

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**EFEECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ALIMENTARIA
ESTRATÉGICA SOBRE LA EFICIENCIA
REPRODUCTIVA EN VICUÑAS MANTENIDAS EN
SEMICAUTIVIERIO**

ELIZABETH ELLMEN GARCÍA

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

PROFESOR GUIA: DR. VICTOR HUGO PARRAGUEZ

**SANTIAGO, CHILE
2004**

Esta memoria de título se desarrolló con el apoyo del proyecto FIA, BIOT-01-P-001 “Introducción de tecnologías para el mejoramiento de la fertilidad en vicuñas (*Vicugna vicugna*), mantenidas en semicautiverio” y al Centro Internacional de Estudios Andinos (INCAS) de la Universidad de Chile.

Agradecimientos.

Gracias, a mi profesor guía Dr. Victor H. Parraguez y al Dr. Alberto Raggi, por haberme dado la oportunidad de trabajar en este proyecto, que me permitió conocer las vicuñas y todo el ambiente que las rodea; compartir con el grupo de investigadores, las comunidades aymarás y su estilo de vida dado en condiciones ambientales extremas, en fin una serie de factores que hicieron de mi tesis una experiencia única y enriquecedora.

A mi profesor consejero Dr. Mario Duchens por su gran ayuda y paciencia.

A la Dra. María Angélica Morales por todos sus consejos en el área estadística.

A mi familia, porque sin el apoyo y cariño constante de ellos, jamás habría llegado donde estoy.

A mis amigos y Ricardo, porque hicieron que mi paso por la universidad fuera una etapa increíble en mi vida.

Índice.

I. Introducción	1
II. Revisión bibliográfica	2
A. Biología reproductiva de la vicuña	2
B. Efecto de la nutrición sobre la reproducción	3
B.1. Generalidades	3
B.2. Nutrición y actividad del eje hipotálamo- hipófisis- gónadas	5
B.3. “Flushing”	7
B.4. Nutrición y gestación	12
III. Hipótesis	16
IV. Objetivos	16
A. Objetivo general	16
B. Objetivos específicos	16
V. Material y método	17
VI. Resultados	22
A. Suplementación nutricional estratégica antes y durante el encaste	22
A.1. Suplementación nutricional y tasa de concepción	22
A.2. Suplementación nutricional y sobrevivencia embriofetal	23
B. Suplementación alimentaria durante la gestación	23
C. Tratamiento nutricional y peso corporal	24
D. Peso corporal y condición reproductiva	26
VII. Discusión	29
VIII. Conclusiones	36
IX. Bibliografía	37

Resumen.

Este estudio tuvo por finalidad evaluar el efecto de la suplementación alimentaria estratégica, sobre la eficiencia reproductiva, en un grupo de vicuñas mantenidas en semicautiverio, en el altiplano de la I región de Chile. Se utilizaron dos grupos de animales: vicuñas con suplementación alimentaria, suministrada en dos momentos críticos para la gestación y un grupo de vicuñas control, que consumieron sólo el alimento proporcionado por la pradera. La primera suplementación alimentaria, se entregó como “flushing” 15 días antes de comenzar el encaste y durante éste, con el fin de estudiar su efecto sobre la tasa de concepción y sobrevivencia embriofetal. El segundo tratamiento nutricional, se administró en los meses de Septiembre y Octubre, momento en el cual las vicuñas cursan su 6° –7° mes de gestación, con el fin evitar los abortos que se detectan en ese período de la preñez. El suplemento administrado consistió en 1 Kg de heno de alfalfa (producido en Putre) por animal, otorgado en comederos colectivos, durante el período previamente descrito. En ambos casos, la presencia de gestación se evaluó mediante ecografías y mediciones de las concentraciones plasmáticas de progesterona. Adicionalmente, las vicuñas se pesaron al inicio y al final de cada tratamiento nutricional, con el fin de determinar el efecto de ellos sobre el peso corporal.

El “flushing” de alimentación no tuvo un efecto significativo sobre la tasa de concepción o menor mortalidad embriofetal. Tampoco se observó un efecto sobre el peso corporal. La suplementación nutricional de gestación no produjo diferencias en el número de abortos entre las vicuñas tratadas y control, pero se observó un incremento en el peso de las vicuñas suplementadas. Adicionalmente, se estableció que existen diferencias entre los pesos que logran las vicuñas al inicio de la gestación y que no pierdan su cría en los meses de baja disponibilidad de forraje.

Se concluye, que el tratamiento nutricional otorgado, no es efectivo para mejorar la fertilidad en la vicuña. Sin embargo, el incremento del peso de las vicuñas al inicio de la gestación, podría disminuir el número de vicuñas que abortan en la temporada seca. La suplementación durante la época seca del altiplano, es efectiva para aumentar el peso de los animales, pero el efecto sobre un menor número de abortos fue incipiente.

Summary

The purpose of this study was to evaluate the effects of strategic nutritional supplementation on reproduction performance of a group of vicuñas under semi-captive management in the altiplano of Chile, I region. Two groups were used: vicuñas to whom nutritional supplementation was administered at two critical moments of the gestation, and a control group which consumed only natural pastures. The first nutritional supplement was given as “flushing” fifteen days before mating and during all mating period, observing its effect on the rate of conception and embryo-fetal survival. The second nutritional treatment was administered during September and October, when the vicuñas were in their sixth and seventh months of gestation, with the aim of prevent abortions previously detected during this period of pregnancy. The supplement consisted of 1 Kg/animal/day of alfalfa hay (produced in Putre) administered during the periods previously described. In both cases, pregnancy was confirmed through ecography and measurements of plasma progesterone concentrations. Additionally, the vicuñas were weighted at the beginning and at the end of each treatment, to determine the impact on body weight.

The nutritional “flushing” did not significantly affect the conception or embryo-fetal mortality rates. In addition, no effect on body weight was observed. The second nutritional supplementation applied during middle of gestation, although increased body weight, did not change the percentage of abortions in comparison with the control group. Moreover, a relationship between high body weight at beginning of gestation and absence or abortions was detected.

It was concluded that supplementation with alfalfa hay as administrated is not effective to increase fertility and decrease abortions rate in vicuñas. However, high body weight at the beginning of gestation may avoid the abortions during the altiplano’s dry season.

I. Introducción.

La vicuña (*Vicugna vicugna*) es el camélido sudamericano silvestre más pequeño y constituye un recurso animal de gran importancia socioeconómica, principalmente para las comunidades indígenas aymarás, debido a que su fibra es muy cotizada en el mercado internacional. Es precisamente esto lo que ha impulsado la creación de núcleos de crianza de vicuñas en semicautiverio en el altiplano de la I región, con el fin de probar nuevas tecnologías posibles de introducir en la zona, de modo de incrementar la productividad de la especie y por tanto, los ingresos y la calidad de vida de los campesinos aymarás.

A pesar de que no existen dudas con respecto al potencial económico de esta especie, hay una serie de limitantes que impiden su óptima producción. Entre éstas se encuentran características reproductivas como el largo de la gestación (343 ± 7 días), altas tasas de mortalidad durante los tres primeros meses de edad, baja fertilidad de los rebaños (40-60%) (Fernández-Baca, 1991) y alta mortalidad embrionaria durante el primer mes de gestación (Urquieta, 1993), lo que disminuye el número de animales posibles de ingresar al proceso productivo.

Aún cuando los camélidos sudamericanos son, en general, poco exigentes y a la vez muy eficientes en el uso de los recursos alimenticios, se piensa que la baja oferta de recursos forrajeros durante ciertas temporadas críticas, como son el encaste y la gestación podrían explicar al menos parcialmente, las bajas tasas de fertilidad.

Debido a lo anterior y con el fin de lograr incrementar la eficiencia reproductiva de los rebaños en semicautiverio, es que en esta memoria de título se realiza una suplementación alimentaria estratégica, en dos períodos críticos para la gestación.

II. Revisión bibliográfica

A. Biología reproductiva de la vicuña.

La biología reproductiva de la vicuña es un tema con aún muchas incógnitas, debido a la dificultad de trabajar con la especie, puesto que en los países que la poseen ha permanecido bajo protección, con escaso acceso a los investigadores. Sin embargo, se sabe que es una especie de ovulación inducida, que presenta estacionalidad reproductiva con temporada de partos y encastes entre febrero y agosto, con una mayor concentración de montas en el mes de marzo (Urquieta *et al.*, 1990). Teóricamente las vicuñas llegan a la pubertad alrededor del año de edad. Sin embargo, el plano nutricional, expresado mediante el desarrollo y peso corporal, ejerce una marcada influencia en el momento en que se empiezan a generar gametos viables para el éxito reproductivo (Fernández-Baca, 1991).

El período de gestación en la vicuña se describe que es de 343 ± 7 días, naciendo las crías en estado avanzado de desarrollo. En las hembras gestantes, los niveles de progesterona comienzan a incrementarse a partir de los 5 días post monta, permaneciendo sobre los 2 nmol/L durante toda la preñez. El cuerpo lúteo es indispensable para el sostenimiento de la preñez durante los 10 primeros meses (Fernández-Baca, 1991). La placenta de los camélidos sudamericanos es de tipo epiteliocorial simple difusa (Urquieta, 1993).

Los partos ocurren principalmente cuando hay mayor oferta de pastos por parte de la pradera y estos ocurren generalmente por la mañana. La retención placentaria y distocias son poco comunes (Urquieta, 1993).

En los camélidos sudamericanos no se han registrado partos gemelares, por lo que se asume que son especies monotocas, incapaces de llevar a término una gestación gemelar (Fernández-Baca, 1991).

