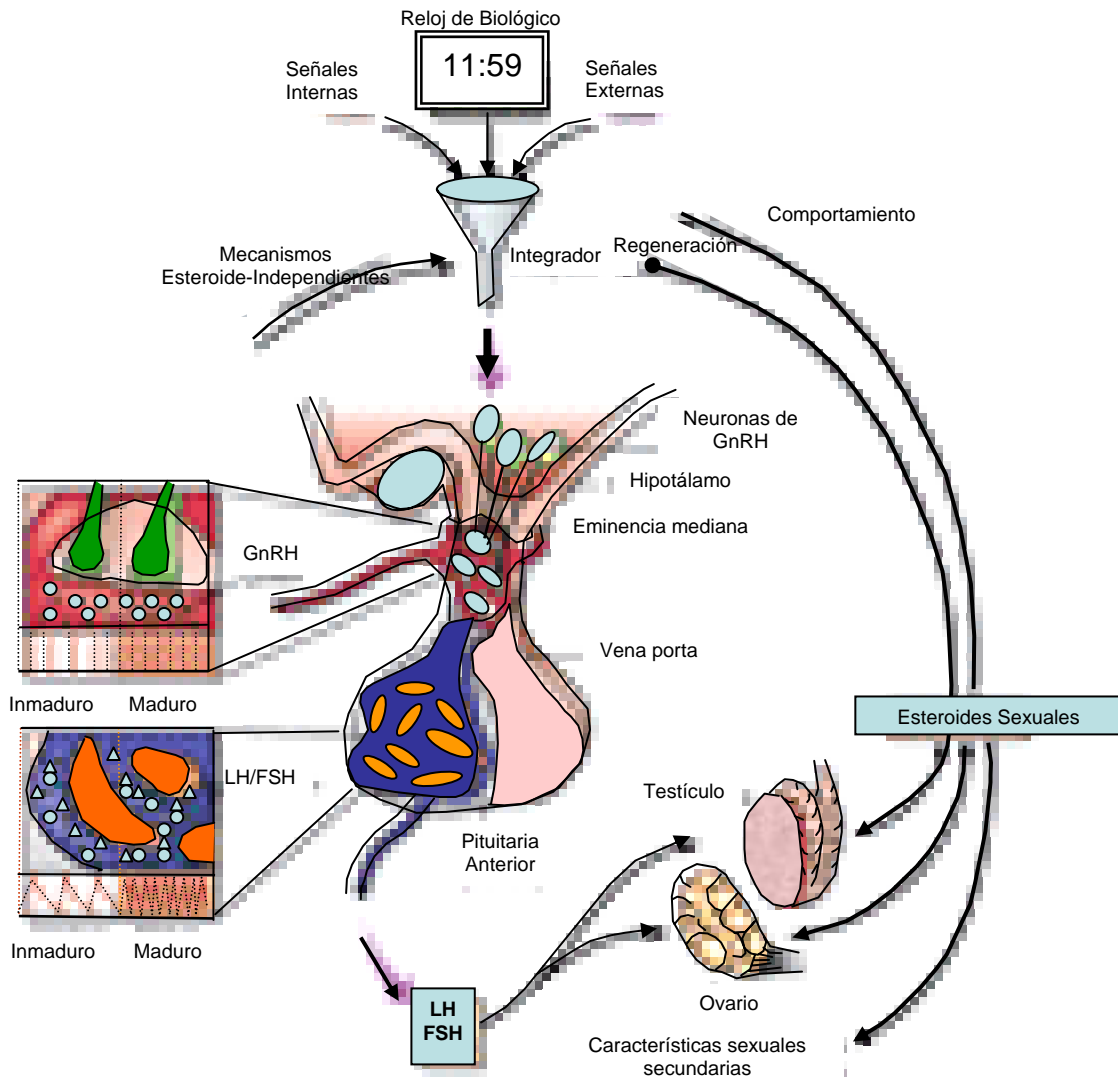
El ganado caprino es una de las especies domesticas que se destacan en la ganadería por su gran capacidad para producir leche, carne, piel, donde otras especies domésticas no pueden subsistir en áreas como las regiones áridas y semiáridas (Carrera, 1984). En los países en vías de desarrollo la carne y la leche de cabra representa una fuente importante de alimento para los caprinocultores, además que les permiten tener un ingreso por la venta de estos (Corcy, 1993). El número de cabras en el mundo es aproximadamente de 600 millones, en México existen alrededor de 10 millones (Siglo de Torreón, 2006). Por lo anterior la caprinocultura tiene una importancia económica en el país sin embargo, el conocimiento de su fisiología reproductiva su manejo y la aplicación de nuevas técnicas reproductivas ha sido relegada a lugares secundarios (Cantú, 2004). En la Comarca Lagunera la población caprina es de aproximadamente 463 mil cabezas (Siglo de Torreón, 2006), en donde aproximadamente el 90% de estas cabras es ganado llamado local. Sin embargo, para aumentar la productividad láctea de estas cabras, en la actualidad los caprinocultores tienden a mejorar su ganado utilizando razas puras como la Alpino. La finalidad primordial de esta raza es la producción de leche. Con el fin de aumentar la productividad de estos caprinos es importante conocer su fisiología reproductiva de las razas puras adaptadas en la región. Por ejemplo, la estacionalidad reproductiva y la edad a la pubertad, ya que estas pueden ser diferentes a las registradas en otras partes como las zonas templadas o tropicales, condiciones ambientales que pueden ser muy diferentes (fotoperíodo, temperatura, precipitación pluvial, etc.). Asimismo, la edad a la pubertad en los machos (primer célula espermática viable en el eyaculado) la cual puede influir en la productividad de los hatos caprinos, se puede alcanzar la pubertad más rápidamente con la cual podría adelantarse en el progreso genético. De esta manera se eficientiza la reproducción de la especie. Sin embargo, la edad a la pubertad puede ser variable ya que es influenciada por diversos factores como la raza de los animales, la estacionalidad reproductiva, la alimentación, etc. (Foster, 1981; Wood et al., 1991; Delgadillo et al., 1997; Freitas et al., 2004). Sin embargo, hasta hoy no hay estudios que nos indiquen cual es la edad a la pubertad de razas puras especializadas en la producción de leche como es el Alpino en condiciones del subtrópico Mexicano. Por lo anterior el objetivo del presente estudio es determinar la edad a la pubertad de estos machos cabríos en las condiciones del subtrópico mexicano.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Endocrinología de la pubertad

La pubertad es definida como la edad en la cual se alcanza la capacidad de fertilidad es, un proceso que abarca el desarrollo morfológico, fisiológico y conductual (Ebling, 2005). El aumento de la secreción hipotálmica de GnRH el cual es esencial para la activación del eje hipotálamo hipofisiario-gonadal a la pubertad. La red secretora de GnRH se desarrolla inicialmente y es temporalmente activo durante los períodos de desarrollo fetal/neonatal, sin embargo, en la pubertad ocurre una segunda reactivación del sistema existente. La variabilidad entre individuos en el comienzo de la pubertad indica que el tiempo a la pubertad no es una simple función de edad cronológica (Figura 1; Ebling, 2005). La pubertad en los machos se puede definir, como el inicio de la capacidad reproductiva, que se caracteriza en el macho como la completa separación del prepucio y el pene, y la primera eyaculación. En cualquier circunstancia, los primeros eyaculados son de baja calidad, ya que la mayoría de los espermatozoides están muertos o son anormales (Delgadillo, 2005).

