

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

11674 6



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

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

**Efecto del nivel de alimentación en hembras de
ciervo rojo (*Cervus elaphus scoticus*) en el período
pre-empadre, sobre el sexo de su progenie
subsecuente**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

AMÉRICA ALEJANDRA LUNA ESTRADA

**COMITÉ TUTORAL: DR. ARMANDO SHIMADA MIYASAKA
DR. PASCAL POINDRÓN MASSOT
DR. CARLOS VÁSQUEZ PELÁEZ**

AJUCHITLÁN, QRO., MÉXICO.

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

Con todo mi amor a mis hijos: Bernardo y Alejandro, por todo ese tiempo robado y porque han sido la principal fuerza que me ha motivado para no desistir.

A Arturo por su paciencia y ayuda.

A mis padres y hermanas por su apoyo.

A mis amigos: Ofelia y Juan Manuel, que en los últimos diez años de mi vida han estado presentes, respaldándome con su amistad y su apoyo en los momentos más difíciles. Especialmente a Ofelia, porque además de ser mi amiga ha sido mi mentora. ¡Muchas gracias!.

Con mucho cariño a mis amigos: Ricardo Basurto, Antonio Espinosa, Héctor Jiménez, Moisés Montaña, Juan Mosqueda, Liz y Antonio; por su ayuda y porque en todo momento tuvieron palabras de aliento que me reconfortaron.

A mi asesor: Dr. Armando Shimada Miyasaka, que a pesar de nuestras pequeñas diferencias, se ha preocupado por mi superación.

A todas aquellas personas que pensaron que no lo lograría.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, **INIFAP**. Especialmente al Dr. José Luis Romano Muñoz por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CoNaCyT**).

A la Dra. Carmen Aceves, del Laboratorio de Metabolismo Energético, del Instituto de Neurobiología. **UNAM**. Juriquilla, Qro. Por permitir el análisis de las hormonas tiroideas.

Al Dr. Alfredo Varela, de la Unidad de Biología Molecular, del Instituto de Neurobiología, **UNAM**. Juriquilla, Qro. por las facilidades otorgadas para la determinación de los metabolitos sanguíneos.

Se agradece la ayuda técnica brindada por la bióloga Rita Rojas Huidobro; del Laboratorio de Metabolismo Energético, del Instituto de Neurobiología. **UNAM**, Juriquilla, Qro. y a la M.C. Adriana González Gallardo, de la FES-Cuatitlán, para la determinación de las hormonas tiroideas y los metabolitos sanguíneos.

Al Dr. Héctor Vera Ávila, por la dedicación y la ayuda prestada en la elaboración y revisión de este trabajo.

A la Srita. Leticia Jiménez por todo su apoyo, ayuda y dedicación, de igual manera a la Sra. Minerva Romero

Al los miembros del jurado: Dr. Armando Shimada Miyasaka
Dr. Pascal Poindrón Massot
Dr. Dr. Carlos Vásquez Peláez
Dr. Luis Alberto Zarco Quintero
Dr. Héctor Vera Ávila

A todas las "niñas" de los laboratorios A-03 y D-14, del Instituto de Neurobiología, **UNAM**. Juriquilla, Qro. por compartir su amistad y su alegría conmigo.

A los Sres. Freddi Ferruzca Gutiérrez y José Balderas, por la ayuda proporcionada en el manejo de los ciervos, durante la realización de este trabajo.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la alimentación, en el período pre-empadre en reproductoras de ciervo rojo, sobre su cambio de peso, estado metabólico y su relación con el sexo de sus crías. Se usaron 76 hembras adultas; se alojaron en corrales colectivos y 28 días antes del empadre se formaron 6 grupos con 13 ó 14 hembras por corral, con dos repeticiones por tratamiento. Durante este período, fueron alimentadas con una de 3 dietas experimentales que cubrían 115, 100 y 85% de los requerimientos de energía y proteína. La asignación a los tratamientos fue totalmente al azar. Al inicio y al finalizar el experimento los animales fueron pesados y a los 0, 14 y 28 días se tomaron muestras sanguíneas de cuatro hembras por tratamiento, para determinar por radioinmunoanálisis (RIA) o por métodos colorimétricos las concentraciones séricas de: triyodotironina (T_3), triyodotironina reversa (T_{3r}), triglicéridos y glucosa. Con base a los resultados de cambio de peso individual, se reclasificaron a las ciervas madre en dos grupos (animales con o sin ganancia de peso) en forma independiente del grupo experimental al que originalmente fueron asignadas. Lo anterior, debido a que los cambios de peso individuales dentro de cada grupo no fueron homogéneos, presentándose dentro de cada uno, animales con pérdida, mantenimiento o ganancia de peso en el pre-empadre. El porcentaje de machos y hembras nacidos fue de 65.8 vs. 34.2 y 44.8 vs. 55.2% respectivamente, para las hembras con o sin ganancia de peso ($P \leq 0.06$). No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la concentración sérica de T_3 , T_{3r} o en la relación T_3/T_{3r} por efecto del cambio de peso, pero si ($P = 0.005$) por efecto del día de muestreo (177.3, 211.8 y 266.0 ng/dL y 5.26, 7.65 y 8.87 en los días 0, 14 y 28 para T_3 y T_3/T_{3r} , respectivamente). La concentración de triglicéridos no mostró cambios a lo largo del estudio ($P = 0.36$) ni fue influenciada por el cambio de peso. La concentración de glucosa fue mayor en las hembras que ganaron peso (142.6 vs. 108.5 mg/dL en ciervas con y sin ganancia de peso respectivamente; $P < 0.05$) y menor en los días 7 y 28 comparados con el día 0 en las ciervas con ganancia de peso (interacción cambio de peso x día de muestreo; $P = 0.01$). El intervalo empadre-concepción (IEC) fue menor ($P = 0.01$) en las hembras con ganancia de peso (7.98 d) vs. las que no presentaron ganancia (15.03 d) sin embargo no hubo efecto del sexo de los cervatos ($P = 0.40$) o de la interacción cambio de peso x sexo de los cervatos ($P = 0.75$) para esta variable. Se concluye, que si hubo diferencias en los porcentajes de crías nacidas: machos:hembras, con mayor número de machos cuando las madres ganaron peso durante el pre-empadre. No se observó selección embrionaria por el sexo del mismo, de acuerdo al estado nutricional de las ciervas. Las tironinas y los triglicéridos no fueron asociados a la modificación en la proporción de los sexos en la progenie. La concentración de glucosa si se relacionó con este efecto, aunque aparentemente también pudieran estar asociados la dominancia social y el temperamento de las hembras.

PALABRAS CLAVE: Ciervo rojo, condición corporal, proporción de sexos en la progenie.

ÍNDICE	Página
<hr/>	
DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
REVISIÓN DE LITERATURA	
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	2
a) Antecedentes	2
a) Determinación del sexo en mamíferos	2
b) Características biológicas del ciervo rojo	3
c) Aspectos reproductivos de la hembra en cérvidos	4
3. Consumo de alimento y condición corporal	5
4. Efecto de la alimentación sobre la proporción de sexos en la progenie	6
5. Efecto de la alimentación sobre la concentración de metabolitos sanguíneos	9
a) Glucosa	9
b) Triglicéridos	10
6. Hormonas tiroideas	13
7. Hipótesis y objetivos	16
8. Literatura citada	17

ARTÍCULO

Resumen	24
Introducción	25
Materiales y métodos	26
Resultados y discusión	29
Conclusiones	37
Agradecimientos	37
Referencias	38

ÍNDICE DE CUADROS

1) Cuadro 1. Composición y análisis calculado de las dietas experimentales	27
2) Cuadro 2. Porcentaje de machos y hembras en la progenie de hembras de ciervo rojo con (+1) o sin (-1) ganancia de peso durante el período pre-empadre	29
3) Cuadro 3. Efecto del cambio de peso sobre el intervalo empadre-concepción	31
4) Cuadro 4. Relación T_3/T_{3r} y concentraciones plasmáticas de T_3 y T_{3r} en hembras de ciervo rojo con (+1) o sin (-1) ganancia de peso durante el período pre-empadre y a lo largo del período de muestreo sanguíneo	32
5) Cuadro 5. Concentraciones plasmáticas de glucosa y triglicéridos en hembras de ciervo rojo con (+1) o sin (-1) ganancia de peso, durante el período pre-empadre y a lo largo del período de muestreo sanguíneo	36
6) Cuadro 6. Efecto de la interacción cambio de peso pre-empadre x día de muestreo, sobre la concentración plasmática de glucosa	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la interacción cambio de peso pre-empadre x sexo de las crías, sobre el intervalo inicio de empadre-concepción 32

1. INTRODUCCIÓN

Trivers y Willard (1973) formularon la teoría en la que proponen que en algunas sociedades de mamíferos poligínicos y bajo ciertas condiciones; las hembras en buena condición física y con mayor jerarquía social producen más progenie machos, mientras que aquellas en mala condición y con un menor rango producen mayor progenie hembras. Investigaciones tendientes a explicar los factores que participan en la variación de la proporción de sexos en la progenie, tales como la alimentación, el estado reproductivo, la densidad de población, el estado social y los cambios en el medio ambiente; se han realizado en diferentes especies tanto silvestres como domésticas. Actualmente el ciervo rojo ha servido como modelo biológico para explicar de qué manera estos factores intervienen y afectan la proporción de los sexos al nacimiento en mamíferos poligínicos. Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar si el estado nutricional durante el período de concepción, modifica la proporción de sexos en la progenie en un rebaño de ciervo rojo en el altiplano mexicano.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

2. REVISIÓN DE LITERATURA

a) Antecedentes. Trivers y Willard (1973) fueron los primeros en establecer la teoría sobre la proporción de sexos al nacimiento y los niveles de inversión parental; definida como el costo energético que deberán utilizar los padres para la sobrevivencia de su progenie. Esta teoría está basada en tres premisas: 1) la sobrevivencia de las crías está relacionada con la condición corporal de la madre, ya que una hembra en buena condición al inicio de la época reproductiva tendrá éxito en la crianza de su progenie; 2) las diferencias en condición de las crías al término del período de inversión parental podría perdurar hasta su vida adulta e influir en sus posibilidades de reproducirse y transmitir sus genes; y 3) la condición corporal, tanto en las hembra como en el macho, tiene un mayor efecto sobre el éxito reproductivo; en el macho este éxito depende de la habilidad para pelear, que a su vez es influida por el tamaño corporal y desarrollo de la cornamenta; en contraste en la hembra el éxito no depende del tamaño corporal sino de la eficiencia con la que extrae nutrimentos de su medio ambiente para transformarlos en progenie.

b) Determinación del sexo en mamíferos. Se conoce que la determinación del sexo de la progenie en los mamíferos, se realiza al momento de la fertilización del oocito, cuando los machos que son heterogaméticos (XY) contribuyen con el complemento cromosomal X ó Y; determinando así el sexo del embrión. Probabilísticamente, se espera obtener igual número de crías hembras y machos (1:1) al nacimiento, sin embargo se sugiere que existen diversos mecanismos fisiológicos que pueden modificar esta proporción, favoreciendo el nacimiento de uno de los sexos (Dominko y First, 1997; Kochhar *et al.*, 2001). Rorie (1999) menciona que la variación en la proporción de sexos en la progenie de los mamíferos, es una respuesta a diferentes condiciones tales como el estado

nutricional o social, las enfermedades o estado fisiológico, los niveles de gonadotropinas y hormonas esteroideas, el tiempo de inseminación, el estrés, la edad al parto y el número de parto, que pueden proporcionarles ventajas o desventajas para asegurar la sobrevivencia de la especie.

c) Características biológicas del ciervo rojo. Los cérvidos reúnen a un complejo grupo, con una diversidad en morfología, fisiología, ecología y distribución geográfica. Las especies explotadas en granja (como el ciervo rojo y el fallow o gamo europeo) usualmente son especies de tamaño grande, gregarios y monotocas, con una marcada estacionalidad reproductiva (Asher *et al.*, 1999).