B. Efecto de la nutrición sobre la reproducción.

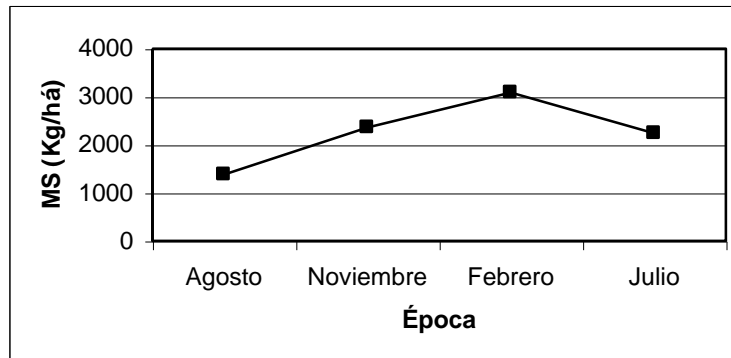
B.1. Generalidades:

La vicuña es una de las dos especies de camélidos sudamericanos silvestres, que junto a los camélidos domésticos, habitan la región altoandina de la I y II región de Chile. Esta región ofrece pastizales que en promedio anual de producción de energía metabolizable y proteína, son insuficientes para cubrir los requerimientos de mantención de los camélidos y menos aún los asociados a los procesos de gestación y lactancia. Dadas estas restricciones nutricionales, la única forma de que los animales puedan cubrir sus requerimientos, es mediante el empleo de estrategias de pastoreo, tales como una mayor capacidad de selección, consumiendo una dieta compuesta por plantas de un mayor valor nutritivo que el promedio de la pradera y también probablemente aumentando la capacidad de ingestión (Castellaro *et al.*, 1998).

Dentro de las formaciones vegetales naturales, el bofedal, el coironal y el tolar son los recursos forrajeros más importantes, siendo el bofedal el que constituye la base alimenticia de los animales, con un promedio de energía metabolizable anual de 1790 Kcal/kg. En tanto los valores de proteína cruda son en la época seca de 6,8% y en la época lluviosa de 11,5% (Castellaro *et al.*, 1998).

En general existe gran estacionalidad del crecimiento en estas praderas, lo que se refleja en una mayor producción de forraje bruto (aproximadamente 2800 Kg/há.), en los meses de Diciembre a Febrero, que corresponden a la época lluviosa, donde además de aumentar las precipitaciones, aumentan las temperaturas, otorgando las condiciones óptimas para el crecimiento de las praderas. En los meses posteriores la producción experimenta un descenso progresivo, llegando en la época seca, a una producción de aproximadamente 1800 Kg/há. (Figura N° 1) (Castellaro *et al.*, 1998).

Figura N° 1.
Variación en la Disponibilidad de Materia Seca en los
Bofedales del Altiplano de la I Región.



Castellaro *et al.*, (1998).

Una alimentación insuficiente, es uno de los factores que produce mayores efectos detrimentales en la eficiencia reproductiva de los animales, principalmente en aquellas especies con baja fertilidad como las vicuñas. Es por esta razón, que resulta interesante realizar una suplementación alimentaria estratégica en ellas, buscando obtener los beneficios que este manejo ha reportado en otras especies de rumiantes.

En la literatura disponible, no existen antecedentes de trabajos relacionados con el “flushing” o suplementación durante ciertos meses de la gestación, en ninguna de las 4 especies de camélidos sudamericanos, por lo tanto en esta revisión será necesario basarse en los resultados obtenidos en otras especies.

La suplementación estratégica se otorga, de acuerdo al aumento de los requerimientos nutricionales, o en la época de menor oferta nutritiva de los pastizales. Las vicuñas aumentan su demanda de nutrientes en la temporada de encastes, ya que además se encuentran en lactancia. Aún cuando este período coincide con la mayor oferta de forraje bruto de los pastizales altoandinos (Castellaro *et al.*, 1998), se cree que ella no alcanza a cubrir los requerimientos.

A largo plazo el nivel de alimentación determina el peso vivo y la condición corporal, mientras que a corto plazo una mejora del nivel nutricional por un aumento del consumo o de la calidad de los suplementos alimenticios suministrados en el período del encaste, está relacionada con un aumento en la entrada de nutrientes a nivel celular que estimulan la secreción de hormonas gonadotrópicas o bien actúan directamente sobre el ovario (Cox *et al.*, 1987).

B.2. Nutrición y actividad del eje hipotálamo- hipófisis- gónadas.

El ciclo sexual está controlado por complejos mecanismos dependientes del sistema endocrino, el cual se ve modificado por el incremento de la ingesta alimenticia. Estos cambios en los patrones endocrinos desempeñan un papel importante en el establecimiento y mantención de la preñez, principalmente en sus estados iniciales (Gunn, 1983).

Los estímulos sensoriales y ambientales que reciben los animales se transmiten al sistema nervioso central y desde allí a través del eje hipotálamo - hipófisis a las gónadas (Jimeno *et al.*, 2001).

El incremento en el nivel nutricional es un estímulo ambiental, que se manifiesta por cambios en la concentración plasmática de glucosa, insulina, ciertos aminoácidos y ácidos grasos no esterificados entre otros, constituyendo señales no específicas, que por acción conjunta, controlarán la liberación de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y secreción de hormona luteinizante (LH) y hormona folículoestimulante (FSH) (Schillo, 1992). Sin embargo, se producen ciertos metabolitos específicos en la sangre, que comunican sobre el cambio en el estado nutricional directamente al hipotálamo. Es así como la leptina o también llamada la hormona productora de la saciedad, es una hormona proteica, secretada por las células adiposas (Ganong, 2000) que juega un rol importante en la relación que existe entre la cantidad de reservas adiposas y la reproducción (Small *et al.*, 2002).

La leptina, gracias al estímulo que ejercen la glucosa, el piruvato y la insulina, llega al sistema nervioso central a través del fluido cerebrospinal afectando los centros que controlan el apetito y la reproducción. Es así como un aumento en las concentraciones plasmáticas de leptina, por un cambio en el plano nutritivo, estimulará la secreción pulsátil de LH y el incremento de FSH plasmática. Por otra parte, la leptina también actúa directamente sobre las células de la granulosa, inhibiendo la producción de estradiol (Spicer *et al.*, 1997).

Algunos aminoácidos como la tirosina también juegan un rol importante en determinar la actividad reproductiva, se ha visto que los niveles de éste y otros aminoácidos inducen el crecimiento folicular, el estro y la ovulación, siendo el posible modo de acción, mediante la estimulación de la secreción pulsátil de LH, por incremento de la producción de catecolaminas neurotransmisoras, que realzarán la secreción de LHRH (Schillo, 1992).

El incremento en la secreción de FSH, tendrá un efecto tanto en el primer pico, donde ocurre el reclutamiento y reactivación del crecimiento de folículos primarios, como para el segundo, donde ocurre la emergencia de folículos preovulatorios (Boland *et al.*, 2001).

En tanto que el alza en los niveles de LH desencadenará una serie de sucesos, el principal será estimular al folículo en desarrollo hacia la maduración, con el fin que se rompa el folículo ovárico y ocurra la ovulación. Además, esta gonadotrofina estimula la producción de estrógenos y tiene un papel importante en la formación del cuerpo lúteo, ya que induce un cambio en las células tecales que hace que éstas secreten mayor cantidad de progesterona que de estrógenos (Capen *et al.*, 1991).

Un aumento en el nivel nutritivo será un estímulo al páncreas para que aumente la secreción de insulina plasmática y cambios en los niveles de insulina, tienen un efecto significativo en las concentraciones plasmáticas de factores de crecimiento de tipo insulínicos IGF-I e IGF-II (O`Callaghan *et al.*, 2000). Se sabe que IGF-I es el encargado de aumentar la sensibilidad de las células de la granulosa a las gonadotrofinas, ayudar a la

maduración de ovocitos y el desarrollo de embriones (Mariana *et al.*,1991 citado por Siddiqui *et al.*, 2002).

B.3. “Flushing”.

El “flushing”, es una práctica de manejo, que consiste en aumentar la ingesta de alimentos antes y durante el encaste, con el fin de mejorar el crecimiento folicular, aumentar la tasa de fertilización, reducir la mortalidad embrionaria temprana y lograr que las hembras lleguen al estro antes, logrando de este modo que los partos se realicen en la temporada óptima (Khireddine *et al.*,1998; Kott, 2002).

Se ha visto en ovejas, que no todas responden por igual a una suplementación nutricional estratégica y que para obtener una buena respuesta, deben tener una condición corporal dentro de un rango intermedio de 2 a 3. Esto porque hembras con una condición corporal baja utilizarían prioritariamente el alimento suplementario para mejorar su estado corporal, mientras que aquellas con una condición corporal alta, por una parte no experimentan un aumento en el consumo frente a la mayor oferta de alimentos y ya habrían alcanzado su potencial reproductivo máximo, por lo tanto el beneficio obtenido sería mínimo (Gunn, 1983; Kott, 2002).

Un estímulo ambiental como el aumento en el nivel de alimentación durante las semanas previas al encaste, ejerce un efecto en el eje hipotálamo- hipófisis- gónadas, regulando la foliculogénesis, la composición del fluido folicular y las concentraciones circulantes de algunas hormonas (Jimeno *et al.*, 2001).