Para que el inicio de la pubertad se presente, es necesario que exista una maduración morfológica y funcional en los diferentes niveles del sistema neuroendocrino-reproductivo (Hipotálamo-Hipófisis-Gónada). A nivel del hipotálamo, esta maduración implica neurogénesis, sinaptogénesis y la participación estimuladora o inhibitoria sobre el "generador" de pulsos del GnRH (núcleo de neuronas que controlan la producción y liberación del factor liberador de gonadotropinas o GnRH). La otra importante maduración morfofuncional corresponde al ovario o al testículo, el cual se desarrolla bajo el control del Sistema Nervioso Central (SNC), mediante las inervaciones noradrenergicas y peptidergicas, las que a su vez regulan el número de receptores a las gonadotropinas, la secreción esteroidogénica y el desarrollo mismo de las capas foliculares. Esta maduración ovárica y testicular, implica un aumento en la secreción de esteroides o testosterona, que a su vez, por el mecanismo de retroalimentación favorecen una liberación progresivamente creciente de las gonadotropinas que son la Hormona Luteinizante (LH) y la Hormona Folículo Estimulante (FSH), que estimularan al ovario y al testículo para una mayor producción de esteroides (Figura 1; Foster, 1994; Sisk y Foster, 2004).



**Figura 1.** Proyección de las neuronas de GnRH hacia a la pituitaria directamente en la eminencia media y la secreción de las hormonas esteroide de las gónadas. Los esteroides sexuales promueven las características sexuales secundarias en los tejidos periféricos, los cuales son regulados vía las neuronas de GnRH a través del feedback neuroendocrino del estradiol y facilita las conductas sociales por el sistema nervioso central. El incremento de la actividad neuronal de GnRH y la secreción episódica de gonadotropinas en la pubertad es determinado por un reloj biológico el cual es influenciado por señales internas y externas. En el inicio de la pubertad, el feedback de los esteroides y los mecanismos nerviosos esteroide-independientes se integran para desinhibir y excitan las neuronas de GnRH (Sisk y Foster, 2004).

## **2.2 Pubertad en los caprinos y ovinos**

La pubertad en los caprinos alimentados adecuadamente la edad a la pubertad fluctúa entre cuatro y ocho meses en las razas Alpino Francés, Angora, Nubia, Baladí y en los machos Criollos del subtrópico mexicano. En cambio, en los machos de la raza Damascos, la pubertad empieza a los 17 meses de edad.

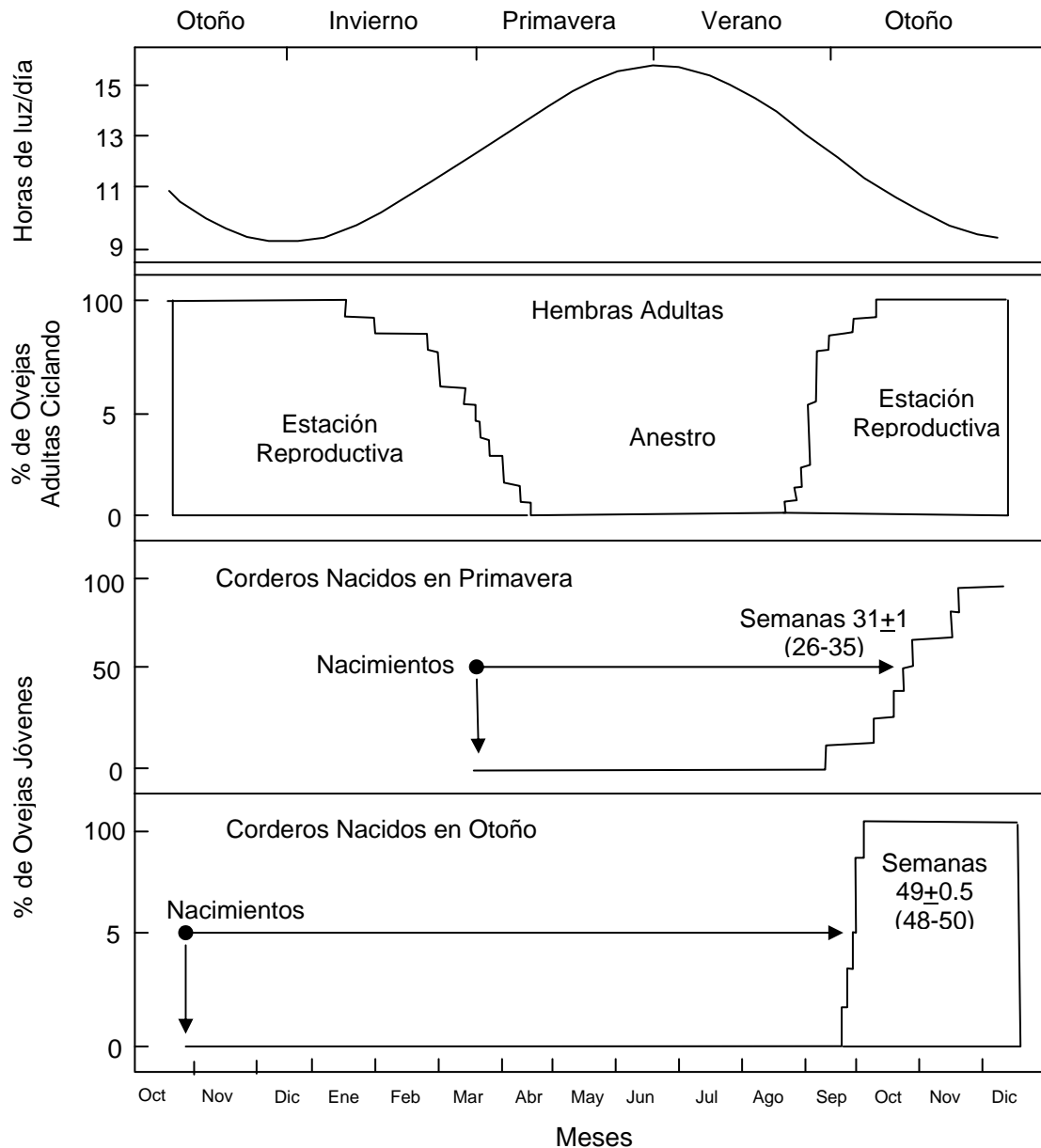
### **2.2.1 Factores que influyen en el inicio de la pubertad**

El inicio de la pubertad es afectado por diversos factores del medio ambiente (Máyer, 1990). Los factores más importantes que pueden afectar la edad a la pubertad son por ejemplo: el sexo, la raza de los animales, la estacionalidad reproductiva, el fotoperiodo, la nutrición, las relaciones socio-sexuales, el sistema de explotación, etc. (Foster, 1981; Wood et al., 1991; Delgadillo et al., 1997; Freitas et al., 2004). En algunas razas, la estación del año puede modificar la edad de la primera eyaculación. En los machos Criollos de la Isla de Guadalupe en el Caribe, la primera eyaculación se observa a los 4.7 y 7.5 meses para los animales nacidos en abril y agosto, respectivamente (Walkden-Brown y Bocquier, 2000).