De las 40 especies de cérvidos que habitan el planeta, 15 se han adaptado a las zonas templadas y frías (30-80° latitud) y 25 viven en los trópicos (0-30° latitud). Las especies que se han adaptado a los climas templados son marcadamente estacionales en su fisiología reproductiva y en su comportamiento, las cuales son afectadas por el reconocimiento endógeno de los cambios en el fotoperíodo, iniciando su actividad reproductiva durante los días cortos a finales del verano y en el otoño, en contraste con las especies tropicales (Lincoln, 1992; Asher *et al.*, 1999).

El ciervo rojo, al igual que otras especies de cérvidos, presenta patrones estacionales, tanto de consumo de alimento como de crecimiento, lo cual está muy relacionado con la abundancia o escasez de forraje de buena calidad. Estos animales se han adaptado a este ciclo de disponibilidad de forraje y lo han coordinado con las actividades en las que tienen mayor demanda de energía como durante el crecimiento de astas, la muda de pelaje, la gestación, la lactación y la preparación para la etapa reproductiva. Los ciervos adultos depositan reservas de grasa durante el verano y las movilizan durante la época reproductiva y el invierno. Se sabe que las hormonas que participan en estas respuestas estacionales son la

melatonina, hormonas liberadoras de factores hipotalámicos, hormonas hipofisarias tales como las gonadotropinas, prolactina, hormona del crecimiento, hormonas gonadales y hormonas tiroideas; estas hormonas también muestran ciclos estacionales en su patrón de liberación y concentración en el plasma sanguíneo (Barry *et al.*, 1991; Asher *et al.*, 1994).

d) Aspectos reproductivos de la hembra en los cérvidos. Con algunas excepciones, las hembras de los cérvidos son poliéstricas estacionales, presentando ciclos estrales repetidos durante un período del año hasta quedar gestantes, o de lo contrario al término de dicho período, entrar en una condición de anestro en la que permanecen hasta el inicio de la siguiente época de actividad estral cíclica. El inicio y término de la actividad estral cíclica se presenta en el otoño, con un total de 5 a 8 ciclos estrales expresados durante la época reproductiva. El anestro se caracteriza por una baja secreción de progesterona, lo que indica un completo arresto ovulatorio que puede persistir por 4 a 6 meses, desde la primavera hasta inicios del verano. La mayoría de las hembras conciben a principios del período o época reproductiva, existiendo un período de transición hacia esta que se caracteriza por "ovulaciones silenciosas" y períodos cortos de vida del cuerpo lúteo (8-10 d). La naturaleza transitoria de vida corta de estos cuerpos lúteos, puede servir para promover dentro del rebaño sincronía para el primer ciclo estral fértil de la estación. Los subsecuentes ciclos estrales son generalmente de duración normal (18-20 días para el ciervo rojo), la cual está determinada genéticamente para cada especie (Asher *et al.*, 1999).

3. CONSUMO DE ALIMENTO Y CONDICIÓN CORPORAL

El consumo voluntario de alimento (CVA) en los cérvidos muestra marcadas variaciones estacionales, con consumos elevados en el verano y bajos durante el invierno lo que resulta en las correspondientes fluctuaciones en el peso corporal y en la ganancia de peso vivo (Adam, 1991).

En las ciervas, como en otras especies de rumiantes, los requerimientos de energía durante la lactación exceden a los de la gestación y durante esta etapa los requerimientos de alimento se maximizan. La mayoría de las especies de cérvidos tienen pocas reservas de grasa en relación a los rumiantes domésticos. En consecuencia, no pueden soportar la lactación solamente con sus reservas corporales de energía sino que dependen del alimento disponible para la producción de leche. En vida silvestre, el tipo y cantidad de vegetación disponible para las madres, tienen un fuerte efecto en su comportamiento de pastoreo y de producción de leche, así como sobre el crecimiento de su cría (Loudon y Brinklow, 1992).

La condición corporal de un animal se refiere a su estado energético, por lo que un animal en buena condición tiene reservas de energía (generalmente grasa) más elevadas que aquellos en pobre condición. En los mamíferos, la cantidad de grasa de un individuo puede ser importante con consecuencias sobre su salud. Por lo tanto, los individuos con grandes cantidades de reservas de grasa, pueden resistir mejor el ayuno y presentar una elevada sobrevivencia (Millard y Hickling, 1990; citados por Schulte-Hostedde, 2001). A pesar de que la condición corporal es una medida subjetiva y personal, asociada con los cambios de peso corporal, proporciona una buena referencia del estado nutricional del animal (Edmonson *et al.*, 1989).

Cameron y Linklater (2000), realizaron investigaciones en rebaños de caballos silvestres (*Equus caballus*) y encontraron que los cambios en la condición corporal (CC) de las yeguas durante el período pre y posnatal, son influidos por el sexo de su progenie. En general, en las hembras en que disminuyó la CC durante la lactancia, la reducción de peso fue mayor en las que tenían crías macho. Asimismo, en las hembras que mejoraron su CC, la ganancia fue menor cuando la cría era hembra.

4. EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LA PROPORCIÓN DE SEXOS EN LA PROGENIE

Se han propuesto muchas teorías adaptativas para explicar la variación de los sexos en la progenie de los vertebrados (Hardy, 1997; citado por Saltz, 2001). La teoría más estudiada y discutida en las últimas décadas es la de la proporción de sexos de acuerdo a la condición corporal de la madre, propuesta por Trivers y Willard en 1973.

Clutton-Brock *et al.* (1985, 1986) observaron que el éxito reproductivo en hembras ciervo rojo, es mayor en las dominantes socialmente, que para las ciervas subordinadas y que entre mayor sea su dominancia, mayor es la posibilidad de tener una cría cada año, la cual tendrá a su vez, mayor posibilidad de sobrevivencia en la edad adulta. En lo que se refiere a la proporción de sexos de la progenie, las hembras con mayor estatus social tendrán mayor cantidad de crías macho que las hembras subordinadas. Clutton-Brock *et al.* (1982, 1984) aseguran que los factores que afectan el éxito reproductivo también difieren entre machos y hembras. La habilidad de la hembra para criar un cervato está influenciada principalmente por la calidad del rango de sus dominios (el cual afecta el acceso a las fuentes de alimento), el número de animales con los que tiene que compartirlo

(determinando la intensidad de competencia por el alimento) y su dominancia social (lo cual afecta su prioridad para el acceso a los mejores sitios de alimentación).

Una hembra hereda el territorio de su madre y lo comparte con sus hermanas y otros parientes matrilineales, por lo que mucho del éxito reproductivo depende de la identidad y tamaño de su familia. Su rango de dominancia está relacionado con su peso al nacimiento y su peso a la edad adulta: las cervatas más pesadas crecen más rápidamente y se desarrollan como grandes hembras dominantes. En este sentido, Post *et al.* (1999) mencionan que el dimorfismo sexual es el resultado de la selección, sobre las estrategias de crecimiento para los machos y las hembras, en relación a la reproducción. En mamíferos poliginicos, estas estrategias reflejan la selección sexual en los machos para tener acceso a las hembras y la selección competitiva entre las hembras para tener acceso al alimento. Lo anterior consiste, en que la selección sexual favorece a los machos con un mayor tamaño, a través de un rápido crecimiento y una madurez tardía; mientras que en las hembras, la selección competitiva ha favorecido el invertir en una mejor condición corporal y una madurez sexual temprana a expensas del tamaño. Resulta como consecuencia, que en muchos mamíferos, el tamaño adulto del macho y su éxito reproductivo dependan de su desarrollo temprano, mientras que en las hembras el éxito reproductivo depende más fuertemente de la capacidad de mantener una buena condición corporal y un mayor tiempo de vida reproductivo.

Verme (1985) reportó que en el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) las hembras que eran mal alimentadas producían mayor cantidad de machos, en comparación con las venadas bien alimentadas, que tuvieron un mayor número de cervatas hembra.

Hoefs y Nowlan (1994) analizaron la información generada de una población de ciervo wapiti (*Cervus elaphus nelsoni*) y otros ungulados silvestres, tales como renos, caribúes, borregos y cabras de la montaña y mostraron que cuando fueron suplementados previo a la época de empadre con un concentrado que contenía 16 % de proteína, se modificó la proporción de sexos al nacimiento y que las madres que tuvieron un mejor plano nutricional produjeron mayor número de crías hembras. Estos autores mencionan que los mecanismos que intervienen en la determinación de los sexos en ungulados aún se desconocen.