O`Callaghan *et al.* (2000), observaron que ovejas que recibieron altos niveles de alimentación (2 × mantención) durante las 5 semanas previas al encaste, presentaban en los ovarios un mayor número de folículos grandes (\pm 3mm) y concentraciones de progesterona en el líquido folicular más bajas que las alimentadas en base a sus requerimientos de mantención. Las concentraciones de estradiol no resultaron afectadas, mientras que las

concentraciones en el líquido folicular de factores de crecimiento IGF-I e IGF-II resultaron significativamente mayores.

La baja concentración de progesterona encontrada en el estudio, puede deberse a que con un alto plano nutritivo, aumenta el catabolismo de la hormona a nivel hepático (Jainudeen *et al.*, 1996). Favoreciendo la ovulación, por incremento en la secreción de LH (Ganong, 2000).

Con el “flushing” se logra incrementar los niveles de la hormona del crecimiento e IGF-I plasmáticos, los que cumplen un rol en la mediación entre los efectos de la nutrición y de la actividad reproductiva. Se ha visto, que una restricción en la ingesta nutritiva en rumiantes reduce las concentraciones plasmáticas de IGF-I, existiendo una relación inversa entre las concentraciones plasmáticas de IGF-I y la duración del período de anestro postparto (Schillo, 1992).

El suplemento nutricional favorece el aumento en la secreción de FSH y LH plasmática, por lo que un bajo nivel en la ingesta de alimentos, llevará a folículos dominantes más pequeños y más ondas foliculares preovulatorias, comparado con animales que tienen un mayor consumo de nutrientes (Boland *et al.*, 2001).

La actividad reproductiva se deteriora cuando se suprime el incremento de frecuencia de pulsos de LH, necesario para el crecimiento de folículos ováricos en la etapa preovulatoria. Esta secreción, al parecer, se ve disminuida por una reducción de la secreción de LHRH por parte del hipotálamo. Es decir, la energía dietaria influencia la secreción de LH, ya que afecta los mecanismos centrales que controlan la secreción de la hormona liberadora de LHRH (Schillo, 1992).

En general todos los estudios revisados coinciden, en que la nutrición produce un efecto positivo sobre la reproducción, por un estímulo sobre el eje hipotálamo –hipófisis- gónadas. Sin embargo, en un experimento realizado por Khireddine *et al.* (1998), no se observó un efecto positivo sobre la concentración plasmática de LH a los 9 días de comenzada la

suplementación, aunque hubo un mayor crecimiento folicular, producto de un efecto directo de la nutrición sobre la función ovárica.

Resultados similares fueron reportados por Muñoz-Gutiérrez *et al.* (2002), donde una suplementación por 5 días no afectó la concentración plasmática de FSH, indicando que la suplementación energética modificó directamente el reclutamiento y la selección folicular. La hipótesis de estos autores es que frente a un período de alta nutrición el páncreas incrementa la secreción de insulina, la que producirá una mayor utilización celular de la glucosa por parte de los folículos, aumentando su tasa de crecimiento.

En la literatura se describe que el índice de mortalidad embrionaria en camélidos es muy alta. Se desconocen los factores implicados, pero las restricciones nutricionales, desequilibrios hormonales y aberraciones cromosómicas pueden ser las etiologías principales (Sumar, 2002).

La suplementación produce un efecto importante en favorecer la sobrevivencia embrionaria, lo que es necesario de considerar, ya que se ha visto que la mortalidad embrionaria, al menos en alpacas, durante el primer mes de gestación es muy alta (Urquieta, 1993), lo cual también es factible que ocurra en las vicuñas. En un estudio realizado por Rhind *et al.* (1989) se vio que mientras mayor es la alimentación recibida por las hembras desde 14 días antes del encaste y durante éste, presentan mayor longitud del concepto. Concluyen que una restricción alimenticia, antes y después del encaste puede mermar el crecimiento embrionario, previo a la implantación.

En otro experimento realizado por Abecia *et al.* (1997) en ovejas encastadas simultáneamente, se observó que las hembras alimentadas con un plano nutricional bajo y medio, presentaban un gran número de embriones en etapas tempranas de desarrollo (mórula y blastocisto inicial), en cambio todos los embriones obtenidos de las ovejas alimentadas con un alto plano nutritivo, se encontraban en estado de blastocisto expandido, lo que permite demostrar una vez más que existe una influencia por parte de la alimentación sobre el crecimiento embrionario temprano.

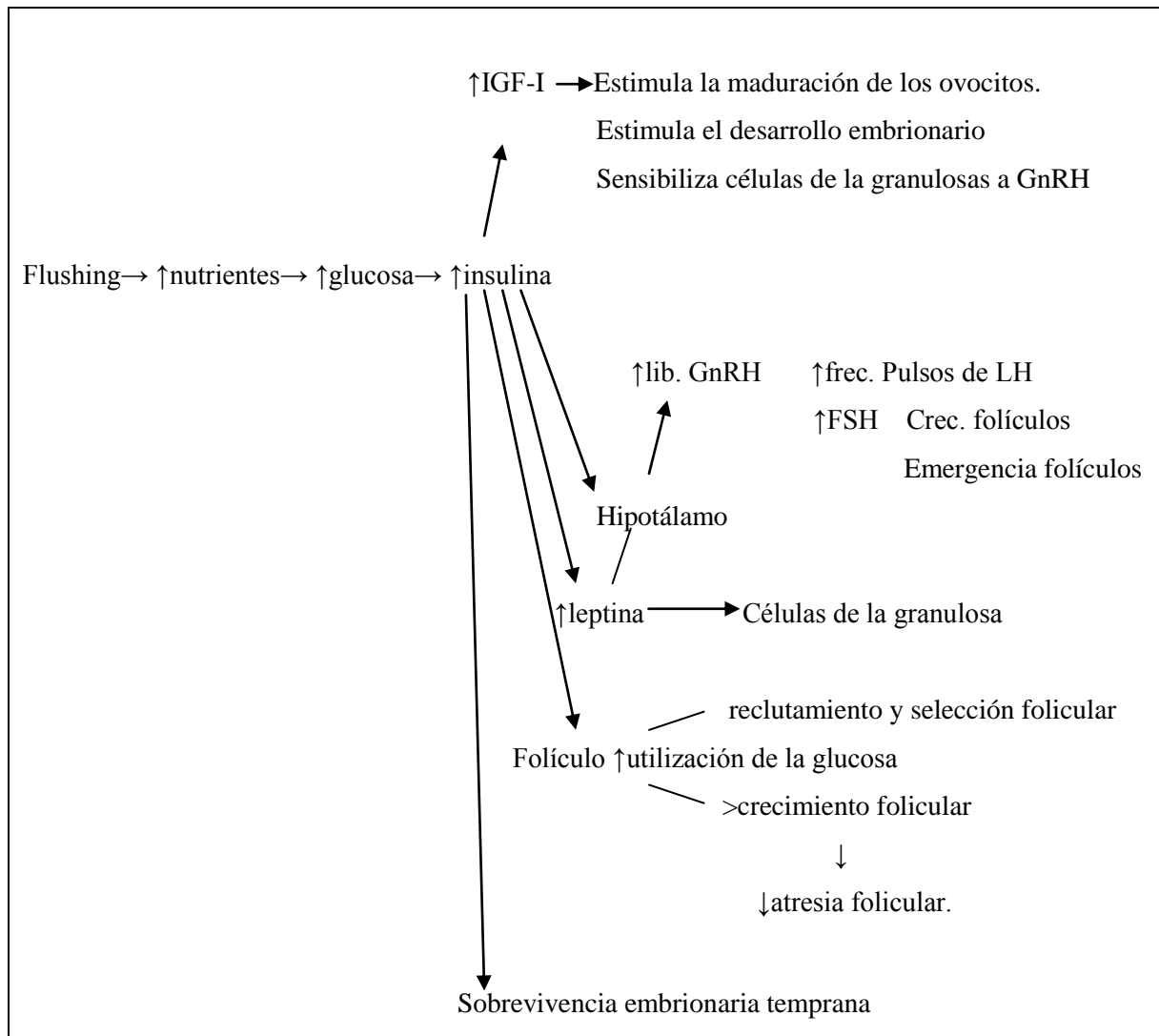
Según explica Kwong *et al.* (2000), la significativa disminución en el número de células del blastocisto temprano, es dado aparentemente porque la disminución en la alimentación induce una lenta tasa de proliferación celular, y no por un aumento de la apoptosis.

Es importante considerar que mientras mayor sea el período en que los animales estén sometidos a una baja nutrición, menor será la posibilidad que sus embriones sobrevivan (Cumming, 1972).

Un rol importante para el establecimiento de la preñez lo desempeñan la insulina e IGFs, ya que tienen un efecto directo sobre los ovarios, estimulando una modificación en las células de la granulosa y luteales, para aumentar la producción de progesterona (Spicer *et al.*, 1995), hormona que durante esta fase va a inhibir la frecuencia de pulso de LH y por lo tanto la ovulación, ayudando a la preparación del útero para la anidación y mantención de la preñez (Jimeno *et al.*, 2001).

En la figura N° 2, se muestra esquemáticamente como actúa el flushing.

Figura N° 2.
Efectos producidos por el “flushing”.



Por lo general, los estudios coinciden en que la suplementación alimentaria se debe comenzar alrededor de 12 a 15 días antes de comenzar el encaste y continuar por 2 a 3 semanas en la temporada de encaste, para obtener los resultados esperados (Khireddine *et al.*, 1998; Kott, 2002).

B.4. Nutrición y gestación.

En el altiplano, la curva de crecimiento de los pastos, experimenta un descenso importante en los meses de Julio – Agosto, manteniéndose bajo hasta aproximadamente el mes de noviembre (Figura1) (Castellaro *et al.*, 1998). Este periodo de escasa oferta de forraje, coincide con la época en se registran abortos espontáneos en vicuñas en semicautiverio (L. Raggi, comunicación personal). Por este motivo, es de interés realizar una suplementación nutricional en los meses de menor disponibilidad de forraje.