### **2.2.2 Fotoperíodo y época de nacimiento**

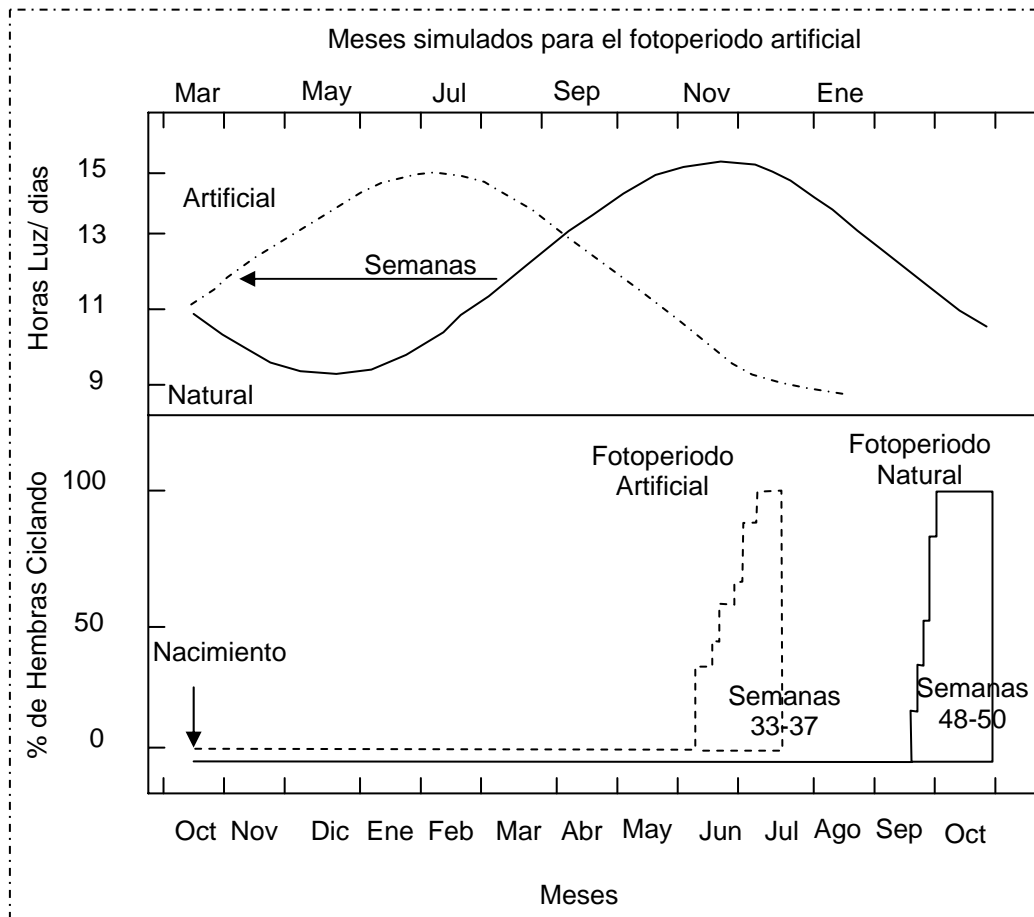
Uno de los factores que influyen en el inicio de la pubertad en las cabras y ovejas, es la fecha y/o época del año en que ocurren los nacimientos (García, 1994). Por ejemplo, en los machos locales de Libia (32° N), cuando nacen en agosto entran en pubertad a los  $159 \pm 7$  días, con un peso de 19 kg, mientras los nacidos en enero alcanzan la pubertad hasta los  $193 \pm 7$  días, con un peso de 22 kg (Madani y Rahal, 1988). En las hembras ovinas y caprinas de razas estacionales (cabras:Alpinas, Saanen y Ovejas:suffolk) la pubertad se alcanza únicamente durante el periodo natural de reproducción, es decir, de octubre a febrero (Ricordeau et al., 1984; Foster et al., 1986). En efecto, en ovejas Suffolk, Foster (1981), determinó que aquellas ovejas nacidas en primavera, la pubertad aparece entre las 26 y 35 semanas (182 y 245 días) en el otoño, mientras que en aquellas ovejas nacidas en el otoño, la pubertad aparece entre las 48 y 50 semanas (336 y 350 días) en el otoño siguiente (Figura 2).

En los carneros Wood et al. (1991), demostraron que el fotoperíodo de latitudes templadas influye en el inicio de la pubertad, sin embargo el efecto es mínimo. En efecto, los machos nacidos en abril, sometidos a fotoperíodo natural incrementaron la pulsatilidad de LH (indicativo de la actividad sexual), 5 semanas antes que los machos sometidos a un fotoperíodo inverso (Figura 4, Wood et al., 1991).



**Figura 2.** Edad de la primera ovulación en condiciones ambientales naturales, en hembras nacidas en primavera o en otoño, y su relación con la estación reproductiva de las hembras adultas y las horas de luz/días. (Foster, 1981).

Estas diferencias en el inicio de la pubertad, están estrechamente relacionadas con el fotoperíodo. En efecto, los estudios realizados en ovejas por Foster (1981), demostraron que las crías nacidas en otoño y que perciben días largos o crecientes el inicio de la actividad sexual se presenta de las 26 a las 35 semanas, mientras que las hembras que son sometidas a fotoperíodo natural, el inicio de la actividad sexual se presenta de las 48 a las 50 semanas de edad (Figura 3).



**Figura 3.** Tiempo a la primera ovulación en hembras nacidas en otoño criadas en fotoperíodo natural (línea continua) y en hembras nacidas en otoño criadas en fotoperíodo artificial (línea punteada). El fotoperíodo adelantó a las 22 semanas la pubertad en relación con lo que ocurrió naturalmente bajo el fotoperíodo natural cuando las hembras nacieron en otoño (Foster, 1981).