Olvera (2000) realizó un experimento con hembras de ciervo rojo sometidas a dos niveles de alimentación (sin suplementación y con suplementación) durante los 62 días que duró el empadre, sin que encontrara cambios en la proporción de sexos en la progenie. En contraste, Enright *et al.* (2001) encontraron que alimentando ciervas fallow (*Dama dama*) prepúberes con dietas de dos niveles energéticos (alto y bajo), las ciervas que recibieron un nivel energético alto tuvieron un mayor porcentaje de crías machos, que hembras: 75 vs. 25 %; a diferencia de las ciervas alimentadas con una dieta baja en energía, que parieron un mayor porcentaje de crías hembras que machos: 54 vs. 46 %. Flint *et al.* (1997) realizaron un estudio con hembras adultas de ciervo rojo, examinando las etapas de desarrollo de los blastocistos recolectados antes de la implantación y la concentración de interferón τ en los fluidos uterinos, para relacionar esto con el sexo del blastocisto y la condición física de la hembra. Ellos encontraron que el interferón no fue detectado en el fluido uterino en ninguna de las hembras que tenían blastocistos macho, pero fue encontrado en el 60 % de las ciervas con blastocisto hembra. También mencionan, que las ciervas que gestaban un blastocisto macho eran 4 % más pesadas en comparación con aquellas que gestaban una hembra, pero sin que encontraran diferencias significativas en ambos grupos. Sin embargo, al corregir por efecto de edad de las ciervas, las que

tuvieron mayor peso mostraron mejor condición corporal que las que gestaban un blastocisto hembra.

5. EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE METABOLITOS SANGUÍNEOS

En circunstancias de restricción nutricional, los animales pueden hacer uso de sus reservas corporales e incluso disminuir su tasa metabólica basal y/o suspender algunas funciones no esenciales para su sobrevivencia, tales como el crecimiento y la actividad reproductiva, aunque no por tiempo indefinido (Gómez *et al.*, 1999). Sin embargo, después de un período de movilización de reservas corporales, estas deberán de ser restablecidas cuando las condiciones sean más favorables para permitir la reactivación de aquellas funciones no esenciales para la vida que fueron temporalmente suspendidas.

a) Glucosa. El metabolismo de los glúcidos por los microorganismos del rumen, determina la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), que su vez, proporcionan el 70-80 % de las necesidades calóricas totales. Como consecuencia de la degradación eficaz de los glúcidos en la dieta por los microorganismos ruminales, la glucosa disponible para ser absorbida en el intestino delgado resulta insuficiente para cubrir las demandas energéticas de los rumiantes. La gluconeogénesis es de gran importancia para las especies rumiantes, ya que las necesidades de glucosa pueden ser cubiertas por otras fuentes diferentes a las de los glúcidos, a través de la gluconeogénesis (Fahey y Berger, 1988). La glucosa necesaria a nivel tisular, es aportada principalmente a través de la gluconeogénesis a partir de propionato, lactato/piruvato aminoácidos y glicerol (Fahey y Berger, 1988).

A pesar de las etapas metabólicas extra que son necesarias para proporcionar glucosa a los tejidos por la vía de la gluconeogénesis, los rumiantes tienen las mismas necesidades de glucosa para su metabolismo basal que otras especies, aún cuando su nivel de glucosa sanguínea es menor (40-60 mg/dL) que la de los animales no rumiantes (Fahey y Berger, 1988).

Knox *et al.* (1988) midieron las concentraciones plasmáticas de glucosa y otros metabolitos sanguíneos, en hembras de ciervo rojo de 1 a 15 años de edad, reportando el promedio en la concentración de glucosa de 31.54 ± 12.97 , con un rango de 8.83 a 74.78 mg/dL. Sin embargo, estos autores comentan que los valores en su estudio, fueron más bajos y menos variables que los encontrados por Wilson y Pauli (1983) los que observaron valores promedio de 97.31 mg/dL con un rango de 25.23 a 169.39. Por otro lado, sus valores fueron más altos que los presentados en borregos y bovinos, atribuyendo esta diferencia al estado nutricional, al temperamento nervioso y a la elevada tasa metabólica del ciervo rojo.

Por su parte, McMahon *et al.* (1997) realizaron un trabajo en machos de ciervo rojo, en el que determinaron su crecimiento anual y los requerimientos de glucosa en los tejidos, sometiénolos a períodos de alimentación y ayuno de 48 h utilizando dietas con 16 y 48 % de proteína y 2.6 Mcal de EM/kg de materia seca. Los valores promedio de concentración de glucosa fueron de 11.26 a 31.53 mg/dL durante el invierno e inicio de la primavera en animales alimentados y de 4.51 a 13.51 mg/dL durante el invierno y primavera en ciervos restringidos.

b) Triglicéridos. El tejido adiposo es la mayor fuente de combustible metabólico, el cual es almacenado en forma de triglicéridos. En animales adultos este tejido representa entre el 20 al 30 % del peso corporal y puede llegar a ser más del 85 % del total de la energía almacenada. El metabolismo de los lípidos

está totalmente ligado al de los glúcidos y proteínas y los productos de su degradación (glicerol, alanina, lactato, glutamina y ácidos grasos) los cuales son sustratos gluconeogénicos (Samra, 2000).

La movilización de la grasa corporal varía de acuerdo a la severidad de la restricción de alimento (nivel de alimentación y duración) y a la reserva de grasa inicial. Chilliard *et al.* (2000) encontraron pérdidas de 5.9 kg de grasa (equivalentes al 28 % de los lípidos totales iniciales) en ovejas no gestantes y secas, que almacenaban una cantidad moderada de grasa corporal (290 g de lípidos/kg de peso) y que consumieron el 40 % de sus requerimientos de mantenimiento durante ocho semanas.

La inanición es un proceso en el que existen cambios definidos en el uso de la energía. Estos cambios están integrados en los ciclos de alimentación-ayuno, de tal forma que exista un aporte continuo de fuentes energéticas, siendo los principales la glucosa y los ácidos grasos no esterificados (AGNES). Pero si esta situación se continúa por más de 24 h, las reservas de glúcidos se agotan y los AGNES se convierten en la principal fuente de energía, al igual que los aminoácidos (Samra, 2000).

La salida de los AGNES del tejido adiposo es el resultado de la lipólisis de triglicéridos de los adipocitos, inducida por la lipasa sensible a hormona. Los niveles plasmáticos de los AGNES se incrementan durante el ayuno hasta alcanzar una meseta entre los 4-8 días (Chilliard *et al.*, 2000).

El tejido adiposo es una fuente importante de energía durante los períodos de escasez de nutrimentos en los rumiantes. Como señal de la movilización de las reservas de grasa corporal, se observa un incremento en los niveles de ácidos grasos libres de cadena larga y glicerol. Sin embargo, los lípidos totales y los ácidos grasos polinsaturados en el suero disminuyen (Vayrynen *et al.*, 1980).

Los machos adultos ciervo rojo y el gamo europeo muestran cambios metabólicos durante la época reproductiva, similares a los encontrados en vacas en lactación después del parto. Estos animales se preparan para la época reproductiva acumulando grandes cantidades de grasa, sin embargo cuando esta se inicia, el consumo voluntario se reduce significativamente por lo que los animales entran en un estado de balance energético negativo. La consecuencia de este balance negativo es la rápida movilización de los depósitos de lípidos lo cual se acompaña por un incremento considerable en el contenido de grasa hepática. En este sentido, Zomborszky y Husvéth (2000) estudiaron el contenido total de lípidos y los cambios en la composición de los ácidos grasos en el hígado de machos ciervo rojo y gamo europeo en varias etapas reproductivas. Estos autores observaron que la concentración total de lípidos en el hígado fue elevada durante el período de empadre particularmente en el gamo y proponen que este incremento es posiblemente un mecanismo de adaptación durante épocas de restricción en el consumo de alimento o cercanas al ayuno.

Soppela *et al.* (2000) encontraron en renos (*Rangifer tarandus tarandus L.*) sometidos a períodos de restricción alimenticia de larga duración (invierno-primavera), una reducción del 29.4 % en los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) así como en el ácido linoléico y ésteres de colesterol séricos, lo que sugiere que estos no son sintetizados *de novo* o que su degradación es mayor que su síntesis.

En los rumiantes, los lípidos pueden ser sintetizados *de novo* principalmente en el tejido adiposo a partir de ácido acético y en menor grado de lactato, o bien pueden provenir de la hidrólisis de los triglicéridos plasmáticos por la lipoproteína lipasa (LPL) (Chilliard *et al.*, 1998).

6. HORMONAS TIROIDEAS

La glándula tiroides de los mamíferos, mantiene el metabolismo de los tejidos a un nivel óptimo para que realicen sus funciones normales (Ganong, 1990). Esta glándula biosintetiza, almacena y secreta dos tipos moleculares de hormonas tiroideas: la tetraiodotironina (T_4) ó L-3,5, 3',5'-tetraiodotironina y la triiodotironina (T_3) ó L-3,5,3'-triiodotironina. La triiodotironina reversa (T_{3r}) ó 3,3',5'-triiodotironina está presente en bajas concentraciones en la tiroides y en la sangre. La T_{3r} es producida por la monodeiodización periférica de la T_4 y sólo tiene el 10 % de la actividad tiromimética de la T_4 . Además, bajo algunas circunstancias puede antagonizar los efectos calorigénicos de la tiroxina.

El efecto de hormonas tiroideas se clasifica en dos categorías de respuestas biológicas: a) efectos sobre la diferenciación celular y el desarrollo y b) efectos sobre las rutas metabólicas. Dichos efectos se manifiestan sobre las células, tejidos y órganos teniendo diversas actividades específicas tanto en el metabolismo energético, crecimiento y diferenciación. Aumentan el consumo de oxígeno por los órganos y tejidos metabólicamente activos con notable incremento en la producción de energía. Aumentan el ritmo metabólico de glúcidos y lípidos, con el consecuente incremento en el metabolismo basal. Participan en la absorción de glucosa en intestino, en la gluconeogénesis y la glucogenolisis. La rapidez de síntesis y secreción de colesterol y la pérdida de masa corporal, responde a la estimulación de las hormonas tiroideas (Guyton, 1989; Ganong, 1994; Litwack, 1997).

Hayden *et al.* (1993) estudiaron la relación entre el estado hormonal, peso corporal y ganancia en proteína y grasa durante el crecimiento compensatorio en novillos. Ellos encontraron que la concentración plasmática de T_{3r} en los animales restringidos en energía (25 %) durante 92 días y posteriormente realimentados,

disminuyó durante el período de restricción hasta llegar a sus niveles normales al ser realimentados.

En contraste, Blum *et al.* (1980) señalan que en ovinos adultos la restricción de nutrimentos (25 y 50 %) durante 126 días, redujo la concentración sérica de T₃ y T₄, incrementándose los niveles de T_{3r}.