Durante el transcurso de la gestación, la alimentación también juega un papel primordial, se sabe, que animales con plano nutritivo muy bajo, pueden incluso abortar como mecanismo protector, frente a excesivas pérdidas de sus propias reservas corporales (Roberts, 1983).

Sin embargo, antecedentes de abortos en otras especies por una baja nutrición maternal son escasos, pero tal vez en vicuñas podría ocurrir, ya que no solamente presentan un nivel nutritivo inadecuado, sino que además están expuestas a un ambiente muy hostil, donde las bajas temperaturas, el viento y la sequedad ambiental imponen un estrés energético intenso en los meses de invierno.

En la literatura se describe que las causas de abortos en los camélidos pueden ser infecciosas y no infecciosas (genéticas, térmicas, nutricionales, tóxicas y estrés). Se desconoce la proporción de abortos por agentes infecciosos en camélidos. No obstante, de estos abortos en los cuales se determina la causa, la mayor parte de ellas fueron infecciosas, provocadas sobre todo por *Brucella melitensis* y ataques agudos de *Fasciola hepática* (Sumar, 2002).

La gestación es una etapa reproductiva de gran demanda energética para el crecimiento uterino, para el desarrollo fetal, como de reservas corporales para la lactancia y para el desarrollo mamario (Jainudeen *et al.*,1996). Por lo tanto, una baja nutrición durante ciertos períodos de la preñez, puede reducir la sobrevivencia embrionaria y el peso al nacimiento,

como también disminuir la producción láctea de la madre y producir un anormal comportamiento materno (Holst *et al.*, 1992).

Se sabe que el mayor efecto de la restricción nutritiva en la preñez, es debido al menor peso de las membranas fetales (Holst *et al.*, 1992). Estudios recientes, informan que una baja nutrición durante la gestación, podría alterar significativamente el desarrollo placentario (Osgerby *et al.*, 2003). En un experimento realizado por Holst *et al.* (1992), observaron que ovejas que habían sido restringidas nutricionalmente, tenían un mayor número cotiledones, sin embargo, el peso de ellos era menor con relación a las ovejas del grupo control. Esto tiene una gran significancia, ya que es la placenta el medio mediante el cual el feto recibe los sustratos metabólicos necesarios para su crecimiento (McCrabb *et al.*, 1992).

Corroborando lo anterior Heasman *et al.* (1999), observaron, que hembras mantenidas con restricción nutritiva durante la preñez, presentan menor peso de placenta al día 80 de gestación, lo cual afecta la adecuada entrega de nutrientes al feto, ya que existe una correlación positiva entre el retardo en el crecimiento uterino y el menor peso de placenta. Sin embargo, al dar una ración de acuerdo a sus requerimientos desde la mitad de la gestación, redundó en un efecto compensatorio de crecimiento placentario.

La placenta es un órgano metabólico y por ende requiere energía. A través de la placenta el feto recibe una serie de sustratos que son fundamentales para su desarrollo. Entre los nutrientes que pasan al feto se encuentran azúcares, aminoácidos, vitaminas C y del complejo B y minerales y por simple difusión habrá paso de oxígeno, dióxido de carbono, electrolitos, algunas hormonas y fármacos. En algunas especies hay también traspaso de inmunoglobulinas (Jainudeen *et al.*, 1996). Esto último, sin embargo, no ocurre en la vicuña, ya que posee una placenta de tipo epiteliocorial, que no permite el paso de inmunoglobulinas, debido al gran tamaño de éstas.

Por lo tanto, frente a una reducción nutritiva, se verá disminuido el crecimiento fetal, sin embargo, se mantiene la relación normal entre los órganos fetales y el feto (Holst *et*

al.,1992). Un peso al nacimiento significativamente más bajo que el promedio, limitará las posibilidades de sobrevivir luego del nacimiento (Holst *et al.*, 1986).

Se sabe, que fetos de hembras subnutridas durante la preñez, serán más débiles y pueden morir al poco tiempo de nacer, ya que son incapaces de sobrevivir en ambientes con temperaturas muy bajas (Heasman *et al.*,1999).

En un estudio realizado por Osgerby *et al.* (2002), se observó que ovejas con una condición corporal óptima o alimentadas de acuerdo a sus requerimientos, presentan mayores concentraciones plasmáticas de IGF-I libre, insulina y glucosa, jugando un papel fundamental en el aporte de sustratos al feto para su desarrollo.

La insulina es importante en el crecimiento fetal y ejerce sus efectos incrementando la disponibilidad de sustratos energéticos y estimulando el crecimiento placentario. Por otra parte, los IGFs juegan un papel muy importante durante la gestación, ya que estimulan el desarrollo de los órganos fetales, la secreción de leche uterina, participan en el crecimiento temprano del embrión y en la adaptación materna (Jainudeen *et al.*, 1996).

IGF-I es el mayor determinante del crecimiento fetal, existiendo una correlación positiva entre las dimensiones corporales y la concentración plasmática de IGF-I. El eje IGF-I fetal es muy sensible al entorno metabólico materno, por esta razón se ve disminuido en los fetos de madres subalimentadas (Heasman *et al.*,1999).

El aumento de las concentraciones de IGF-I tiene una serie de consecuencias, entre las que se encuentran, estimular la formación de placentomas, con lo que aumentará el peso de la placenta; estimular receptores IGF-I en las glándulas endometriales, de manera de promover secreciones uterinas, que son muy importantes en el crecimiento fetal; e influenciar el metabolismo de proteínas y carbohidratos, para incrementar el transporte de aminoácidos y glucosa hacia el feto. Una condición corporal baja durante la gestación, presentará un menor número de placentomas y un aumento en los niveles de IGFs unidos a proteínas, por lo tanto no disponibles (Osgerby *et al.*, 2002).

Spicer *et al.*, (1990), observaron que una baja actividad luteal acompañada por un balance energético materno negativo, puede estar asociada con concentraciones reducidas de IGF-I en el suero.

Por otra parte, en un estudio realizado por Heasman *et al.* (1999), fetos de ovejas sometidas a restricción nutritiva no presentaron diferencias significativas en cuanto al peso, con respecto al grupo control, pero sí en el eje IGF-1 y en las dimensiones corporales. Los cerebros de los fetos de madres subnutridas, presentan un peso 23% menor que el grupo control, pero al restablecer una correcta nutrición, el peso del cerebro se restituyó. Sin embargo, aún no se sabe si este retardo en alcanzar el peso adecuado, pudo haber producido problemas en el normal funcionamiento del cerebro.

Sin embargo, en un experimento realizado por Osgerby *et al.* (2003), observaron que fetos de ovejas subnutridas presentan un menor desarrollo de diversos órganos como lo son el corazón, cerebro, timo, páncreas, riñón e intestino. Así mismo el desarrollo del esqueleto y músculos se ven aminorados.

III. Hipótesis.

El mejoramiento del plano nutritivo mediante suplementación alimentaria estratégica durante el periodo invernal y de encaste, mejora la eficiencia reproductiva de vicuñas mantenidas en semicautiverio.

IV. Objetivos.

A. Objetivo general.

Evaluar el efecto de la suplementación alimentaria estratégica, sobre la eficiencia reproductiva de las vicuñas mantenidas en semicautiverio.

B. Objetivos específicos.

1- Evaluar el efecto de la suplementación nutricional sobre la tasa de concepción en vicuñas mantenidas en semicautiverio.

2- Evaluar el efecto de la suplementación nutricional sobre la sobrevivencia embriofetal.

3- Evaluar el efecto de la suplementación alimentaria en la temporada crítica de desarrollo fetal.

V. Material y método.

El estudio se llevó a cabo en el altiplano de la I Región de Tarapacá, específicamente en el predio Ancara, ubicado en la localidad de Chislluma, comuna de General Lagos (17° 47' latitud S, 69° 43' longitud O, a 4.250 m.s.n.m.). Limita al norte y oeste con Perú, al sur con la comuna de Putre y al este con Bolivia (figura N° 3).

En este predio se instaló la primera unidad de crianza de vicuñas en semicautiverio (figura N° 4), en una superficie de 250 há. Las vicuñas se encuentran en un sector subdividido en potreros longitudinales de aproximadamente 23 há. cada uno, siendo uno de ellos el potrero trampa, que se conecta con los corrales a través de una manga, para facilitar el adecuado manejo de los animales (figura N° 5). En la figura N° 6 se puede ver un lote de vicuñas en uno de los corrales.

Figura N° 3.

Ubicación del predio Ancara.



Figura N° 4.

Unidad de manejo en cautiverio, predio Ancara.



La localidad de Chislluma presenta un ecosistema altiplánico o de puna, donde la vegetación presente está compuesta por bofedales, coironales y tolares. El bofedal es una pradera alpina húmeda, que se compone de *Oxychloe andina*, el coironal de la asociación de *Festuca orthophylla* y *Deyeuxia breviaristata* y el tolar, una estepa arbustiva de la asociación de *Festuca orthophylla* y *Parastrephia lucida* o *P. quadrangularis*, constituyendo los recursos forrajeros más importantes para los animales del sector.

El grupo de animales en estudio fue de 25 vicuñas adultas, de 7 años de edad, las cuales se dividieron aleatoriamente en dos grupos: 15 vicuñas que recibieron suplementación alimentaria estratégica y 10 vicuñas como control que se mantuvieron sólo con la alimentación proporcionada por la pradera.