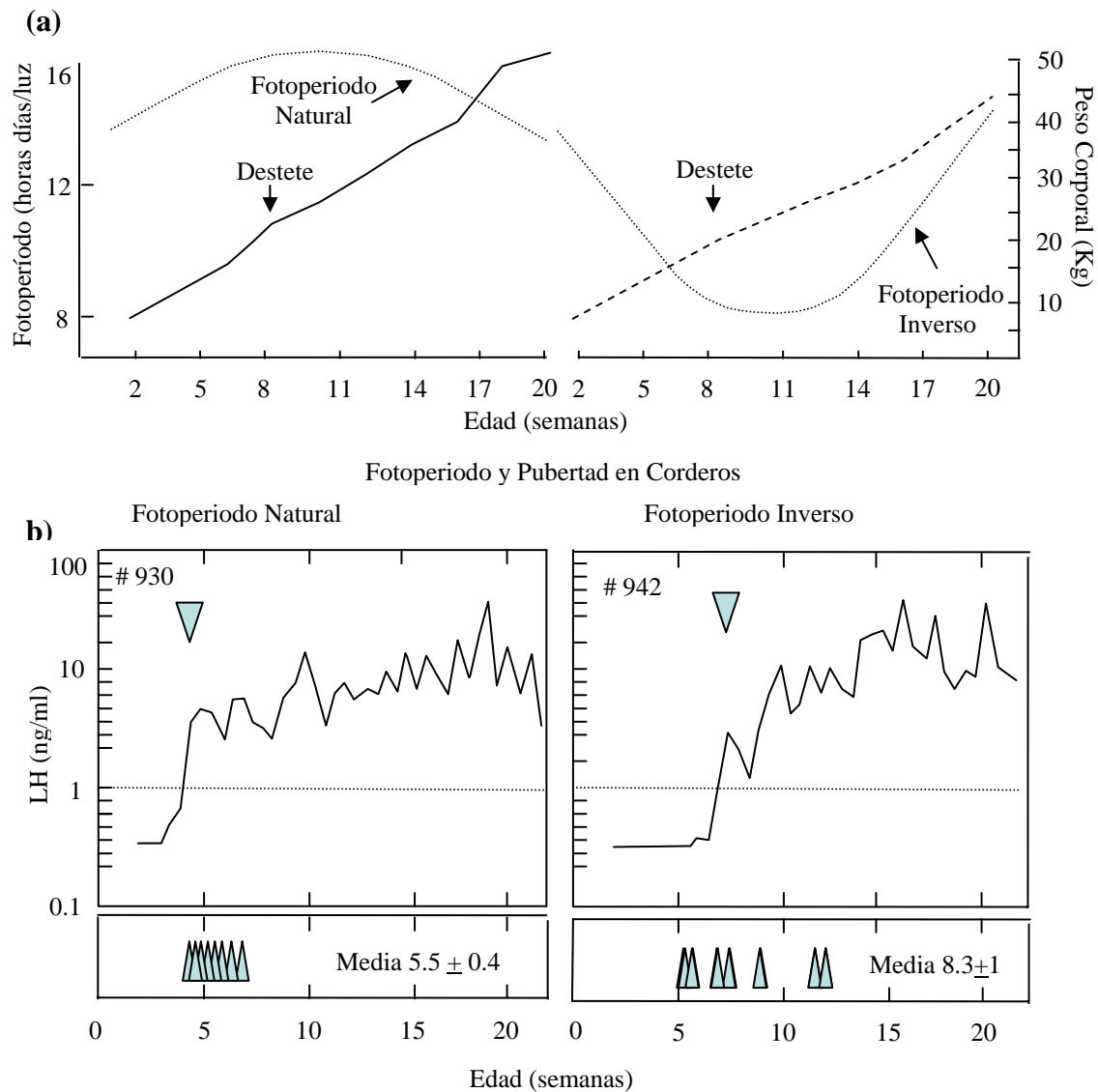
Generalmente, las razas que no son estacionales son originarias de las zonas tropicales, en donde las variaciones fotoperiódicas son de baja amplitud, el inicio de la actividad sexual, puede iniciarse en cualquier época del año (Chemineau et al., 1984). Por ello, en



estas latitudes el fotoperíodo no tiene influencia alguna sobre el inicio de la actividad sexual. La disponibilidad de la alimentación, el régimen de lluvias o la temperatura, son los factores del medio ambiente que modulan en estas latitudes, la actividad de reproducción de los caprinos (Ortavant et al., 1985).

### **2.2.3 Peso corporal, alimentación, raza y sexo**

La edad a la pubertad esta más relacionada con el peso corporal que con la edad cronológica (Belibasaki y Kouimtzis, 2000). En los ungulados, la pubertad es dependiente del peso corporal, normalmente estos la alcanzan cuando se tienen entre 40 y 70% del peso corporal adulto, y en las cabras no hay reportes que indiquen lo contrario (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). La subalimentación y en consecuencia un lento crecimiento corporal, puede modificar el inicio de la pubertad. Por ejemplo, sólo 8 de 15 machos de raza Angora nacidos en primavera lograron la pubertad en el primer otoño e invierno después del nacimiento (a los 178 días), los cuales pesaban 26 kg al final de otoño, mientras que los machos que pesaron menos de 23 kg en esta fecha no alcanzaron la pubertad (Özsar et al., 1990). En los machos Baladi alimentados con una dieta alta en proteína (18%) la pubertad es a las 22 semanas, con un peso corporal de 24 kg, mientras que los machos alimentados con una dieta de baja en proteína (12%) se retrasó hasta las 31 semanas de edad, con un peso corporal de 21 kg (Abi-Saab et al., 1997). En los carneros Soay alimentados *ad libitum* alcanzaron la pubertad al mismo tiempo que los machos que fueron sometidos a una dieta restringida, sin embargo, en ellos la intensidad reproductiva fue más baja (nivel de testosterona y tamaño testicular) (Adam y Findlay, 1997).



**Figura 4.** El crecimiento corporal de los corderos machos se incrementa bajo fotoperíodos opuestos **(a)**: Estímulo natural (línea continua, izquierda) y un estímulo inverso (línea punteada, derecha). **(b)** La concentraciones de LH de machos vasectomizados y tratados con estradiol bajo el fotoperíodo natural o fotoperíodo inverso. Las flechas indican el momento que ocurrió la madurez sexual neuroendocrina (Wood et al., 1991).

La raza y el sexo son otros factores que influyen en la edad a la pubertad en los caprinos. Por ejemplo, en los carneros de Grecia, de la raza Friesland entraron en pubertad a los 179 días, 8, 10 y 30 días antes que las razas Karagouniki, Chios y Serres (Belibasaki y Kouimtzis, 2000). Los machos cabríos Tokara de Japón entraron en pubertad a los cuatro meses de edad (Nishimura et al., 2000), mientras en los machos Alpinos Francés y Saanen de las zonas templadas, la edad a la pubertad fue a los  $173 \pm$

5 días, con un peso corporal de  $31 \pm 1.5$  kg. En las cabras locales del subtrópico mexicano la primera ovulación de las hembras nacidas en enero fue detectada a los 8.5 meses con un peso corporal de 25-30 kg, y la primera célula espermática viable en los machos nacidos en el mismo periodo fue observada a los 4.3 meses con un peso corporal de 20 kg (Delgadillo et al., 1997). En la Comarca Lagunera existe una población potencial de caprinos machos y hembras de la raza Alpina que se utilizan con el objetivo de incrementar la producción láctea. Sin embargo, no se conoce la edad a la pubertad de esta raza en esta región, la cual es importante ya que al conocerla los productores, pueden programar mejor el primer empadre, evitar gestaciones prematuras e incrementar la productividad de los hatos caprinos de la región.

## **OBJETIVO**

El objetivo de la presente investigación fue determinar el inicio de la pubertad en los machos cabríos de la raza Alpino nacidos en invierno en condiciones del subtrópico Mexicano.

## **HIPÓTESIS**

El inicio de la pubertad de los machos cabríos de la raza Alpino nacidos en invierno en condiciones del subtrópico Mexicano es a una mayor edad que en los machos Criollos de la Comarca Lagunera.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de estudio**

El presente estudio se realizó en las instalaciones del sector pecuario del **Instituto Tecnológico Torreón (I.T.T.)**, el cual se encuentra ubicado en el ejido de Ana municipio de Torreón, Coahuila el cual forma parte de la comarca Lagunera. El estudio se realizó durante el periodo comprendido de enero a julio de 2006. Esta región presenta un clima seco desértico, con una precipitación media anual de 230 mm, la cual se sitúa a la latitud 26° Norte y la altitud varía de 1100 a 1400 msnm (CONAGUA, 2006).