Kmiec *et al.* (1996) efectuaron un estudio con ratas asignándolas a tratamientos de ayuno corto de 14 h o largo de 48 h, con períodos posteriores de realimentación de 1, 4, 8 ó 24 h, observando que durante el periodo corto, no se presentaron cambios en los niveles séricos de T₃ y T_{3r}. Los niveles de T₃ y T_{3r} se incrementaron después de 1 y 4 h de realimentación y durante el ayuno prolongado se disminuyó la concentración de T₃ pero sin cambios en la concentración de T_{3r}. Después de 24 h de realimentación, la T₃ se mantuvo baja sin que se presentaran cambios en la concentración de la T_{3r}.

Wester *et al.* (1995) observaron que después de siete semanas de restricción de proteína y energía, la concentración sérica de T₃ se redujo en un 70 % retomando sus valores normales después de seis días de realimentación. La T₄ respondió de manera similar (reduciéndose al 65 %) pero no se incrementó rápidamente por efecto de la realimentación.

Loudon *et al.* (1989) observaron correlaciones lineares entre las concentraciones de T₃ y el consumo de alimento, tanto en ciervo rojo como en el ciervo Pere David's (*Elaphurus davidianus*).

Anderson y Barrel (1998) midieron las concentraciones de las hormonas tiroideas antes y durante la época reproductiva en hembras adultas de ciervo rojo y observaron un incremento estacional en la concentración de la T₃ a través del verano; con una concentración promedio de 69.0 ± 10.42 ng/dL en la primavera, alcanzando un pico de 119.13 ± 13.67 ng/dL a finales del verano.

Por su parte, Timisjärvi *et al.* (1994) evaluaron la función tiroidea a través del año en renos y mencionan que la concentración de T_3 fue mayor en noviembre con 195.3 ± 19.53 ng/dL y más baja en junio con 117.18 ± 13.02 ng/dL. En contraste, la concentración de T_3r fue de 234.36 ± 78.12 ng/dL en junio y de 123.69 ± 39.06 ng/dL en noviembre, encontrando una relación inversa entre T_3 y T_3r .

HIPÓTESIS

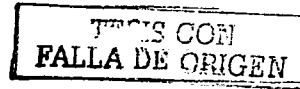
- La alimentación previo a la época de empadre y el estado nutricional con la que las ciervas afrontarán la etapa reproductiva, serán determinantes para establecer la proporción de los sexos en su progenie.

OBJETIVOS GENERALES

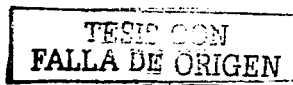
- Evaluar si la alimentación en la época pre-empadre, influye sobre la proporción de los sexos de la progenie en hembras de ciervo rojo.
- Determinar si las concentraciones de hormonas tiroideas (T_3 y T_{3r}), glucosa y triglicéridos, intervienen en la determinación del sexo de la progenie.

LITERATURA CITADA

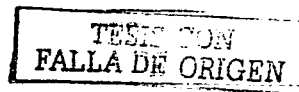
- Adam CL. 1991. Nutrition and Implications of the Modifying Seasonability of Farmed Red Deer. In: *Recent Advances in animal Nutrition*. (Haresing, W and Cole. D.J.A, Ed.). Butterworths, 211-223.
- Anderson MG and Barrell KG. 1998. Effects of thyroidectomy and thyroxine replacement on seasonal reproduction in the red deer hind. *Journal of Reproduction and Fertility*. 113:239-250.
- Asher GW, Fisher MW, McLeod BJ and Berg DK. 1994. Reproductive physiology of cervids: a review. *Proceedings of a deer course for veterinarians*. Course No. 11. Deer Branch, NZVA, Queenstown: 258-270.
- Asher GW, Monfort SL and Wemmer C. 1999. Comparative reproductive function in cervids: implications for management of farm and zoo populations. *Journal. of Reproduction and Fertility Supplement*. 54:143-156.
- Barry TN, Suttie JM, Milne JA and Kay RNB. 1991. Control of Food Intake in Domesticated Deer. In *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Academic Press (Ed.). 17:385-401.
- Blum JM, Gingins M, Vitins P and Bickel H. 1980. Thyroid hormone levels related to energy and nitrogen balance during weight loss and regain in adults sheep. *Acta Endocrinológica*. 93, 440-447.



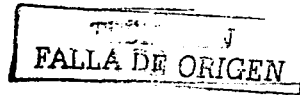
- Cameron EZ and Linklater WL. 2000. Individuals make a bias investment in sons and daughters in relation to their condition. *Animal Behaviour*. 60: 359-367.
- Chilliard Y, Bocquier F and Doreau M. 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reproduction and Nutrition Development*. 38, 131-152.
- Chilliard Y, Ferlay A, Faulconnier Y, Bonnet M, Roue, J and Bocquier F. 2000. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. The *Proceedings of the Nutrition Society*. 59, 127-134.
- Clutton-Brock TH, Guinness FE and Albon SD. 1982. Parental investment in male and female offspring. In: *Red deer: Behavior and Ecology of Two Sexes*. Chicago University Press.
- Clutton-Brock TH, Albon SD and Guinness FE. 1984. Maternal dominance, breeding success and birth sex ratios in red deer. *Nature*. 308 (22): 358-360.
- Clutton-Brock TH. 1985. Reproductive success in red deer. *Scientific American*. 252 (2): 68-74.
- Clutton-Brock TH, Albon SD and Guinness FE. 1986. Great expectation: dominance, breeding success and offspring sex ratios in red deer. *Animal Behaviour*. 34: 460-471.



- Flint APF, Albon SD and Jafar SI. 1997. Blastocyst development and conceptus sex selection in red deer (*Cervus elaphus*). Studies of a free-living population on the isle of Rum. *General and Comparative Endocrinology*. 106: 374-383.
- Kochhar HPS, Peippo J and King WA. 2001. Sex related embryo development. *Theriogenology*. 55:3-14.
- Dominko, T and First, N. 1997. Relationship between the maturational state or oocytes at the time of insemination and sex ratio of subsequent early bovine embryos. *Theriogenology*. 47:1041-1050.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T and Webster G. 1989. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal Dairy Science*. 72: 68-78.
- Enright WJ, Spicer LJ, Kelly M, Culleton N and Prendiville DJ. 2001. Energy level in winter diets of Fallow deer: effect on plasma levels of insulin-like growth factor-I and sex ratio of their offspring. *Small Ruminant Research*. 39: 253-259.
- Fahey GC y Berger LL. 1988. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. En: Church. DC editor. *El Rumiante. Fisiología Digestiva y Nutrición*.
- Ganong WF. 1990. La glándula tiroidea. En: *Fisiología Médica*. Ed. El Manual Moderno. 18:275-289.
- Guyton AC. 1989. Hormonas tiroideas. En: *Tratado de Fisiología Médica*. 6ª ed. Ed. Interamericana. 76:1101-1109.

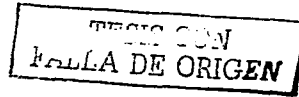


- Gómez-Pastén M, Mora O, Pedraza-Chaverri and Shimada A. 1999. The effect of the severity of a long term feed restriction on metabolism and hepatic and muscle tissue composition of goats. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 132, 227-232.
- Hardy CW. 1997. Possible factors influencing vertebrate sex ratios: an introductory overview. *Applied Animal Behavior Science*. 51: 217-241.
- Hayden JM, Williams JE and Collier RJ. 1993. Plasma growth hormone, insulin-like growth association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. *Journal of Animal Science*. 72, 2289-2297.
- Hoefs M and Nowlan U. 1994. Distorted sex ratios in young ungulates: The role of nutrition. *Journal of Mammalogy*, 75 (3):631-636.
- Knox DP, Mckelvey WAC and Jones DG. 1988. Blood chemical references values for farmed red deer. *Veterinary Record*. 122:109-112.
- Kmiec Z, Kotlarz G, Smiechowska B and Mysliwski A. 1996. Thyroid hormones homeostasis in rats refed after short-term and prolonged fasting. *Journal of Endocrinological Investigation*. 19(5):304-311.
- Lincoln AG. 1992. Biology of seasonal breeding in deer. In: *The Biology of Deer*. Ed. Brown RD. Springer-Verlag. 565-574.
- Loudon AS, Milne JA, Curlewis JD and McNeilly AS. 1989. A comparison of the seasonal hormonal changes and patterns of growth, voluntary food intake



- and reproduction in juvenile and adult red deer (*Cervus elaphus*) and Pere David's deer (*Elaphurus davidianus*) hinds. *Journal of Endocrinology*. 122, 733-745.
- Loudon A S I and Brinklow B R. 1992. Reproduction in deer: Adaptations for life in seasonal environments. In: *The Biology of Deer*. Ed. Brown RD. Springer-Verlag. 261-278.
- Millard JS and Hickling GJ. 1990. Fasting endurance and the evolution of mammalian body size. *Funct. Ecol.* 4: 5-12.
- McMahon CD, Corson ID, Littlejohn RP, Stuart SK, Veenvliet BA and Suttie JM. 1997. Effects of season, protein and nutritional state on glucose tolerance during an annual cycle of growth in young red deer stags. *Journal of Endocrinology*. 154(2):257-283.
- Olvera RAM. La proporción de los sexos en la progenie de un rebaño de ciervo rojo (*Cervus elaphus scoticus*) neocelandés en cautiverio [tesis maestría]. Ajuchitlán, Querétaro, México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM; 2000.
- Post E, Langvatn R, Forchhammer MC and Stenseth NChr. 1999 Environmental variation shapes sexual dimorphism in red deer. *Proceedings of the National Academic Sciences of the United States of America. Ecology*. 96:4467-4471.
- Rorie RW. 1999. Effect of timing of artificial insemination on sex ratio. *Theriogenology*. 52:1273-1280.

- Saltz D. 2001. Progeny sex ratio variation in ungulates: maternal age meets environmental perturbation of demography. *Oikos*, 92: 2.
- Samra, J. S. 2000. Sir David Cuthbertson medal Lecture. Regulation of lipid metabolism in adipose tissue. *Proceeding of the Nutrition Society*. 59, 441-446.
- Schulte-Hostedde AI, Millar JS and Hickling. 2001. Evaluating body condition in small mammals. *Canadian Journal of Zoology*. 79: 1021-1029.
- Soppela P, Heiskari U, Nieminen M, Salminen I, Sankari S and Kindahl H. 2000. The effects of a prolonged undernutrition on serum lipids and fatty acid composition of reindeer calves during winter and spring. *Acta Physiologica Scandinavica*. 168, 337-350.
- Timisjärvi J, Ojutkangas V, Eloranta E, Nieminen M, Leppäluoto J, Liimatainen S and Vuolteenaho O. 1994. Annual variations in serum thyroid-stimulating hormone and thyroid hormones and in their responses to thyrotrophin-releasing hormone in the reindeer. *Journal of Endocrinology*. 141:527-533.
- Trivers RL and Willard DE. 1973. Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science*, 179:90-92.
- Thyroid hormones. 1997. In: Hormones. (Norman A and Litwack G. Ed.). 2^a ed. Academic Press.
- Vayrynen P, Nieminen M and Hyvarinen H. 1980. In Second International Reindeer/Caribou Symposium. Roros, Norway.