La totalidad de los animales que se encuentran en el predio, es sometido a un tratamiento sanitario semestral, consistente en la aplicación de 1 ml de antiparasitario de amplio espectro (Baymec®) por animal. Junto a este tratamiento se les aplica 1 ml de un multivitamínico (Vigantol®). A través del exámen coproparasitario de flotación y sedimentación realizados a las fecas de las vicuñas a principios del año 2003, se detectó que presentan escasa cantidad de nematodirus y son negativas a *Fasciola hepática*.

Figura N° 5.

Cartografía predio Ancara.

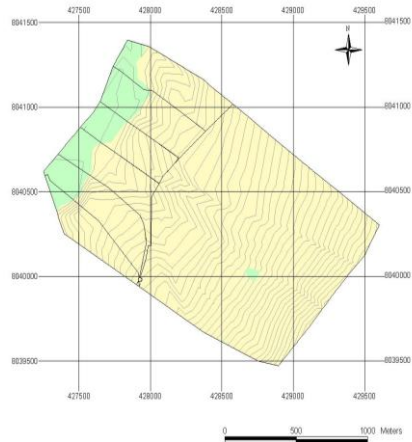


Figura N° 6.

Lote de vicuñas en corral.



La suplementación alimentaria estratégica, realizada al grupo de 15 vicuñas se otorgó en dos etapas consideradas claves para el establecimiento y mantención de la preñez.

El suplemento nutritivo utilizado, consistió en aproximadamente 1 Kg. de heno de alfalfa por animal por día, ofrecido en un comedero colectivo, sumado a la alimentación

proporcionada por el pastoreo directo de la pradera. La cantidad de heno otorgada corresponde aproximadamente al 30% del consumo diario de materia seca.

El heno de alfalfa empleado, presentó la composición nutritiva que se muestra en la tabla N° 1 y el valor de energía digestible estimado para bovino, fue de 2370 Kcal/Kg B.M.S. (Laboratorio de Nutrición Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, U. de Chile).

Tabla N° 1.
Análisis químico del heno de alfalfa utilizado.

	% base fresca
Humedad	9,8
Materia seca	90,2
Proteína total	10,7
Fibra cruda	27,1
Extracto etéreo	1,4
Extracto no nitrogenado	42,6
Cenizas	8,4

La primera etapa de tratamiento nutricional se inició 15 días antes del comienzo del encaste y durante éste. El encaste comenzó a mediados de marzo del año 2003 y tuvo una duración de 30 días. La relación macho: hembras utilizada durante el encaste, fue de 1 macho por cada 10 hembras.

La segunda etapa de tratamiento nutricional se realizó durante los meses de Septiembre y Octubre (60 días), cuando las hembras cursaban aproximadamente su 6° y 7° mes de gestación, momento en que la pradera ofrece una baja cantidad de forraje y cuando se han observado abortos espontáneos en la especie.

Las vicuñas fueron pesadas en una balanza electrónica, con sensibilidad de 250g, al inicio y al final de cada uno de los tratamientos nutricionales.

Con el fin de comprobar el objetivo específico número 1, treinta días después del término del encaste, es decir en Mayo, se realizó el diagnóstico de gestación por ultrasonografía, con un equipo de tiempo real en modo B con transductor electrónico transrectal de 5 MHz. Adicionalmente, para confirmar este diagnóstico ecográfico, se tomaron muestras de sangre venosa (3ml) para determinar la concentración plasmática de progesterona mediante radioinmunoanálisis, utilizando los reactivos y técnicas proporcionados por Diagnostic Products Corporation (Los Angeles, Ca.).

Un mes después, vale decir en Junio, se realizó un segundo examen ecográfico y extracción de sangre, con el propósito de diagnosticar las posibles pérdidas tempranas de preñez en el rebaño, para ver si se cumple el objetivo específico número 2.

La gestación fue evaluada antes del inicio de la suplementación nutricional de gestación (principios de Septiembre) y posterior a éste (Noviembre), mediante ultrasonografía y mediciones de progesterona plasmática, con lo cual se evaluó el objetivo específico número 3.

Análisis de resultados.

Mediante la prueba de “t” de Student, se determinó si existían diferencias entre el peso corporal del grupo de vicuñas tratado y control, con el fin de observar el efecto de la suplementación alimentaria estratégica sobre los pesos.

Los resultados obtenidos en cada momento de la gestación, se expresaron como frecuencia de preñez y se compararon con la frecuencia de preñez del grupo control, mediante la prueba de Fisher. Adicionalmente y usando también la prueba de Fisher se hicieron comparaciones con los resultados de fertilidad y mantención de preñez del grupo de animales en la temporada anterior.

Tanto para la prueba de Fisher como “t” de Student, se establece como nivel de significancia un valor de $P \leq 0,05$.

VI. Resultados.

A. Suplementación nutricional estratégica antes y durante el encaste.

A.1. Suplementación nutricional y tasa de concepción.

Las frecuencias de preñez registradas en Mayo, para el grupo suplementado con heno de alfalfa y para el grupo control, se muestran en la tabla N° 2. Los valores absolutos registrados sugieren que el suplemento nutricional otorgado a los animales previo y durante el encaste es efectivo para obtener un mayor número de preñeces. Sin embargo, al análisis estadístico estas frecuencias de preñeces no son significativamente distintas ($P= 0,358$).

Tabla N° 2.
Efecto del “flushing” sobre la tasa de concepción
30 días postencaste en vicuñas adultas.

Grupo	Preñadas	No preñadas
“Flushing”	86,7%	13,3%
Control	70%	30%

La frecuencia de preñez en el mes de Abril, de la temporada reproductiva anterior, para vicuñas adultas, fue de 85,7%, sin observarse diferencias con la frecuencia de preñez de la temporada actual, del grupo de vicuñas suplementado.

A.2. Suplementación nutricional y sobrevivencia embriofetal.

En el examen ecográfico realizado a los 60 días posteriores al encaste, se determinó si las viciñas diagnosticadas como preñadas a los 30 días, continuaban preñadas o perdían su cría. Los resultados permiten calcular la frecuencia de sobrevivencia embriofetal para el grupo suplementado y control (tabla N° 3). Las diferencias encontradas en el porcentaje de variación de animales preñados entre ambos grupos, no fueron significativas.

Tabla N° 3.
Porcentaje de variación de la condición reproductiva
entre los 30 y 60 días posteriores al encaste

Grupo	Sobrevivencias	Pérdidas
“Flushing”	84,6%	15,4%
Control	85,7%	14,3%

B. Suplementación alimentaria durante la gestación.

El efecto de la nutrición estratégica sobre la frecuencia de abortos, en los meses de menor oferta de forraje por parte de la pradera (Julio-Octubre), se evaluó mediante la detección de pérdidas fetales o mantención de la preñez al final del período de suplementación.

En el examen ecográfico realizado en Septiembre, antes del comienzo de la suplementación nutritiva de gestación, se detectaron 2 hembras en el grupo control y una hembra en el grupo a tratar, que habían abortado entre Julio y Agosto. Sin embargo, las causas de estos abortos fueron indeterminadas.

Los porcentajes de abortos, ocurridos durante la época de tratamiento nutricional de gestación, para el grupo con suplementación y control se muestran en la tabla N° 4.

Tabla N° 4.
Condición reproductiva de vicuñas adultas luego de la suplementación alimentaria durante la gestación.

Grupo	Preñadas	Abortaron
Suplementado	100%	0%
Control	75%	25%

El número de hembras con tratamiento alimentario que abortaron, no es considerado diferente ($P= 0,286$), con respecto al número de hembras que abortaron en el grupo control.

La frecuencia de abortos registrada en la temporada reproductiva anterior, para vicuñas adultas, fue de 13,3%, lo que tampoco constituye una diferencia significativa ($P= 0,556$) con lo observado en vicuñas suplementadas.

Las concentraciones plasmáticas de progesterona, corroboraron los diagnósticos ecográficos realizados en cada etapa de la gestación, entregando como promedio para las hembras gestantes $8,41 \pm 2,77$ nmol/L, mientras que las hembras secas presentaron un promedio de concentración de progesterona plasmática de $1,48 \pm 1,48$ nmol/L.

C. Tratamiento nutricional y peso corporal.

Los animales, tanto del grupo con suplementación nutricional estratégica como control, fueron pesados en las fechas de inicio y fin de cada tratamiento nutricional.

Se observó que previo al “flushing”, el promedio de los pesos corporales para el grupo a suplementar fue de $45,9 \pm 4,4$ Kg y el del grupo control de $43,8 \pm 4,1$ Kg, sin diferencia significativa ($P= 0,239$), entre ellos.

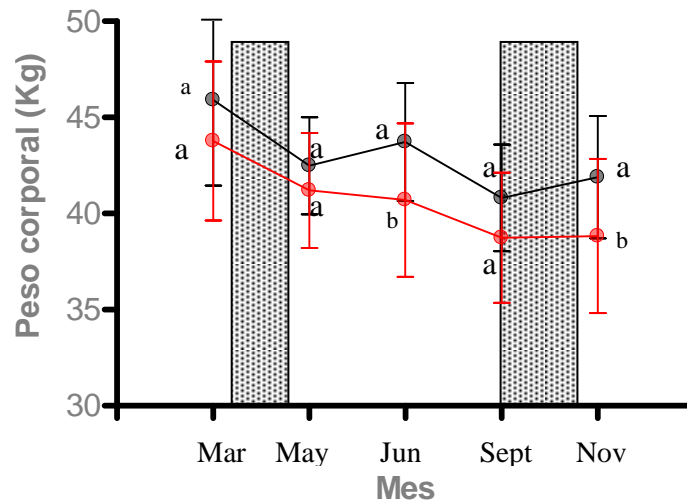
En el mes de Mayo, los pesos registrados posteriores al “flushing”, fueron de $42,4 \pm 2,5$ Kg y $41,2 \pm 2,9$ Kg para el grupo control y suplementado, no mostrando diferencia significativa ($P= 0,259$) entre ambos. Sin embargo, en Junio hubo diferencias ($P= 0,043$) entre los pesos corporales de ambos grupos, siendo el promedio de peso para el grupo suplementado de $43,7 \pm 3,1$ Kg y de $40,7 \pm 3,9$ Kg para el grupo control.