#### **3.2 Animales experimentales y manejo**

Se utilizaron 9 machos de la raza Alpino nacidos en la época natural de partos (en promedio el 1 de enero 2006  $\pm$  1.3 días). Los machos fueron destetados en promedio a los 35 días después del nacimiento y fueron alojados en un corral de 5 X 5 m, los animales fueron sometidos a las variaciones del fotoperíodo y temperatura natural de la región durante todo el estudio. Todos los machos fueron alimentados con una dieta que cubría todas sus necesidades fisiológicas (NRC, 1981). Esta dieta consistió en heno de alfalfa a libre acceso y 100 g. de concentrado comercial (14% de proteína cruda) al día por animal. El agua y los minerales (block) fueron proporcionados también a libre acceso. Todos los animales fueron desparasitados y vitaminados al destete, y después cada tres meses.

#### **3.3 Variables determinadas**

##### **3.3.1 Peso corporal**

El peso de los machos se determinó cada 14 días durante todo el estudio, iniciando desde el destete hasta que todos los machos alcanzaron la pubertad. El peso corporal fue determinado en la mañana antes de alimentarlos. Para ello se utilizó una báscula con capacidad para 125 kg y una precisión de 50 g.

### **3.3.2 Condición corporal**

La condición corporal se determinó cada 14 días desde el destete hasta que todos los machos alcanzaron la pubertad, mediante la técnica descrita por Walkden-Brown et al. (1997). Esta fue determinada por la misma persona. Esta técnica consiste en medir la masa muscular de la región lumbar del animal. El valor dado fue en una escala de 1 a 4 niveles con puntos intermedios, donde: 1= Animales muy descarnados permitiendo el paso de los dedos entre los espacios espinosos de las vértebras de la región lumbar. 2= Animales descarnados con poco tejido muscular que no permite el libre paso de los dedos entre las vértebras de la región lumbar. 3= Animales con cantidad adecuada de masa muscular en la región lumbar. 4= Animales con abundante masa muscular en la región lumbar dándole a esta una forma redondeada.

### **3.3.3 Peso testicular**

El peso testicular se determinó cada 14 días durante todo el periodo de experimental, Se realizó mediante la técnica de palpación comparativa descrita por Oldham et al. (1978). Dicha técnica se basa en la utilización de un orquidómetro, el cual está compuesto de modelos ovoides de madera similares a los testículos. Estos ovoides están correlacionados con los pesos de 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 180, 220 g. Esta técnica consiste en tomar un testículo con una mano y con la otra, compararlo con el orquidómetro.

### **3.3.4 Circunferencia testicular**

La circunferencia testicular se determinó cada 14 días durante todo el periodo de estudio para ello se utilizó una cinta métrica flexible, la circunferencia se midió de la parte más ancha de los testículos (Cruz-Castrejon et al., 2007).

### **3.3.5 Determinación de la pubertad**

#### *Producción espermática*

Para evaluar la producción espermática, los machos fueron expuestos a una hembra en estro, lo cual fue realizado cada semana desde los tres meses de edad hasta que todos los machos alcanzaron la pubertad. El semen fue colectado por las mañanas, y para realizarlo se estimuló la monta mediante la exposición a una hembra estrogenizada. Se utilizó una vagina artificial, la cual tenía una temperatura interior de 40° C al momento de la colecta. La hembra permaneció inmovilizada y los machos fueron llevados y expuestos a la hembra una vez por día por un lapso de 180 s. Los machos que no eyaculaban en este tiempo fueron retirados y se anotaba como rechazo a la eyaculación (Delgadillo et al., 1999).

#### *Motilidad progresiva y la viabilidad*

Para la determinación de la motilidad espermática la viabilidad se utilizó un microscopio óptico con el objetivo de 40X. Se utilizó un cubreobjetos para evitar un choque térmico con una temperatura de 37° C donde se colocó una gota de semen después de haber obtenido la muestra. En la motilidad progresiva de los espermatozoides se utilizó una escala de 0 al 5, también se calculó el % de espermatozoides vivos (Delgadillo et al., 1992).

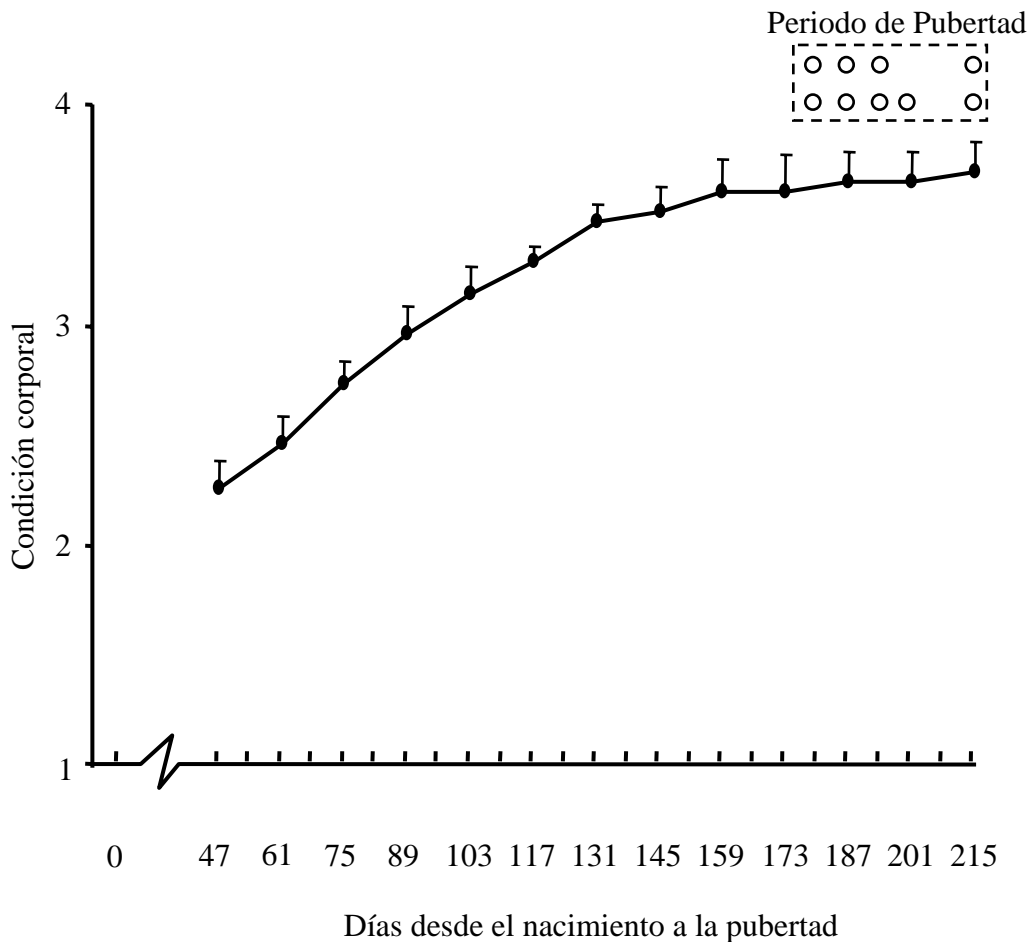
### **3.4 Análisis estadísticos del peso corporal, ganancia diaria de peso, peso testicular y circunferencia testicular**

Los datos de peso corporal fueron correlacionados con la edad a la pubertad, la ganancia diaria de peso del destete a la pubertad fue correlacionada con la edad a la pubertad (es decir con la fecha de aparición de la célula viable). Además el peso testicular también fue correlacionado con la edad a la pubertad. También la circunferencia testicular de los machos fueron correlacionados con la edad a la pubertad. El peso testicular fue correlacionado con la circunferencia escrotal. Todas las correlaciones fueron realizadas mediante la prueba de correlación de Pearson, con el paquete estadístico SYSTAT 10, 2000.