- Verme L. 1985. Progenie sex ratio relationships in deer:theoretical vs observed. *Journal of Wildlife Management*. 49: 134-136.
- Wester TJ, Britton RA, Klopfenstein TJ, Ham GA, Hickok DT and Krehbiel CR. 1995. Differential effects of plane of protein or energy nutrition on visceral organs and hormones en lambs. *Journal of Animal Science*. 73:1674-1688.
- Zomborszky Z and Husvéth. 2000. Liver total lipids and fatty acid composition of shot red and fallow deer males in various reproduction periods. *Comparative Biochemistry and physiology part A*. 126: 107-114.

Efecto del nivel de alimentación en hembras de ciervo rojo (*Cervus elaphus scoticus*) en el período pre-empadre, sobre el sexo de su progenie subsecuente

**América Alejandra Luna-Estrada^{1,2}, Héctor R. Vera-Ávila², Ofelia Mora-Izaguirre³,
Brenda Anguiano-Serrano⁴, Carlos G. Vásquez-Peláez³ y Armando Shimada.³**

¹Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

²Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ajuchitlán, Qro.

³Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RuMeN). Coordinación General de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. UNAM. Juriquilla, Qro.

⁴Laboratorio de Metabolismo Energético. Instituto de Neurobiología. UNAM. Juriquilla, Qro.

⁵Coordinación de la Investigación Científica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la alimentación, en el período pre-empadre en reproductoras de ciervo rojo, sobre su cambio de peso, estado metabólico y su relación con el sexo de sus crías. Se usaron 76 hembras adultas; se alojaron en corrales colectivos y 28 días antes del empadre se formaron 6 grupos con 13 ó 14 hembras por corral, con dos repeticiones por tratamiento. Durante este período, fueron alimentadas con una de 3 dietas experimentales que cubrían 115, 100 y 85% de los requerimientos de energía y proteína. La asignación a los tratamientos fue totalmente al azar. Al inicio y al finalizar el experimento los animales fueron pesados y a los 0, 14 y 28 días se tomaron muestras sanguíneas de cuatro hembras por tratamiento, para determinar por radioinmunoanálisis (RIA) o por métodos colorimétricos las concentraciones séricas de: triyodotironina (T_3), triyodotironina reversa (T_{3r}), triglicéridos y glucosa. Con base a los resultados de cambio de peso individual, se reclasificaron a las ciervas madre en dos grupos (animales con o sin ganancia de peso) en forma independiente del grupo experimental al que originalmente fueron asignadas. Lo anterior, debido a que los cambios de peso individuales dentro de cada grupo no fueron homogéneos, presentándose dentro de cada uno, animales con pérdida, mantenimiento o ganancia de peso en el pre-empadre. El porcentaje de machos y hembras nacidos fue de 65.8 vs. 34.2 y 44.8 vs. 55.2% respectivamente, para las hembras con o sin ganancia de peso ($P \leq 0.06$). No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la concentración sérica de T_3 , T_{3r} o en la relación T_3/T_{3r} por efecto del cambio de peso, pero si ($P = 0.005$) por efecto del día de muestreo (177.3, 211.8 y 266.0 ng/dL y 5.26, 7.65 y 8.87 en los días 0, 14 y 28 para T_3 y T_3/T_{3r} , respectivamente). La concentración de triglicéridos no mostró cambios a lo largo del estudio ($P = 0.36$) ni fue influenciada por el cambio de peso. La concentración de glucosa fue mayor en las hembras que ganaron peso (142.6 vs. 108.5 mg/dL en ciervas con y sin ganancia de peso respectivamente; $P < 0.05$) y menor en los días 7 y 28 comparados con el día 0 en las ciervas con ganancia de peso (interacción cambio de peso x día de muestreo; $P = 0.01$). El intervalo empadre-concepción (IEC) fue menor ($P = 0.01$) en las hembras con ganancia de peso (7.98 d) vs. las que no presentaron ganancia (15.03 d) sin embargo no hubo efecto del sexo de los cervatos ($P = 0.40$) o de la interacción cambio de peso x sexo de los cervatos ($P = 0.75$) para esta variable. Se concluye, que si hubo diferencias en los porcentajes de crías nacidas: machos:hembras, con mayor número de machos cuando las madres ganaron peso durante el pre-empadre. No se observó selección embrionaria por el sexo del mismo, de acuerdo al estado nutricional de las ciervas. Las tironinas y los triglicéridos no fueron asociados a la modificación en la proporción de los sexos en la progenie. La concentración de glucosa si se relacionó con este efecto, aunque aparentemente también pudieran estar asociados la dominancia social y el temperamento de las hembras.

PALABRAS CLAVE: Ciervo rojo, condición corporal, proporción de sexos en la progenie.

INTRODUCCIÓN

El cómo los padres dividen sus cuidados entre hijos e hijas, ha llegado a ser una de las áreas más estudiadas en la biología de la evolución (Brown, 2001). A partir de que Trivers y Willard (1973) publicaron la teoría en que proponen que la condición corporal de la madre puede influenciar la proporción de los sexos en su progenie, numerosos autores han tratado de explicar cómo diversos factores ("estatus" social, alimentación, edad, concentraciones hormonales, etc.) podrían actuar alterando la proporción de los sexos al nacimiento en varias especies animales, proporcionándoles de esa manera la habilidad de adaptarse y asegurar la sobrevivencia de la especie (Clutton-Brock *et al.*, 1986; Kojola, 1997; Rorie, 1999; Cockburn, 1999).

En el caso de algunas poblaciones de ungulados silvestres, se ha observado que las hembras con buena condición corporal producen una mayor proporción de crías macho, lo cual está fuertemente asociado con la dominancia social de las madres y el acceso preferencial que éstas tienen sobre los alimentos más nutritivos (Clutton-Brock *et al.*, 1985). Se cuenta con evidencia documental de que en condiciones de abundancia de alimento, existe una tendencia a cambiar la proporción de los sexos en la progenie en cérvidos poligínicos como el ciervo rojo (*Cervus elaphus*) y el reno (*Rangifer tarandus*) (Kojola, 1989, 1997).

Se sabe, que para la mayoría de las especies de cérvidos, es necesario que los partos ocurran en una época apropiada del año para un óptimo crecimiento y sobrevivencia de la progenie, lo cual ha ejercido influencia en su fisiología reproductiva (Asher *et al.*, 1994). En el ciervo rojo, el costo energético de la gestación y lactación es elevado, por lo que el éxito reproductivo de las hembras está determinado por su habilidad de acumular reservas corporales, mejorar su condición corporal y transmitir dicha habilidad a su progenie (Clutton-Brock *et al.*, 1982; Post *et al.*, 1999).

Al igual que en otras especies animales, las hormonas que controlan las distintas respuestas fisiológicas estacionales en el ciervo rojo y que se encuentran vinculadas a su estado nutricional son: gonadotropinas, prolactina, hormona del crecimiento, insulina y hormonas tiroideas, entre otras (Barry *et al.*, 1991; Asher *et al.*, 1994; Loudon y Brinklow, 1992).

A pesar de la información documental que existe sobre la variación en la proporción de sexos en la progenie en diferentes especies de ungulados, ésta se apoya básicamente en observaciones realizadas en poblaciones silvestres donde el manejo de los animales es limitado. Debido a ello, son pocas las investigaciones en que se ha podido obtener información sobre los mecanismos fisiológicos que

determinan este fenómeno y que a su vez apoyen de manera mas sólida la teoría propuesta por Trivers y Willard (1973).

En este estudio, el principal objetivo fue el de evaluar si el estado nutricional de las ciervas antes de la época reproductiva es un factor determinante para que se presenten cambios en la proporción de sexos de la progenie y adicionalmente, determinar si las concentraciones circulantes de hormonas tiroideas, glucosa y triglicéridos pueden ser indicadores sensibles de la condición nutricional en hembras de ciervo rojo y a partir de ello participar en la determinación del sexo de la progenie en ésta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de septiembre del 2000 a agosto del 2001, en el criadero de Ciervo Rojo del INIFAP; ubicado en el km 3 de la carretera Ajuchitlán-Colón, municipio de Colón, Querétaro, localizado a una altitud de 1990 msnm, entre las coordenadas geográficas 20° 47' de latitud norte y 100 ° 03' de longitud oeste. La zona cuenta con un clima BS1W (w), con precipitación pluvial de 460-630 mm y una temperatura media anual de 17.4 °C (INEGI, 2000).

Se usaron 76 hembras de ciervo rojo (*C. elaphus scoticus*) de 1 a 8 años de edad, (5.07 ± 2.56 años en promedio), desde nulíparas hasta 6 partos (4.13 ± 2.03 partos en promedio), no gestantes y no lactantes, con un peso promedio inicial de 92.8 ± 8.85 kg y una condición corporal promedio de 2.73 ± 0.29, en una escala del 1 a 5, con base a una adaptación del Método Virginia descrito por Edmonson *et al.* (1989). Las ciervas fueron alojadas en corrales de 20 x 30 m, rodeados con malla ciclónica de 2.5 m de altura, con piso empedrado, bebederos de pileta y comederos tipo canoa de concreto, y sombreaderos con techo de lámina de asbesto. El criadero cuenta con un corral de manejo provisto de báscula electrónica y las ciervas fueron pesadas al inicio y al término del período experimental.

El período experimental se llevó a cabo en la época pre-empadre, con una duración de 28 días, finalizando al inicio del empadre. Cuatro semanas antes del empadre se formaron seis grupos con 13 ó 14 hembras por corral. La selección de los animales, su distribución dentro de los grupos y su asignación a las dietas experimentales se realizó totalmente al azar, tratando de que en cada grupo se tuviera un número equivalente de hembras de acuerdo a la edad y número de parto. Las dietas experimentales fueron formuladas para que aportaran el 115, el 100 ó el 85 % de los requerimientos de mantenimiento para energía y proteína (Cuadro 1) de acuerdo al peso metabólico ($P^{0.75}$) promedio de cada grupo de animales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 1. Composición y análisis calculado de las dietas experimentales.