Previo al tratamiento nutricional de gestación, a principios de Septiembre, las vicuñas del grupo a suplementar tuvieron un promedio de peso corporal de $40,8 \pm 2,8$ Kg y el control un promedio de $38,7 \pm 3,4$ Kg, sin observarse diferencia significativa ($P= 0,107$).

En Noviembre, cuando la suplementación alimentaria de gestación terminó, fue posible observar diferencias ($P= 0,045$) entre los pesos del lote que recibió suplementación versus el control, registrándose un promedio de pesos para el grupo suplementado de $41,9 \pm 3,2$ Kg y de $38,8 \pm 4,0$ Kg para el grupo control.

El gráfico N° 1 muestra la variación de promedios de peso de las vicuñas del grupo con tratamiento alimentario y control a lo largo de los meses evaluados. En él se observa que los meses donde hubo diferencias significativas entre los pesos de ambos grupos, fueron Junio y Noviembre.

Gráfico N° 1.
Variación anual de peso corporal
de vicuñas con suplementación nutricional estratégica.



- : Grupo control, promedio de peso corporal con desviación estándar.
 - : Grupo sometido a suplementación nutricional, promedio de peso corporal con desviación estándar.
- Las áreas sombreadas del gráfico indican la época en que se efectuaron los tratamientos nutricionales.
 Letras distintas indican diferencias significativas entre los grupos, en un mismo mes.

D. Peso corporal y condición reproductiva.

Adicionalmente a los objetivos planteados, e independiente del grupo experimental al que pertenecían las vicuñas, se encontraron ciertas diferencias entre los pesos corporales y su condición reproductiva.

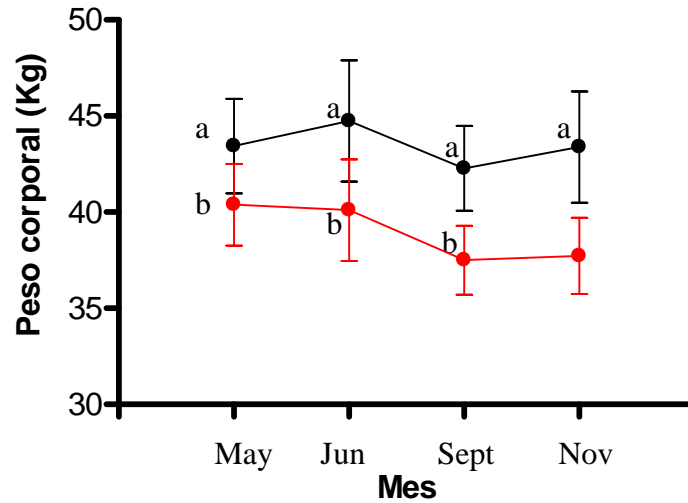
Se compararon los pesos corporales de las hembras que estuvieron siempre preñadas y de las secas o que en algún momento perdieron la gestación, a lo largo de todo el periodo de experimentación (gráfico N° 2). SE observó que en el mes de Mayo el promedio de peso corporal de las hembras preñadas fue de $43,4 \pm 2,5$ Kg, mientras que el promedio de las

hembras secas o que más tarde perdieron su cría fue de $40,4 \pm 2,1$ Kg ($P= 0,003$). En Junio también existió diferencia significativa ($P= 0,0006$) entre los grupos, siendo el promedio de peso de las hembras preñadas de $44,7 \pm 3,2$ Kg y el de las hembras secas o que perdieron su cría de $40,1 \pm 2,7$ Kg. En Septiembre el promedio de peso de las hembras preñadas y secas o que abortaron fue de $42,3 \pm 2,2$ Kg y de $37,5 \pm 1,8$ Kg respectivamente ($P<0,0001$). En el mes de Noviembre también hubo diferencia ($P< 0,0001$) entre los pesos corporales de ambos grupos, siendo el promedio de las vicuñas gestantes de $43,4 \pm 2,8$ Kg y el de las secas de $37,7 \pm 1,9$ Kg.

Además, fue posible comprobar que existieron diferencias significativas ($P= 0,006$) entre los pesos corporales en el mes de Mayo, de las vicuñas que perdían su cría ($40,2 \pm 1,8$ Kg) en comparación con las que eran capaces de mantener la preñez ($43,4 \pm 2,4$ Kg).

El promedio de peso corporal de las hembras que siempre estuvieron preñadas, no varió significativamente a lo largo de la gestación ($P= 0,162$). Sin embargo, el peso de las hembras que quedaron secas o que perdieron su cría, disminuyó significativamente ($P= 0,002$) en los meses de Septiembre y Noviembre, al compararlos con sus pesos en los meses de Mayo y Junio.

Gráfico N° 2.
Peso corporal de vicuñas que llevaron a término su gestación
y de las vicuñas secas o que abortaron.



● : Grupo hembras secas o que abortaron, promedio de peso corporal con desviación estándar.

● : Grupo hembras preñadas, promedio de peso corporal con desviación estándar.

Letras distintas indican diferencias significativas entre los grupos, en un mismo mes.

VII. Discusión.

El presente estudio reveló que la suplementación alimentaría estratégica, otorgada durante el período invernal y de encaste, no tuvo un efecto significativo sobre el incremento en la eficiencia reproductiva de las vicuñas mantenidas en semicautiverio. Sin embargo, el mayor peso corporal de las hembras, estuvo asociado con su éxito reproductivo.

Suplementación nutricional otorgada como “flushing”.

El suplemento nutricional entregado como “flushing”, no tuvo un efecto significativo sobre la tasa de concepción. Esto difiere de lo encontrado por otros autores como Khireddine *et al.* (1998), quienes observaron que el aumento en el nivel de alimentación en vacas, previo al encaste, mejoró el crecimiento folicular y aumentó la tasa de fertilización. Hembras delgadas o con una alimentación restringida, presentaron un escaso crecimiento folicular, mermando su eficiencia reproductiva, ya que se requirió de un mayor número de ondas preovulatorias para la ovulación (Boland *et al.*, 2001). Otro estudio que muestra resultados similares al anterior es el de Martínez de Acurero *et al.* (1986) realizado en ovejas, donde un incremento en los niveles nutritivos en el período pre-servicio, tuvo un efecto positivo sobre la tasa de concepción y consecutivamente sobre el número de corderos al parto.

La suplementación tampoco tuvo efecto sobre una menor mortalidad embrionaria, como se presumía, ya que la literatura señala que el aumento en el nivel nutritivo favorece la mantención de un medioambiente uterino compatible con la gestación, incidiendo en un mejor crecimiento embrionario (Rhind *et al.*, 1989).

El hecho de que el “flushing” en vicuñas, no haya reportado los beneficios que manifiesta en otras especies de rumiantes, puede ser atribuido a una serie de factores. Tal vez uno de los más importantes, es que el suplemento nutricional al cual fue posible acceder para el experimento, fue un heno de alfalfa con un valor nutritivo bajo, lo que puede suceder cuando los forrajes son cosechados muy maduros, o cuando ocurren pérdidas en él, ya sea por respiración, mecánicas o de aguas lluvias (Elizalde *et al.*, 1996), lo que también afecta propiedades como la palatabilidad, el consumo y la digestibilidad (Cornejo, 1964). El

porcentaje de proteína cruda (PC) del heno utilizado fue de 10,7%, cuando por lo general los henos de alfalfa presentan un promedio de PC de 16,5%. Valores de PC más bajos (13,4%) corresponden a henos de alfalfa con muchos tallos (Cornejo *et al.*, 2003). El valor de energía metabolizable estimado para bovino del heno de alfalfa usado en el experimento es de 1,94 Mcal/kg, valor un poco menor al promedio de las distintas categorías de henos de alfalfa (1,99 Mcal/Kg).

El bofedal, que es el pastizal base de la alimentación de estas vicuñas, posee una EM promedio anual de 1,79 Mcal/kg (Castellaro *et al.*, 1998) y un valor de PC de 11,5% para la época lluviosa, que es cuando se realizó el “flushing”. Por lo tanto, podríamos decir que el heno que se administró, no difirió mayormente con el bofedal, en cuanto a valor nutritivo. Además, en esa época las praderas del altiplano ofrecen su mayor cantidad de forraje por hectárea y con un nivel de proteínas incluso mayor, que el ofrecido por el heno de alfalfa proporcionado. Esto se ve reflejado en la ausencia de ganancia de peso corporal en las hembras suplementadas. Curiosamente sí se observó una diferencia entre los pesos del mes de Junio, entre los animales suplementados y control, lo cual se puede deber a que los animales suplementados, no hicieron mayor uso del bofedal en esta época y por ende en el periodo siguiente tenían una mayor cantidad de materia seca disponible, que el grupo control.

Según se describe en la literatura, la principal limitante para la producción animal en el altiplano, lo constituye la baja concentración de energía metabolizable del forraje, siendo la proteína limitante sólo durante el período invernal e inicios del período estival (Castellaro *et al.* 1998). Probablemente si el suplemento entregado hubiese sido más alto en energía, se habrían obtenido mejoras significativas en las variables reproductivas estudiadas.