## IV. RESULTADOS

### 4.0 Condición corporal

La edad a la pubertad (detección de la primera célula espermática viable) en los machos fue a los  $193 \pm 4.6$  días de edad. En el momento de la pubertad los machos tenían una condición corporal de  $3.8 \pm 0.1$ . La evolución de la condición corporal durante el estudio se muestra en la figura 5.

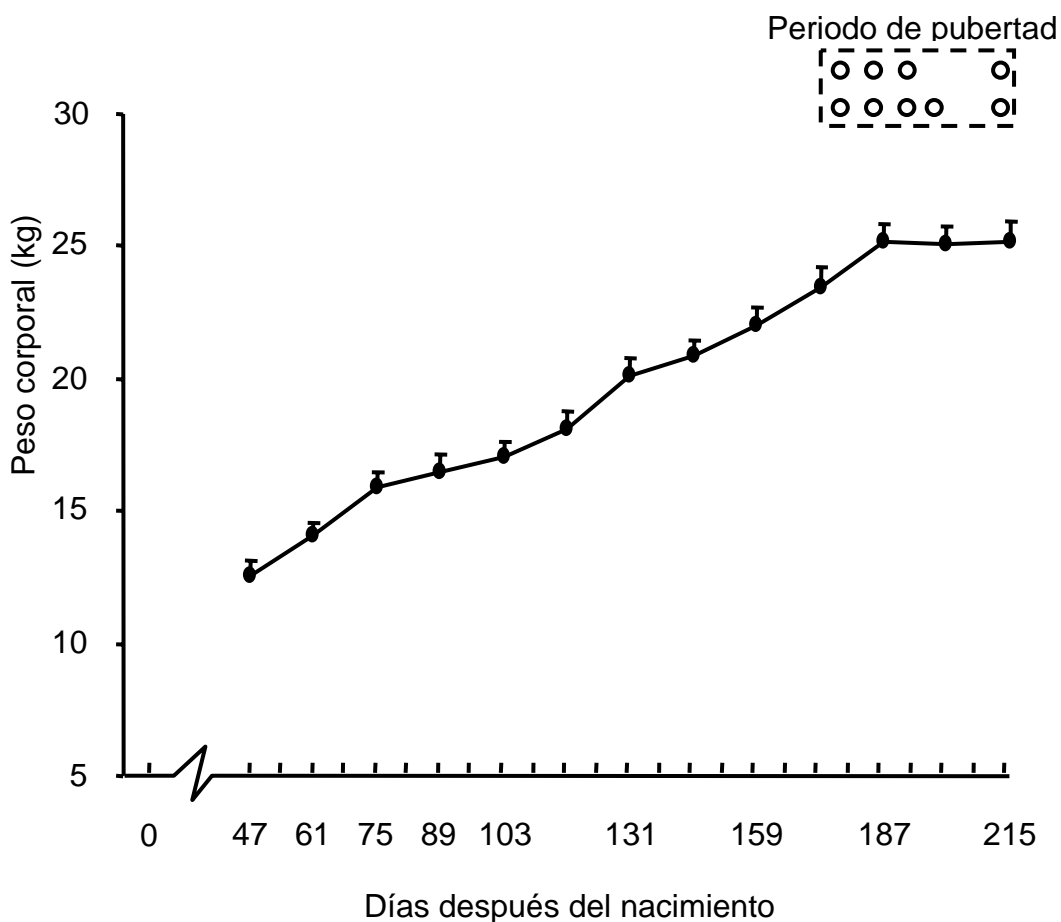


**Figura 5.** Evolución de la condición corporal (círculos negros) de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano nacidos durante el periodo natural de partos (invierno), sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la región ( $26^\circ$  N) y alimentados adecuadamente. Círculos blancos representan a cada macho cuando inicio en pubertad.



#### 4.1 Peso corporal y ganancia diaria de peso del destete a la pubertad

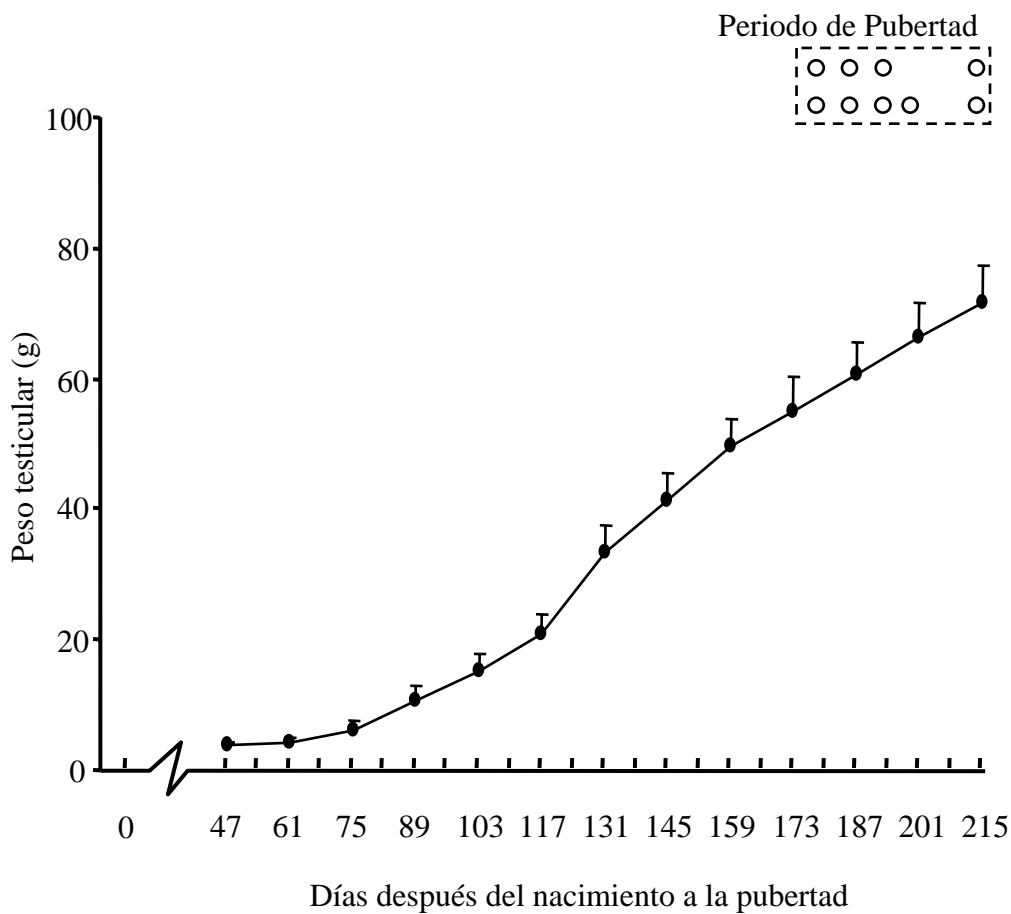
En la figura 6 se muestra la evolución del peso corporal de los machos hasta que todos iniciaron la pubertad. El peso corporal a la pubertad fue de  $25.1 \pm 0.7$  kg, éste se correlaciono negativamente con la edad a la pubertad la cual no fue estadísticamente diferente ( $r = -0.474$ ,  $P = 0.19$ , prueba de correlación de Pearson). La ganancia diaria de peso fue de  $85 \pm 6.0$  g, además existió una correlación negativa ( $r = -0.852$ ,  $P = 0.003$ , prueba de correlación de Pearson) entre la ganancia diaria de peso y la fecha de inicio de la pubertad.