Ingrediente (% en la dieta)	115 %	Dietas 100 %	85 %
Maíz rolado	50.7	29.0	15.0
Heno de alfalfa	43.0	37.0	26.5
Rastrojo de maíz	0.5	28.2	52.7
Melaza	5.0	5.0	5.0
Sal común	0.5	0.5	0.5
Premezcla mineral comercial	0.3	0.3	0.3
Análisis calculado:			
Proteína cruda %	12.6	11.1	9.3
EM, Mcal/kg	2.8	2.4	2.1

Toma de muestras sanguíneas: En cuatro hembras de cada grupo de tratamiento elegidas al azar, se realizó un muestreo sanguíneo durante la época pre-empadre en los días 0, 14 y 28, correspondientes al período de alimentación. El criadero no cuenta con una prensa para la contención física de los animales, por lo que fue necesario tranquilizarlos usando clorhidrato de xylazina al 10 % (0.55-1.1 mg/kg de peso) posteriormente se usó clorhidrato de tolazina (4 mg/kg de peso) como agente antagonista.

La sangre fue tomada de la vena yugular, en tubos vacutainer de 5 ml con K₃ EDTA. El plasma fue separado por centrifugación (2000 x g a 4 °C) fraccionándose en viales de 1.5 mL y almacenándose a una temperatura de - 70 °C para la posterior determinación de la concentración de glucosa, triglicéridos (TAG's), triyodotironina (T₃) y triyodotironina reversa (T_{3r}). La glucosa fue medida por el método colorimétrico de glucosa oxidasa, en presencia de peroxidasa (Bayer®), los TAG's se midieron con un kit de triglicéridos líquido-estable Sera-Pack® Plus (Bayer 2001; No Bo-4551-01 6x100 mL).

Las concentraciones de T₃ y T_{3r} se cuantificaron por RIA heterólogo; en el que se estableció la curva estándar usando suero hipotiroideo de venado (Aceves *et al.*, 1982; Utiger, 1979.). Los coeficientes de variación intra e inter ensayo para T_{3r} fueron de 7.53 y 4.64 %, respectivamente y para T₃ fue de 4.20 y 4.79 %, respectivamente.

Durante el empadre, se usaron los mismos grupos de ciervas que durante el pre-empadre y seis sementales de 6 a 8 años de edad. La asignación de los sementales a cada uno de los grupos se realizó totalmente al azar. El empadre

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

tuvo una duración de ocho semanas, con fecha de inicio el 27 de octubre y de término el 22 de diciembre del año 2001. Durante esta etapa, los animales fueron alimentados a libertad con alfalfa y pasto henificados. Al término de la misma, las ciervas fueron conducidas a una pradera mixta irrigada; sembrada con alfalfa (*Medicago sativa*), pastos orchard (*Dactylis glomerata*) y rye-grass (*Lolium multiflorum*) y mantenidas en un sistema de pastoreo rotacional, hasta dos semanas previas al inicio de los partos. Durante las pariciones las hembras fueron alojadas en corrales, alimentadas a libertad con alfalfa y pasto henificado y con suministro de agua a libre acceso. Los cervatos fueron pesados, sexados e identificados a las 24 h de nacidos.

Al término del período experimental y después de analizar el comportamiento individual en cuanto a cambios de peso dentro de cada grupo de tratamiento, se encontró que en todos los grupos había animales con ganancia, pérdida y mantenimiento de peso. Lo anterior, a pesar de que a partir de la formulación de las dietas se había intentado que los grupos de tratamiento fueran homogéneos en relación a sus cambios de peso, para de esa manera generar el paradigma experimental de diferente estado nutricional entre los grupos. Aparentemente, el establecimiento de jerarquías dentro de cada grupo, fue un factor importante que determinó un consumo diferente de alimento al esperado para cada individuo dentro de grupo y a su vez las diferencias observadas entre individuos en cuanto a cambio de peso. Con base en lo anterior, se decidió reclasificar a las ciervas en dos tipos de condiciones independientemente del grupo inicial de tratamiento: hembras que ganaron peso (+1) y hembras que mantuvieron o perdieron peso (-1) durante el pre-empadre. Bajo este nuevo esquema se analizó la información recopilada para así poder responder a los objetivos experimentales planteados.

Con el fin de evaluar si el estado nutricional de las ciervas, influyó en el tiempo a la concepción de los productos macho y hembras llevados a término, se creó la variable tiempo entre el inicio del empadre y posible fecha de concepción (IEC), analizada de acuerdo al efecto de cambio de peso pre-empadre en las madres y sexo de las crías. Lo anterior considerando los hallazgos de Flint *et al.* (1997), en el sentido de que el estado nutricional de las hembras puede determinar la sobrevivencia temprana de los embriones macho y de esa manera influir sobre la relación de machos:hembras nacidos. De acuerdo a ello, se podría esperar que el grupo de ciervas con ganancia de peso antes del empadre, presentara como grupo un menor tiempo a concepción de los productos macho llevados a término, pues se favorecería la sobrevivencia temprana de embriones de este sexo en dicho grupo comparado con las hembras restringidas nutricionalmente (mantenimiento o pérdida de peso pre-empadre).

Análisis estadísticos

Las variables de respuesta evaluadas fueron: el porcentaje de crías macho y hembra nacidos, analizado por la prueba de ji-cuadrada; concentración plasmática pre-empadre de hormonas tiroideas (T_3 y T_3r) y metabolitos sanguíneos (glucosa y triglicéridos), analizado por ANDEVA para un diseño de parcelas divididas considerando al efecto de cambio de peso como parcela mayor y al tiempo de muestreo como sub-parcela; e intervalo inicio empadre-concepción (IEC), analizado por ANDEVA para un diseño completamente al azar (SAS, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la alimentación sobre el sexo de las crías

El porcentaje de los sexos en la progenie (machos y hembras) fue diferente ($P=0.06$) en las hembras que ganaron peso durante el período de alimentación pre-empadre en comparación con las ciervas que perdieron o mantuvieron peso durante ese período: 65.8 vs 34.2 y 44.7 vs 55.3% crías macho y hembra para las hembras que ganaron y perdieron peso, respectivamente (Cuadro 2). Resultados similares fueron informados por Enright *et al.* (2001), quienes alimentaron ciervas fallow (*Dama dama*) prepúberes con dos niveles energéticos (alto y bajo) y observaron que las hembras mejor alimentadas y con una mejor condición corporal tuvieron un mayor porcentaje de crías machos y las restringidas más crías hembras. En el mismo contexto, Flint *et al.* (1997) encontraron en ciervas adultas, que aquellas que gestaban un blastocisto macho estaban en mejor condición que las que llevaban un blastocisto hembra. En contraste, Hoefs y Nowlan (1994) mostraron en el venado wapiti (*Cervus elaphus nelsoni*) y otros ungulados silvestres suplementados previo a la época de empadre, que las madres que tuvieron un mejor plano nutricional produjeron mayor número de crías hembras. Por otro lado, Olvera (2000) sometió a flushing a hembras de ciervo rojo durante el empadre, pero no encontró cambios en la proporción de sexos en la progenie. Se considera que los resultados obtenidos representan una evidencia importante, en el sentido de que la alimentación es un factor que interviene en la determinación de la relación machos:hembras nacidos en esta especie, lo cual apoya la teoría propuesta por Trivers y Willard (1973).

Cuadro 2. Porcentaje de machos y hembras en la progenie de hembras de ciervo rojo con (+1) o sin (-1) ganancia de peso durante el período pre-empadre.

Tratamiento	Crías machos (%)	Crías hembras (%)
+1	65.8 (25/38)	34.2 (13/38)
-1	44.7 (17/38)	55.3 (21/38)

() Entre paréntesis: número de crías por sexo, con respecto al total del grupo de tratamiento. Efecto de Tratamiento (P=0.06).

Intervalo inicio de empadre-concepción (IEC)

Sólo se encontraron diferencias (P=0.01) en el IEC entre las hembras con y sin ganancia de peso durante el período pre-empadre (Cuadro 3), pero no por efecto del sexo de los cervatos (12.6 y 10.4 días para hembra y macho respectivamente; P=0.40) o por la interacción cambio de peso pre-empadre x sexo de los cervatos (Figura 1; P=0.75). Como puede observarse, al estimar el tiempo probable en el que las ciervas quedaron gestantes, éste fue menor en las hembras que ganaron peso y mayor para las que mantuvieron o perdieron peso durante el pre-empadre. El hecho de que no existieran diferencias en esta variable por efecto de la interacción cambio de peso pre-empadre en las madres x sexo de los cervatos, hace suponer que la condición nutricional de la madre no influyó sobre la sobrevivencia diferencial de los embriones tempranos de acuerdo a su sexo. En contraste a los resultados obtenidos en este estudio, Ditchkoff *et al.* (2002) sugieren que la proporción de los sexos de la progenie en el venado cola blanca puede estar relacionada con la fecha de concepción; pues al determinar el sexo en fetos de esta especie, observaron que las hembras con fechas tempranas de concepción tendieron a producir más machos, mientras aquellas con fechas tardías produjeron más crías hembra. Asimismo, Flint *et al.* (1997) encontraron al analizar el desarrollo embrionario temprano y su producción de interfero τ , que la condición corporal de las madres influyó sobre la sobrevivencia de los productos macho, favoreciéndose ésta en las ciervas con mejor condición corporal. Derivado de estos hallazgos, los autores mencionados proponen a ésta sobrevivencia diferencial de los embriones por sexo, como el mecanismo para modificar la relación de machos:hembras nacidos por efecto de la condición nutricional de las madres. En los resultados del presente estudio, no se encontraron evidencias de que el mecanismo anterior hubiera estado presente, aunque si se encontraron diferencias en la proporción de sexos en la progenie de acuerdo al estado nutricional de las ciervas madre (Cuadro 2).

En cuanto al efecto de condición nutricional pre-empadre en las ciervas sobre la duración del IEC, este efecto podría estar asociado a un reinicio mas temprano de la actividad reproductiva en las hembras con ganancia de peso previo al empadre, que implicara la presentación de una mayor proporción de ciervas manifestando estros de fertilidad adecuada y con mejores posibilidades de mantener la gestación en las etapas iniciales del empadre. Existen pocos trabajos publicados sobre el IEC y su efecto en la proporción de los sexos de la progenie. Sin embargo, se encuentra bien documentado el hecho de que en todas las especies animales, la alimentación es un factor importante sobre el desarrollo embrionario y fetal tempranos y el efecto que tiene sobre el tamaño, el vigor y la viabilidad del recién nacido (Robinson, 1996). Nuestros datos muestran que una mejor condición nutricional reflejada como ganancia de peso, permitió mayor eficiencia reproductiva al reducirse el IEC en las ciervas del grupo con ganancia de peso pre-empadre. Resultados similares son mencionados por Hamilton y Blaxter (1980; citados por Enright *et al.*; 2001) quienes señalan que en el ciervo rojo explotado en granja, la fertilidad está directamente relacionada a su peso vivo antes del empadre.