Por otra parte, la baja fertilidad que poseen los camélidos que habitan en el altiplano, no es tan sólo atribuida a un bajo nivel nutricional, sino que a muchas causas. Entre éstas, la mortalidad embrionaria se presenta como uno de las más influyentes (Fernández-Baca, 1991). Sin embargo, existen otras que tienen gran influencia sobre la fertilidad, como la alta consanguinidad de los rebaños, alteraciones anatómicas del aparato reproductor, tanto de

hembras como de machos (De Carolis, 1987), así como causas infecciosas (Sumar, 2002). Siendo tal vez por esta razón que la mejora del plano nutritivo no produjo un efecto evidente.

Al intentar otra explicación por la cual la suplementación no dio los resultados esperados, podríamos especular que la baja fertilidad de la vicuña no depende del bajo nivel nutritivo, sino que de otros factores como los anteriormente mencionados y donde el proceso evolutivo que han experimentado, les han permitido adaptarse a un ecosistema muy pobre en recursos alimenticios y extremadamente duro en sus condiciones climáticas. Es por ello que se dice que no existe otra especie animal que habite esta zona que aproveche de mejor manera, los recursos forrajeros disponibles (Glade, 1982). Otros autores que apoyan esta idea son Lopez *et al.* (1992), quienes señalan que el menor requerimiento energético de los camélidos sudamericanos respecto de especies de rumiantes menores, es concordante con la capacidad de los primeros de subsistir bajo condiciones alimentarias-nutricionales muy pobres, caracterizadas por recursos forrajeros con alto contenido de paredes celulares y baja densidad energética. Esta teoría, se apoya en que es precisamente en la época que se dio el “flushing”, cuando el bofedal presenta su mayor cantidad de materia seca y proteína (Castellaro *et al.*, 1998). Además, se describe que la ovulación no es un evento de gran demanda energética, al menos en las especies domésticas, utilizándose el “flushing” principalmente con el objeto de aumentar la tasa de ovulación y sobrevivencia embrionaria (Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2002; Khierddine *et al.*, 1998).

La frecuencia de preñez de las hembras con suplemento nutricional, no difirió con respecto a la frecuencia de preñez del mismo lote de vicuñas en la temporada reproductiva anterior. Sin embargo, esta comparación tiene el inconveniente de que se trata de distintos años, donde ocurren cambios climáticos que inciden en la calidad y disponibilidad de los pastos. A pesar de que no existe un registro meteorológico del sector, los habitantes de las comunidades aymarás coinciden que este año fue más seco que el anterior, por lo que se infiere que la oferta de la pradera en la temporada previa debió haber sido superior.

Suplementación alimentaria estratégica durante la gestación.

En años anteriores, se han observado abortos de vicuñas del sector de Ancara, los que coinciden con los meses de menor disponibilidad de forraje de los pastizales (Julio-Octubre). Sin embargo, por lo general en la literatura no se informa la ocurrencia de abortos por baja nutrición en otras especies de animales. A pesar de que se sabe, que una baja alimentación durante la gestación, podría alterar significativamente el desarrollo placentario (Osgerby *et al.*, 2003), lo que debiera afectar al feto, ya que por medio de la placenta el feto recibe los sustratos metabólicos necesarios para su crecimiento (McCrabb *et al.*, 1992). En un estudio realizado por Osgerby *et al.* (2003), se observó que fetos de ovejas subnutridas presentaron menor desarrollo de diversos órganos como el corazón, cerebro, timo, páncreas, riñón, intestino, sistema muscular y esquelético, situación que pone en riesgo la sobrevivencia intrauterina y neonatal.

En el período que se dio la suplementación de gestación (Septiembre y Octubre), no se registraron abortos en el grupo de vicuñas sometidas a ésta. Sin embargo, esto no constituye una diferencia significativa con respecto al grupo control. Este resultado sugiere, que probablemente es necesario adelantar la suplementación, con el fin de evitar los abortos registrados al inicio del periodo de menor oferta de forraje por parte de la pradera, vale decir en los meses de Julio y Agosto, que es cuando acontecieron algunos abortos, tanto en el grupo tratado como control.

En el mes de Septiembre, previo a la suplementación de gestación, los pesos corporales del grupo de vicuñas control y a suplementar, no fueron distintos. Sin embargo, posteriores al tratamiento nutricional realizado durante dos meses, si hubo diferencias entre ambos grupos. Esto se pudo deber a que como la oferta de forraje por parte de la pradera en esta época es escasa y posee bajos valores de PC (6,8%) (Castellaro *et al.*, 1998), el heno suplementado, aún cuando tuvo bajo valor nutritivo, fue capaz de producir un efecto positivo sobre el peso corporal, ya que comparativamente con el bofedal en esta época, el heno fue mejor.

El número de abortos registrados en la temporada reproductiva anterior fue de 13,3%, lo cual tampoco constituye una diferencia significativa con respecto al grupo de vicuñas que recibieron la suplementación. Sin embargo, puede ser un logro llegar a cero abortos, principalmente si se considera que según los habitantes de la zona éste fue un año más seco que el anterior.

El experimento reveló que las hembras que se encuentran preñadas en los meses de Mayo, Junio, Septiembre y Noviembre, tienen un mayor peso corporal que las que están secas o que pierden su cría durante la gestación. Incluso, fue posible establecer que existe diferencia significativa entre el peso que logran las vicuñas al principio de la gestación y la mantención o no de la preñez durante los meses de baja disponibilidad de forraje por parte de la pradera. Este hallazgo se apoya en que una mayor cantidad de reservas corporales son necesarias para suplir los déficit nutritivos que producen efectos detrimentales sobre el desarrollo placentario y fetal (Osgerby *et al.*, 2003). Sin embargo, el mayor peso de las hembras preñadas en comparación con las secas, en los meses de Septiembre y Noviembre, puede corresponder al aumento de tejidos y líquidos asociados a la gestación, siendo por esto que este grupo de vicuñas no experimentó una disminución en el peso durante los meses de menor oferta de forraje por parte de la pradera, como el grupo de hembras secas.

Los valores de concentración de progesterona plasmática, confirmaron el diagnóstico ecográfico de gestación. El promedio registrado en las hembras preñadas fue de $8,41 \pm 2,77$ nmol/L y en las secas de $1,48 \pm 1,48$ nmol/L, lo cual concuerda con los resultados encontrados en vicuñas por Urquieta *et al.*, (1990), donde observaron que las concentraciones plasmáticas de progesterona a lo largo de la gestación se mantenían sobre los 5 nmol/L.

Implicancias del estudio.

Los camélidos sudamericanos han cumplido y cumplen en la actualidad un rol importante en la economía de un vasto sector de la población que habita el altiplano. Sin embargo, la falta de conocimientos sobre estos animales, ha sido un freno para demostrar su gran potencial como fuente de sustento de grandes masas de población (Raggi, 1992). En la actualidad el estudio de estas especies es dificultoso, ya que se encuentran protegidas y con un reducido acceso a los investigadores. De hecho cualquier iniciativa científica o de explotación debe estar dentro de las zonas de manejo establecidas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

El presente estudio ensayó un manejo reproductivo, que habitualmente se realiza en otras especies domésticas, pero bajo condiciones posibles de ser adoptadas por las comunidades aymarás, que son actualmente los únicos que pueden sacar provecho de esta especie animal. Los resultados permiten concluir, que el heno de alfalfa que estuvo disponible en Putre, administrado como “flushing”, no fue efectivo para mejorar la fertilidad en las vicuñas. Sin embargo, el incremento en el peso de estos animales al principio de la gestación, que tal vez se logra llevando a los animales a un sector de mayor cantidad de bofedal en buen estado, tenderá a disminuir el porcentaje de pérdidas de la cría en el periodo de menor disponibilidad de forraje por parte de la pradera.

Por otra parte, la suplementación alimentaria durante la gestación puede ser recomendable, ya que es el periodo de menor disponibilidad de forraje de los bofedales y los resultados obtenidos muestran que efectivamente los animales que recibieron la suplementación, tuvieron un peso mayor que los del grupo control. Sin embargo, probablemente sería mejor darlo al inicio del periodo seco, ya que fue ahí donde se observó el mayor número de abortos en ambos grupos.

En función de nuestros resultados, se infiere la necesidad de futuras investigaciones, donde se aumente el número de casos estudiados, ya que se observó que en ocasiones los tratamientos aplicados presentaban una tendencia a mejorar la eficiencia reproductiva.

Además, sería interesante probar si es posible aumentar la fertilidad de esta especie por medio de un aumento en la nutrición de mayor magnitud, como por ejemplo con el uso de suplementos como los concentrados energéticos, ya que es la energía el principal limitante para la producción animal en el altiplano (Castellaro *et al.*, 1998).

VIII. Conclusiones.

- La suplementación nutricional administrada previo al encaste y durante éste, no produjo un efecto significativo sobre la tasa de concepción o menor mortalidad embriofetal en vicuñas mantenidas en semicautiverio. Tampoco se observó un efecto sobre el peso corporal de los animales.
- La suplementación alimentaria estratégica entregada durante el 6° y 7° mes de gestación, no produjo diferencias en el número de abortos, entre las vicuñas tratadas y el grupo control. Sin embargo, se observó un incremento en el peso corporal de las vicuñas suplementadas.
- Vicuñas que logran un mayor peso corporal al inicio de la gestación, tienen un menor porcentaje de abortos en las épocas de menor oferta de forraje por parte de los bofedales.