**Figura 6.** Evolución del peso corporal (círculos negros) de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano nacidos durante el periodo natural de partos (invierno), sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la región ( $26^{\circ}$  N) y alimentados adecuadamente. Los círculos blancos en el recuadro de arriba representan a cada macho cuando inició en pubertad.

## 4.2 Peso testicular

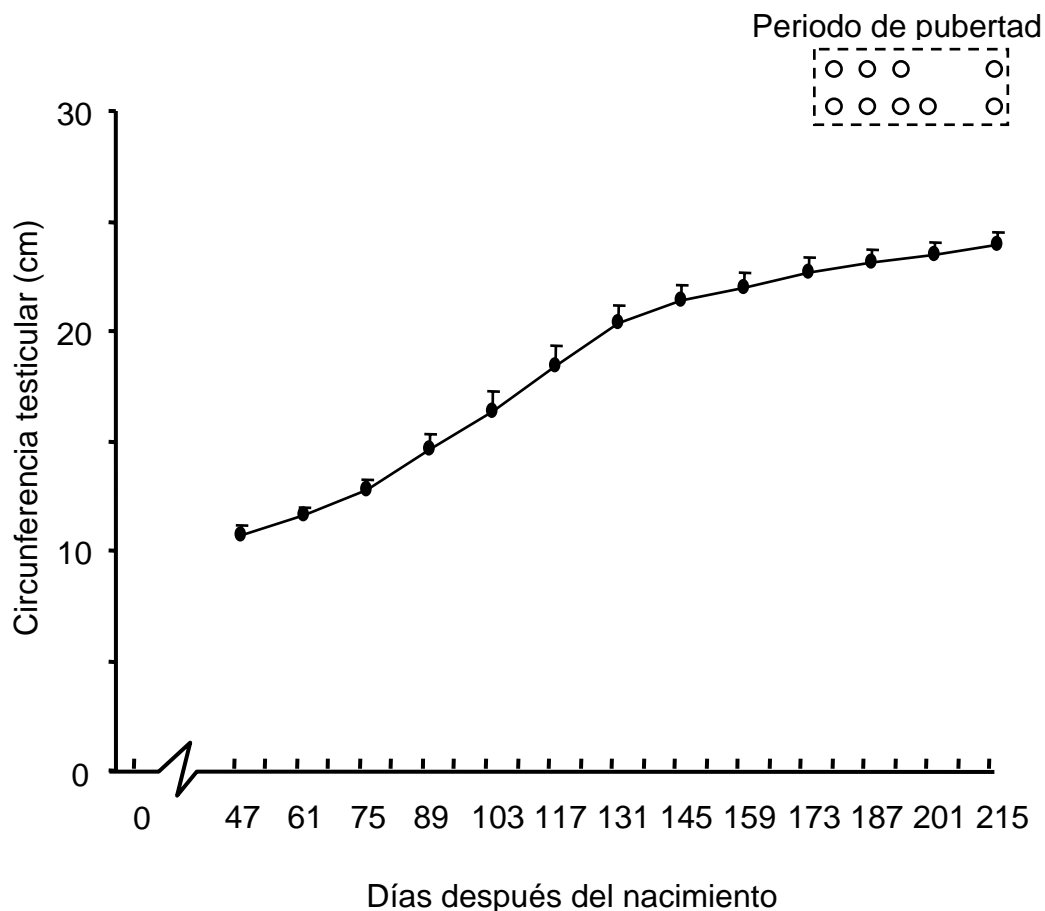
En la figura 7 se muestra la evolución del peso testicular durante el periodo de estudios. El peso testicular a la pubertad fue de  $65.6 \pm 4.0$  g, además el peso testicular tendió a correlacionarse negativamente con la edad a la pubertad ( $r = -0.606$ ,  $P = 0.08$ , prueba de correlación de Pearson). Contrariamente a esto el peso testicular fue correlacionado positivamente con el peso corporal ( $r = +0.653$ ,  $P = 0.05$ ).



**Figura 7.** Evolución del peso testicular de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano nacidos durante el periodo natural de partos (invierno), mantenidos bajo las variaciones naturales del fotoperíodo de la región ( $26^{\circ}$  N) y alimentados adecuadamente. Los círculos blancos en el recuadro de arriba representan a cada macho cuando inicio en pubertad.

### 4.3 Circunferencia testicular

En la figura 8 se muestra la evolución de la circunferencia escrotal durante el periodo de estudio. La circunferencia testicular al inicio de la pubertad fue de  $23.3 \pm 0.6$  cm. Además existió una correlación negativa de esta con el peso testicular ( $r = +0.799$ ,  $P = 0.003$ , prueba de correlación de Pearson). También, existió una correlación positiva con el peso corporal ( $r = 0.665$ ,  $P = 0.03$ ). Sin embargo, la circunferencia escrotal no fue relacionada con los días a la pubertad ( $r = 0.030$ ,  $P = 0.930$ ).



**Figura 8.** Evolución de la circunferencia testicular de los machos Alpinos adaptados al subtrópico mexicano nacidos en el mes de enero y mantenidos bajo las variaciones naturales del fotoperíodo de la región ( $26^\circ$  N) y alimentados adecuadamente. Los círculos blancos representan a cada macho cuando inicio en pubertad.

## V. DISCUSIÓN

La edad a la pubertad (detección de la primera célula espermática viable) en los machos Alpinos del subtrópico Mexicano fue a los  $193 \pm 4.6$  días de edad. Este es el primer estudio que determina la pubertad de estos machos adaptados a estas regiones y en condiciones naturales de fotoperíodo y temperatura. La edad a la pubertad en estos machos fue mayor que la reportada en los machos caprinos Criollos del subtrópico mexicano, en los cuales la primera célula espermática viable (pubertad) y nacidos durante el invierno fue observada dos meses antes (4.3 meses) y en los cuales el peso corporal fue de 20 kg, mientras que en los Alpinos fue de 25 kg (Delgadillo et al., 1997). Es probable que esto se deba a que los machos Criollos del subtrópico mexicano son descendientes además de las razas lecheras también de razas de carne en las que su pubertad puede ser más rápido. En efecto, los machos Criollos son una cruce entre de razas de doble propósito o de carne (Nubia, Granadina) y razas lecheras (Alpinos y Saanen) (Delgadillo et al., 1999). En efecto, se ha reportado que las razas de doble propósito como son los machos Nubios de Alabama, Estados Unidos son más precoces para iniciar su pubertad a los 4.5 meses de edad (Skalet et al., 1988). Otra variable que pudo influir es la alimentación, ya que los machos Criollos alcanzaron la pubertad un peso menor con relación a nuestros machos sin embargo esto es poco probable ya que la alimentación en nuestros machos fue similar a la de los machos criollos.

La edad a la pubertad de los machos Alpinos de este estudio fue a una mayor edad que la observada en los machos de esta misma raza y la Saanen de las zonas templadas y alimentados adecuadamente, la cual se presenta a los  $173 \pm 4.5$  días de edad, independientemente del tiempo de nacimiento (Ahmad y Noakes, 1996). Es probable que nuestros machos alcanzaran la pubertad casi un mes después que los de las zonas templadas, debido a que los machos Alpinos y Saanen de estos estudios alcanzaron un peso de 31 kg a los 5 meses de edad, mientras que nuestros machos alcanzaron los 25 kg hasta los 6 meses de edad. Lo anterior pudo influir sea mencionado que el peso corporal influye en la pubertad, y usualmente estos la alcanzan la pubertad cuando tienen entre 40 y 70% del peso corporal adulto (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). En efecto, Abi-Saab et al. (1997) menciona que los machos alimentados con una dieta alta en proteína alcanzaron la pubertad más rápidamente que los alimentados con una dieta baja en proteína. Probablemente porque los primeros machos tuvieron un mayor

crecimiento corporal. Además, en nuestros machos el peso corporal y la ganancia diaria de peso tuvieron una correlación negativa con los días a la pubertad. Lo anterior indica que entre mayor ganancia de peso o mayor peso corporal el tiempo al inicio de la pubertad fue menor en los machos. Otra variable indicativa del inicio de la actividad sexual es el peso testicular el cual tuvo una correlación negativa, lo que indica que a mayor peso testicular la edad fue menor. Además el peso testicular fue correlacionado positivamente con el peso corporal a la pubertad lo que indica que el peso testicular fue afectado por el peso corporal. Sin embargo, para las diferencias que se tuvo de nuestros machos comparados con los de la misma raza en zonas templadas no se pueden descartar otros factores medioambientales que pudieron influir como es el régimen de lluvias o la temperatura, los cuales se han reportado que pueden modificar la actividad de reproducción de los caprinos (Ortavant et al., 1985). En los machos cabríos al igual que en los carneros se ha demostrado que el fotoperíodo puede influir en la pubertad (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). Efectivamente, Wood et al. (1991), demostró que en los carneros el fotoperíodo influye en el inicio de la pubertad, pero el efecto es mínimo. Esto sugiere que el fotoperíodo no es el principal factor medioambiental que determina el inicio de la actividad sexual de estos machos y que es más la genética y la alimentación (Wood et al., 1991; Walkden-Brown y Bocquier, 2000).

## **VI. CONCLUSIÓN**

Los resultados obtenidos permiten concluir que los machos Alpinos localizados en el subtrópico Mexicano nacidos durante la estación natural de partos (Diciembre- Enero) alcanzan la pubertad de los 5 a los 6 meses de edad lo cual es mayor a la observada en los caprinos Criollos de esta región.

## VII. REFERENCIAS

- Ahmad N., Noakes D.E. 1996. Sexual maturity in British breeds of goat kids. *Br. Vet. J.* 152(1),93-103.
- Cantú J.E. 2004. *Zootecnia de ganado caprino*. México. 2° Edición. Departamento de producción animal. UAAAN-UL.
- Carrera C. 1984. *La cabra. Uno de los animales más eficientes ecológicamente. Productividad caprina*. FMVZ de la UNAM, México, DF.
- Cheminaeu P., Cognie Y.A., Peroux F., Alexandre G., Levy F., Shitalcu E., Beche J.M., Sergent D., Camus E., Thimonier J. 1984. “Le Cabrite Creole de Guadalupe et ses caracteristiques”: monographie. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 37, 225-238.
- CONAGUA, 2006.
- Delgadillo J.A. 2005. *Inseminación artificial en caprinos*. México. Editorial Trillas. 91 p.
- Delgadillo J.A., Malpaux B., Chemineau P. 1997. La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. *INRA Prod. Anim.* 10(1), 33- 41.
- Ebling F.J. 2005. The neuroendocrine timing of puberty. *Reproduction.* 129, 675-683.
- Foster D.L. 1981. Mechanism for delay of first ovulation in lambs born in the wrong season (fall). *Biol. Reprod.* 25, 85-92
- Foster D.L. 1994. Puberty in the sheep. *The physiology of reproduction*. Second edition, edited by E.K. Nobil and J.D. Neil, Raven Press, Ltd., New York. 91 p.
- Foster D.L., Karsch F.C., Olster D.H., Ryan K., Yellon S.M. 1986. Determinants of puberty in a seasonal breeder. *Progr. Horm. Res.* 42, 331-475.

- Freitas V.J.F., López-Junior E.S., Rondina D., Salmito-Vanderley C.S.B., Salles H.O., Simplício A.A, Baril G., Saumande J. 2004. Puberty in Anglo-Nubia and Saanen kids raised in the semi-arid of North-eastern Brazil. *Small Rumin. Res.* 53, 167-172.
- Oldham C.M., Adams N.R, Gherardi P.B., Lindsay DR., Mackintosh J.B. 1978. The influence of level of feed intake on sperm producing capacity of testicular tissue in the ram. *Aust. J. Agri. Res.* 29, 173-179.
- Ortavant R., Pelletier J., Ravault J.P., Thimonier J., Volland–Nail P. 1985. “Photoperiod: Main proximal and distal factors of the circannual cycle of reproduction in farm animals”. *Oxford Rev. Reprod.*
- Özsar S., Güven B., Celebi M., Kalkandelen G., Van de Wiel D.F.M. 1990. Testosterone and LH concentrations in the male Angora goat during puberty. *Anim. Reprod. Sci.* 23, 319-326.
- Garcia D.R. 1994. Pubertad en hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera, Instituto Tecnológico de Torreón. Tesis de licenciatura, 31pp.
- Ricordeau G., Bouillon J., Gaillard A. Lajous A.,Lajous D. 1984. Modalites et caracteristiques de reproduction chez les caprins aspects genetiques. *B.T.I.*, 391, 367-382.
- Siglo de Torreón, 2006.
- Skalet L.H., Rodriguez H.D., Goyal H.O., Maloney M.A., Vig M.M., Noble R.C. 1988. Effects of age and season on the type and occurrence of sperm abnormalities in Nubian bucks. *Am. J. Vet. Res.* 49(8),1284-9.
- Walkden-Brown S.W., Bocquier F. 2000. Nutritional regulation of reproduction in goats. 7th International Conference on Goats, France, 15-21 May, 389-395.



Walkden-Brown S.W., Restall B.J., Scaramuzzi R.J., Martin G.B. 1997. Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or estradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations and body growth. *Small Rumin. Res.* 26, 239-252.

Wood R.I., Ebling F.J.P., I'Anzon H., Foster D.L. 1991. The timing of Neuroendocrine sexual maturity in the male lamb by photoperiod. *Biol. Reprod.* 45, 82-88.