Cuadro 3. Efecto del cambio de peso sobre el intervalo empadre-concepción (medias ± e.e.).

TRAT	n	IEC (días)
+1	38	7.98±1.89 ^a
-1	38	15.03±1.83 ^b
P		0.001

^{a,b} Medias con diferente superíndice son estadísticamente diferentes.
 +1 Hembras con ganancia de peso pre-empadre
 -1 Hembras con mantenimiento o pérdida de peso pre-empadre

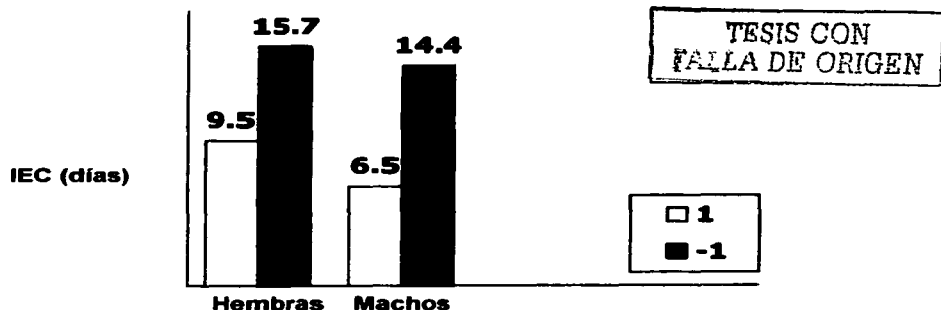


Figura 1. Efecto de la interacción cambio de peso pre-empadre x sexo de las crías, sobre el intervalo inicio de empadre-concepción (IEC); P=0.75.

+1 Hembras con ganancia de peso pre-empadre

-1 Hembras con mantenimiento o pérdida de peso pre-empadre

Hormonas tiroideas

Los resultados de las concentraciones hormonales de T_3 y T_{3r} así como la relación entre estas hormonas se presentan en el Cuadro 4. No se encontraron diferencias entre los grupos de tratamientos con (+1) o sin (-1) ganancia de peso pre-empadre en la concentración plasmática de T_3 ($P=0.49$), T_{3r} ($P=0.65$) o en la relación T_3/T_{3r} ($P=0.47$) a lo largo del período de muestreo (interacción cambio de peso pre-empadre x día de muestreo, $P>0.05$). En lo que respecta a los días de muestreo, se encontró que las concentraciones plasmáticas de T_3 y la relación T_3/T_{3r} se incrementaron al final de dicho período.

A diferencia de los resultados obtenidos en nuestro estudio, Rhind *et al.* (1998) encontraron efecto del nivel de consumo de alimento sobre los perfiles circulantes de hormonas tiroideas, con mayores concentraciones plasmáticas de T_3 en machos ciervo rojo alimentados a libertad comparados con los que recibieron una dieta de mantenimiento. Además, observaron cambios estacionales en la concentración plasmática de T_3 siendo ésta mayor durante el verano en comparación con el invierno. Por su parte, Wester *et al.* (1995) mencionan que la concentración sanguínea de T_3 disminuyó en corderos durante un período de restricción alimenticia de siete semanas, con un posterior incremento después de que los animales fueron realimentados sin restricción. De igual manera, Hayden *et al.*

(1993) encontraron que las concentraciones plasmáticas de T_3 y T_{3r} se redujeron en novillos restringidos en consumo de energía (25 %) durante 92 días, para alcanzar niveles normales al ser realimentados sin restricción energética. Blum *et al.* (1980) señalaron que en ovinos adultos, la restricción de energía (25 y 50 %) durante 126 días redujo los niveles de T_3 , con incremento de T_{3r} .

Como ya se mencionó, en el presente trabajo no se encontró una asociación clara entre las concentraciones circulantes de hormonas tiroideas y la condición nutricional de las ciervas, reflejada por sus ganancias de peso pre-empadre. Una posible explicación para este efecto, es que tal vez las diferencias generadas en cuanto a estado nutricional, tanto en grado como en duración, no fueran suficientes para causar un cambio en la tasa metabólica de las ciervas y por consecuencia no se modificó el patrón de secreción y/o producción de las tironinas. Otros estudios han mostrado que la concentración de estas hormonas varía con la época del año y la disponibilidad de alimento en especies de cérvidos. Timisjärvi *et al.* (1994) estudiaron un grupo de renos a lo largo de un año y determinaron que había variaciones estacionales en las concentraciones de T_3 , T_4 y T_{3r} , con picos de concentración de octubre a noviembre para T_3 y en junio para T_{3r} . Asimismo, Anderson y Barrel (1998) midieron la concentración de T_3 y T_4 antes y durante la época reproductiva en hembras adultas de ciervo rojo y observaron un incremento estacional en la T_3 a través del verano. En nuestra investigación, la concentración de T_3 y la relación T_3/T_{3r} se incrementó ligeramente conforme transcurría el tiempo de muestreo, sin que se observaran cambios significativos en la concentración de T_{3r} . Lo anterior, posiblemente relacionado con un cambio estacional en la secreción de T_4 y T_3 , además de un cambio en el patrón de deionización de la primera que favoreciera la producción de T_3 como se ha observado en otros cérvidos (Timisjärvi *et al.*, 1994).

Cuadro 4. Relación T_3/T_{3r} y concentraciones plasmáticas de T_3 y T_{3r} en hembras de ciervo rojo con (+1) o sin (-1) ganancia de peso, durante el período pre-empadre y a lo largo del período de muestreo sanguíneo.

TRAT	T_3 (ng/dL) (EEM=11.29) n=9	T_{3r} (ng/dL) (EEM=3.96) n=9	T_3/T_{3r} (EEM=0.67) n=9
+1	226.7	32.7	8.16
-1	210.1	38.3	6.35
P	0.33	0.35	0.47
DÍA DE MESTREO	(EEM=13.83) n=6	(EEM=4.86) n=6	(EEM=0.82) n=6
0	177.3 ^a	42.4	5.26 ^a
14	211.8 ^{ab}	29.8	7.65 ^{ab}
28	266.0 ^b	34.2	8.87 ^b
P	0.005	0.23	0.04

^{a,b} Medias con diferente superíndice dentro de columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). No se encontraron efectos de la interacción tratamiento x día de muestreo ($P > 0.05$).

Glucosa y triglicéridos

Los resultados de las concentraciones plasmáticas de glucosa y triglicéridos se detallan en los Cuadros 5 y 6. En cuanto a la concentración de glucosa, tanto el cambio de peso pre-empadre ($P < 0.001$) como el tiempo de muestreo ($P = 0.06$) y su interacción ($P = 0.01$) influenciaron ésta variable de respuesta. En general y a lo largo del período de muestreo, la concentración de glucosa plasmática fue mayor para las ciervas que ganaron peso durante el período pre-empadre. Sin embargo, en este grupo a diferencia del que no presentó ganancia de peso, se observó una disminución importante entre la concentración de glucosa en el primer muestreo con respecto a los subsecuentes (Cuadro 6). Es posible que este efecto, haya sido debido a que los animales con ganancia de peso presentaban un temperamento mas nervioso que los del grupo sin ganancia de peso. Debido a ello, también es posible que fueran más susceptibles al estrés de manejo, o particularmente durante el primer muestreo. Posteriormente, la mayor familiaridad con el manejo asociado al muestreo sanguíneo, pudiera haber disminuido el grado de estrés asociado a dicho manejo y disminuir a su vez la respuesta glicémica que comunmente se observa en condiciones de estrés físico agudo.

Las concentraciones plasmáticas de glucosa en este estudio, son mayores que las encontradas por McMahon *et al.*, (1997) en machos de ciervo rojo en crecimiento. Estos autores, encontraron que la concentración plasmática de glucosa era de 11.26 y 31.53 mg/dL y de 4.51 y 13.51 mg/dL durante el invierno y primavera en animales alimentados a libertad y restringidos, respectivamente.

En 1998, Newman *et al.*, evaluaron la concentración de glucosa en gamos machos durante el pre-empadre, sin que encontraran cambios en los patrones de concentración del metabolito (37.30 mg/dL) en respuesta a la reducción en el consumo de alimento.

Por su parte, Bubenik *et al.* (1998) midieron las concentraciones de glucosa en renos (*Rangifer tarandus*) durante diferentes estaciones y observaron que los niveles permanecían relativamente estables a través del año, tanto en hembra no gestantes como en machos (143 y 212 mg/dL). En contraste, las hembras gestantes presentaron concentraciones bajas durante el verano (66 mg/dL) y altas durante el otoño (231 mg/dL).

En términos generales, las concentraciones de glucosa plasmática reportadas en la literatura para cérvidos han sido muy variables. Asimismo, en algunos casos resultan mucho menores a las encontradas en el presente estudio, en el cual a su vez se observaron concentraciones sensiblemente mayores a las consideradas como normales en rumiantes domésticos (40-60 mg/dL; Fahey y Berger, 1988). Independientemente de las posibles diferencias asociadas a la especie, el estrés durante el muestreo y la utilización de clorhidrato de xylazina para la contención de las hembras en nuestro estudio, pudieran haber sido responsables de los niveles elevados de glicemia de acuerdo a lo sugerido en otros trabajos con ciervo rojo (Bubenik *et al.*, 1998; Knox *et al.*, 1988).

La concentración de triglicéridos no fue diferente ($P=0.36$) entre las hembras que ganaron peso, comparadas con las que lo perdieron. Tampoco se encontraron diferencias para el efecto de día de muestreo ($P=0.40$) o para la interacción entre ambos efectos principales. Estos resultados sugieren que no se presentó movilización del tejido adiposo por efecto del cambio de peso de las hembras, a diferencia de lo encontrado por DelGiudice *et al.* (1987) en hembras de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) sometidas a un período de ayuno de 24 d. En ese estudio, los autores mencionados, encontraron que las concentraciones de triglicéridos séricos se incrementaban significativamente a partir de la 4ª semana en condiciones de ayuno. En otro trabajo realizado con venado cola blanca, DelGiudice *et al.* (1990) encontraron una respuesta similar después de períodos de ayuno prolongado, indicativas del uso de reservas corporales como respuesta al estado de restricción nutricional severa. En el presente estudio, las concentraciones de este metabolito no estuvieron asociadas a los cambios pre-empadre y por tanto probablemente no participaron en la diferencia en la

proporción de la progenie, quizá debido a las condiciones de alimentación a las que fueron sometidas las ciervas (de corto plazo y baja severidad).