IX. Bibliografía.

- **ABECIA, J.A.; LOZANO, J.M.; FORCADA, F.; ZARAZAGA, L.** 1997. Effect of level of dietary energy and protein on embryo survival and progesterone production on day eight of pregnancy in Raza Aragonesa ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 48:209-218.

- **BOLAND, M.P.; LONERGAN, P.; O'CALLAGHAN, D.** 2001. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology* 55:1323-1340.

- **CAPEN, C.C.; MARTIN, S.L.** 1991. Glándula hipófisis. **En:** McDonald. *Endocrinología Veterinaria y Reproducción.* 4ª ed. Editorial Interamericana McGraw-Hill. Attampa, México. Pp. 18-39.

- **CASTELLARO, G.; GAJARDO, C.; PARRAGUEZ, V.; ROJAS, R.; RAGGI, L.** 1998. Productividad de un rebaño de camélidos sudamericanos domésticos en un sector de la provincia de Parinacota, Chile: I. Variación estacional de la composición botánica, disponibilidad de materia seca, valor pastoral y valor nutritivo de los bofedales. *Agric. Tec.* 58: 191-204.

- **CORNEJO, S.** 1964. Determinación de la digestibilidad de heno de alfalfa, cosechado en diferentes estados de madurez. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. de Chile, Fac. Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 73 p.

- **CORNEJO, S.; LÓPEZ, A.** 2003. Guía de pasos prácticos para la formulación de dietas y raciones, asignatura de Alimentación Animal. Santiago, Chile. U. de Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias, Depto. Fomento Producción Animal. Pp 41.

- **COX, N.M.; STUART, M.J; ALTHEN, T.G.; BENNET, W.A.; MILLER, H.W.** 1987. Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. *J. Anim. Sci.* 64: 507-516.

- **CUMMING, I.A.** 1972. The effect of nutritional restriction on embryonic survival during the first three weeks of pregnancy in the perendale ewes. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 9:199-203.

- **DE CAROLIS, G.** 1987. Descripción del sistema ganadero y hábitos alimentarios de camélidos domésticos y ovinos en bofedal de Parinacota. Memoria Título Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 261 p.

- **ELIZALDE, V.; HARGREAVES, B.; WERNIL, K.** 1996. Conservación de forrajes. En: Ruiz, N. Praderas para Chile. 2ª Edición. INIA. Santiago, Chile. Pp. 396- 426.

- **FERNÁNDEZ-BACA, S.** 1991. Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. pp. 92-109.

- **GANONG, W.F.** 2000. Fisiología Médica. 17ª ed. Editorial El Manual Moderno. México, Santa Fé de Bogotá. Pp. 439-469.

- **GLADE, C.** 1982. Antecedentes ecológicos de la vicuña (*Vicugna, vicugna molina*) en el parque nacional Lauca, I Región, Chile. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. de Chile, Fac. Ciencias Veterinaria y Pecuarias. 100p.

- **GUNN, R.G.** 1983. The influence of nutrition on the reproductive performance of ewes. *Sheep Produc.* Pp. 99-110.

- **HEASMAN, L.; CLARKE, L.; STEPHENSON, T.J.; SYMONDS, M.E.** 1999. The influence of maternal nutrient restriction in early to mid-pregnancy on placental and fetal development in sheep. *Proc. Nutr. Soc.* 58: 283-288.

- **HOLST, P.J.; KILLEN, I.D.; CULLIS, B.R.** 1986. Nutrition of the pregnant ewe and its effect on gestation length, lamb birth weight and lamb survival. *Aust. J. Agric. Res.* 37: 647-655.

- **HOLST, P.J.; ALLAN, C.J.; GILMOUR, A.R.** 1992. Effects of a restricted diet during mid pregnancy of ewes on uterine and fetal growth and lamb birth weight. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 315-324.

- **JAINUDEEN, M. R.; HAFEZ, E.S.E.** 1996. Gestación, fisiología prenatal y parto. **En:** Hafez, E.S.E. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6ª ed. Interamericana McGraw-Hill. México DF, México. Pp. 203-224.

- **JIMENO, V.; CASTRO, T.; REBOLLAR, P.G.** 2001. Interacción nutrición-reproducción en ovinos de leche. **En:** XVII curso de especialización FEDNA. 2002. España. Dpto. Producción Animal, EUITA. Facultad de Veterinaria, UCM. Consultas y Servicios Agroalimentarios, S.L. s.p.

- **KHIREDDINE, B.; GRIMARD, B.; PONTER, A.A.; PONSART, C.; BOUDJENAH, H.; MIALOT, J.P.; SAUVANT, D.; HUMBLLOT, P.** 1998. Influence of flushing on LH secretion, follicular growth and the response to estrus synchronization treatment in suckled beef cows. *Theriogenology* 49: 1409-1423.

- **KOTT, R.** 2002. Montana farm flock sheep production handbook. [en línea]. *Animal & Range Science.* pp. 23-27.
<http://animalrangeextension.montana.edu/Articles/Sheep/Flock%20Handbook>
 [consulta: 29-01-2003].

- **KWONG, W.Y.; WILD, A.E.; ROBERTS, P.; WILLIS, C.; FLEMING, T.P.** 2000. Maternal undernutrition during the preimplantation period of rat development causes blastocyst abnormalities and programming of postnatal hypertension. *Development* 127: 4195-4202.

- **LOPEZ, A.; RAGGI, L.** 1992. Requerimientos nutritivos de camélidos sudamericanos: Llamas (*Lama glama*) y Alpacas (*Lama pacos*). *Arch. Med. Vet.* 24: 121-130.

- **MARIANA, J.C.; MONNIAUX, D.; DRIANCOURT, M.A.; MAULEN, P.** 1991. Folliculogenesis. *Reprod. Dom. Anim.* 119-171 (citado por Siddiqui, M.A.R.; Shamsuddin, M.; Bhuiyan, M.M.U.; Akbar, M.A.; Kamaruddin, K.M. 2002. Effect of feeding and body condition score on multiple ovulation and embryo production in Zebu cows. In: *Reprod. Dom. Anim.* 37: 37-41).

- **MARTINEZ DE ACURERO, M.; MAZZARRIL, G.; RODRIGUEZ, H.; QUINTANA, H.; CHICCO, C.F.** 1986. Suplementación energética y proteica pre-servicio en ovejas west african. *Zootecnia Tropical* 4: 19-28.

- **McCRABB, G.J.; EGAN, A.R.; HOSKING, B.J.** 1992. Maternal undernutrition during mid pregnancy in sheep: variable effects on placental growth. *J. Agric. Sci., Cambridge.* 118: 127-132.

- **MUÑOZ-GUTIÉRREZ, M.; BLACHE, D.; MARTIN, G.B.; SCARAMUZZI, R.J.** 2002. Folliculogenesis and ovarian expression of mRNA encoding aromatase in anoestrous sheep after 5 days of glucose or glucosamine infusion or supplementary lupin feeding. *Reproduction* 124: 721-731.

- **O'CALLAGHAN, D.; YAAKUB, H.; HYTTEL, P.; SPICER, L.J.; BOLAND, M.P.** 2000. Effect of nutrition and superovulation on oocyte morphology, follicular fluid composition and systemic hormone concentrations in ewes. *J. Reprod. Fertil.* 118: 303-313.

- **OSGERBY, J.C.; WATHES, D.C.; HOWARD, D.; GADD, T.S.** 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *J. Endocrinol.* 173: 131-141.

- **OSGERBY, J.C.; GADD, T.S.; WATHES, D.C.** 2003. The effect of maternal nutrition and body condition on placental and foetal growth in the ewe. *Placenta* 24: 236-247.

- **RAGGI, L.** 1992. Camélidos: una opción ganadera. *El campesino.* 123: 16- 23.

- **RHIND, S.M.; McKELVEY W.A.C.; McMILLEN S.; GUNN R.G.; ELSTON D.A.** 1989. Effect of restricted food intake, before and/ or after mating, on the reproductive performance of greyface ewes. *Anim. Prod.* 48: 149-155.

- **ROBERTS, S.J.** 1983. *Obstetricia Veterinaria y Patología de la Reproducción (Teriogenología).* Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. Pp. 164-165.

- **SCHILLO, K.** 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70: 1271-1282.

- **SMALL, C.J.; STANLEY, S.A.; BLOOM, S.R.** 2002. Appetite control and reproduction: leptin and beyond. *Semin. Reprod. Med.* 20: 389-398.

- **SPICER, L.J.; TUCKER, W.B.; ADAMS, G.D.** 1990. Insulin-like growth factor in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity and estrous behavior. *J. Dairy Sci.* 73: 929-937.

- **SPICER, L.J.; ECHTERNKAMP, S.E.** 1995. The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with an emphasis on domestic animals. *Dom. Anim. Endocrinol.* 12: 223-245.

- **SPICER, L.J.; FRANCISCO, C.C.** 1997. The adipose obese gene product leptin: evidence and inhibitory role in ovarian function. *Endocrinology* 138: 3374-3379.

- **SUMAR, J.B.** 2002. Llamas y alpacas. **En:** Hafez, E.S.E; Hafez, B. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. Séptima edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. Pp 224-242.

- **URQUIETA, B.; ROJAS, R.** 1990. Studies on the reproductive physiology of the vicuña (*Vicugna vicugna*). Livestock reproduction in Latin America. Internacional Atomic Energy Agency. Viena, Austria. Pp. 407-428.

- **URQUIETA B.** 1993. Estrategias reproductivas de los camélidos sudamericanos en el altiplano. **En:** Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Pp. 19-21.