Cuadro 5. Concentraciones plasmáticas de glucosa y triglicéridos en hembras de ciervo rojo con (+1) o sin (-1) ganancia de peso, durante el período pre-empadre y a lo largo del período de muestreo sanguíneo.

TRAT	n	Glucosa (mg/dL)	Triglicéridos (mg/dL)
+1	9	149.20 ^a	13.66
-1	9	108.46 ^b	9.72
P		0.0004	0.36
DÍA DE MUESTREO		(EEM=6.03)	(EEM=3.54)
0	6	142.60 ^a	10.8
14	6	120.27 ^b	8.6
28	6	123.62 ^b	15.6
P		0.06	0.40

^{a,b} Medias con diferente superíndice dentro de columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 6. Efecto de la interacción cambio de peso pre-empadre x por día de muestreo, sobre la concentración plasmática de glucosa, $P = 0.01$.

Tratamiento	+1	-1
Día de muestreo		
0	181.43	103.77
14	127.80	112.73
28	138.37	108.87
EEM=8.52		

+1 Hembras con ganancia de peso pre-empadre

-1 Hembras con mantenimiento o pérdida de peso pre-empadre

CONCLUSIONES

En los animales de este estudio, se presentaron diferencias en los porcentajes de crías nacidos: machos:hembras, favoreciéndose el nacimiento de un mayor número de machos cuando las madres ganaron peso durante el período pre-empadre. Sin embargo, los resultados del IEC no mostraron evidencias de que se presentara selección diferencial por el sexo del embrión, de acuerdo al estado nutricional de las madres. El patrón de secreción y/o producción de las tironinas no estuvo asociado a los cambios de peso pre-empadre, por lo que se asume que estas hormonas probablemente no participaron en el mecanismo fisiológico que modificó el cambio en la proporción de sexos de los cervatos. De igual manera, las concentraciones de triglicéridos no se relacionaron a las condiciones nutricionales de las hembras, por lo que es posible que no participaran en la variación de los porcentajes de los sexos.

Aunque la reclasificación de los animales se realizó con la finalidad de generar el paradigma experimental de diferentes condiciones nutricionales, posiblemente pudiera haber provocado que se generara una diferencia de estatus social (dominantes vs. subordinadas) entre los grupos de hembras con ganancia y pérdida de peso. En el caso de la concentración de glucosa plasmática, si se observaron cambios de peso de las hembras durante el período pre-empadre y quizá si hubo una asociación con el cambio de la proporción de los sexos de las crías. Por lo tanto, es factible que ésta variable pudiera estar asociada con la dominancia social y el temperamento de la ciervas. Por lo anterior, se sugiere la necesidad de que se realicen otras investigaciones en las que se considere el estatus social y a la condición nutricional, como factores que podrían establecer una modificación en la proporción de los sexos en la progenie.

AGRADECIMIENTOS

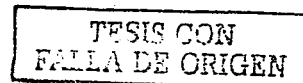
Se agradece la ayuda técnica brindada por la bióloga Rita Rojas Huidobro y la M.C. Adriana González Gallardo, para la determinación de las hormonas tiroideas y los metabolitos sanguíneos. De igual manera se agradecen las sugerencias y comentarios del Dr. Pascal Poindrón Massot.

REFERENCIAS

- Aceves VC, Legarreta FG y Valverde RC. 1982. Importancia del radioinmunoanálisis homólogo de tiroxina en el suero de bovinos y caprinos. *Veterinaria Méx.* 13: 207-212.
- Anderson MG and Barrell KG. 1998. Effects of thyroidectomy and thyroxine replacement on seasonal reproduction in the red deer hind. *Journal of Reproduction and Fertility.* 113: 239-250.
- Asher GW, Fisher MW, McLeod BJ and Berg DK. 1994. Reproductive physiology of cervids: a review. *Proceedings of a Deer Course for Veterinarians: Course No. 11.* Deer Branch, NZVA, Queenstown: 258-270.
- Barry TN, Suttie JM, Milne JA and Kay RNB. 1991. Control of food intake in domesticated deer. In *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants.* Academic Press (Ed.). 17: 385-401.
- Blum JM, Gingins M, Vitins P and Bickel H. 1980. Thyroid hormone levels related to energy and nitrogen balance during weight loss and regain in adults sheep. *Acta Endocrinológica.* 93, 440-447.
- Bubenik GA, Schams D, White GR, Rowell J Blake J and Bartos L. 1998. Seasonal levels of metabolic hormones and substrates in male and female reindeer (*Rangifer tarandus*). *Comparative Biochemistry and Physiology. part C.* 120: 307-315.
- Brown RG. 2001. Sex-biased investment in nonhuman primates: can Trivers & Willard's theory be tested? *Animal Behaviour.* 61: 683-694.
- Clutton-Brock TH, Guinness FE and Albon SD. 1982. Red deer: Behavior and Ecology of Two Sexes. Edinburg University Press.
- Clutton-Brock TH. 1985. Reproductive success in red deer. *Scientific American.* 252: 68-74.
- Clutton-Brock TH, Albon SD and Guinness FE. 1986. Great expectation: dominance, breeding success and offspring sex ratios in red deer. *Animal Behaviour.* 34: 460-471.
- Cockburn A. 1999. Deer destiny determined by density. *Nature.* 39: 407-408.

- DelGiudice GD, Mech LD, Seal US and Karns PD. 1987. Effects of winter fasting and refeeding on white-tailed deer blood profiles. *Journal of Wildlife Management*. 51: 865-873.
- DelGiudice GD, Mech LD, Seal US and Karns PD. 1990. Effects of winter undernutrition on body composition and physiological profiles of white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management*. 51: 539-550.
- Ditchkoff SS, Gray WN, Cook CW and Mitchell MS. 2002. Conception date influences offspring sex ratio in white-tailed deer. Abstract. In: 5th International Deer Biology Congress. Québec, Canada.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T and Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72: 68-78.
- Enright WJ, Spicer LJ, Kelly M, Culleton N and Prendiville DJ. 2001. Energy level in winter diets of Fallow deer: effect on plasma levels of insulin-like growth factor-I and sex ratio of their offspring. *Small Ruminant Research*. 39: 253-259.
- Fahey GC y Berger LL. 1988. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. En: Church. DC editor. El Rumiante. Fisiología Digestiva y Nutrición.
- Flint APF, Albon SD and Jafar SI. 1997. Blastocyst development and conceptus sex selection in red deer (*Cervus elaphus*). Studies of a free-living population on the isle of Rum. *General and Comparative Endocrinology*. 106: 374-383.
- Hoefs M and Nowlan U. 1994. Distorted sex ratios in young ungulates: The role of nutrition. *Journal of Mammalogy*, 75 (3): 631-636.
- Hayden JM, Williams JE and Collier RJ. 1993. Plasma growth hormone, insulin-like growth association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. *Journal of Animal Science*. 72, 2289-2297.
- INEGI. 2000. Cartas topográficas de climas, de temperaturas y precipitación pluvial. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática en México.
- Kojola I. 1997. Social status and physical condition of mother and sex ratio of offspring in cervids. *Applied Animal Behavior Science*. 51: 267-274.

- Kojola I. 1989. Mother's dominance status and differential investment in reindeer calves. *Animal Behaviour*. 38: 177-185.
- Knox DP, Mckelvey WAC and Jones DG. 1988. Blood chemical references values for farmed red deer. *Veterinary Record*. 122: 109-112.
- Loudon A S I and Brinklow B R. 1992. Reproduction in deer: Adaptations for life in seasonal environments. In: *The Biology of Deer*. Ed. Brown RD. Springer-Verlag. 261-278.
- McMahon CD, Corson ID, Littlejohn RP, Stuart SK, Veenvliet BA and Suttie JM. 1997. Effects of season, protein and nutritional state on glucose tolerance during an annual cycle of growth in young red deer stags. *Journal of Endocrinology*. 154: 257-283.
- Newman RE, McConnell SJ, Weston RH, Reeves M, Bernasconi PJ and Wynn PC. 1998. The relation between plasma testosterone concentrations and the seasonal variation in voluntary feed intake in fallow bucks (*Dama dama*). *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 130: 357-366.
- Olvera RAM. La proporción de los sexos en la progenie de un rebaño de ciervo rojo (*Cervus elaphus scoticus*) neocelandés en cautiverio [tesis maestría]. Ajuchitlán, Querétaro, México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM; 2000.
- Post E, Langvatn R, Forchhammer MC and Stenseth NChr. 1999 Environmental variation shapes sexual dimorphism in red deer. *Proceedings of the National Academic Sciences of the United States of America*. *Ecology*. 96: 4467-4471.
- Rhind SM, McMillen SR, Duff E, Hirst D and Wright S. 1998. Seasonality of meal patterns and hormonal correlates in red deer. *Physiology and Behavior*. 65(2): 295-302.
- Robinson JJ. 1996. Nutrition and reproduction. *Animal Reproduction Science*. 42: 25-34.
- Rorie RW. 1999. Effect of timing of artificial insemination on sex ratio. *Theriogenology*. 52: 1273-1280.



- Timisjärvi J, Ojutkangas V, Eloranta E, Nieminen M, Leppäluoto J, Liimatainen S and Vuolteenaho O. 1994. Annual variations in serum thyroid-stimulating hormone and thyroid hormones and in their responses to thyrotrophin-releasing hormone in the reindeer. *Journal of Endocrinology*. 141: 527-533.
- Trivers RL and Willard DE. 1973. Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science*, 179: 90-92.
- SAS User's Guide: Statistics. 1994. Cary, NC USA: Statistical Analysis System Institute Inc.
- Utiger DR. 1979. Thyrotropin. In: Methods of Hormone Radioimmunoassay. Second edition. Eds. Jaffe MB and Behram RH. Academic Press. 315-325.
- Wester TJ, Britton RA, Klopfenstein TJ, Ham GA, Hickok DT and Krehbiel CR. 1995. Differential effects of plane of protein or energy nutrition on visceral organs and hormones in lambs. *Journal of Animal Science*. 73: 1674-1688.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN