



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Medicina Veterinaria

Unidad de Posgrado

**Crecimiento compensatorio de alpacas: efecto de  
diferentes niveles de restricción energética y proteica**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Producción y  
Reproducción Animal

**AUTOR**

Juan Pavel OLAZABAL LOAIZA

Lima, Perú

2007



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Olazabal J. Crecimiento compensatorio de alpacas: efecto de diferentes niveles de restricción energética y proteica [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Unidad de Posgrado; 2007.

---

Mi gratitud eterna a mis queridos padres, Roque y Luzmila, por brindarme un hogar cálido y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

A mis adorables hijos, Juan, Angel y Margareth.

A mis hermanos Yasmina, Yuri, Valery y Mariel por todos los momentos compartidos.

Al Dr. Felipe San Martín, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la culminación de este trabajo. b

Al Dr. Miguel Ara, por todas sus valiosas sugerencias y acertados aportes a este trabajo.

Al C.I., IVITA-Marangani y todo su personal, por todo el apoyo brindado.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental del IVITA-Maranganí con el objetivo de evaluar y cuantificar la respuesta en alpacas hembra a la restricción energética y proteica a través del crecimiento compensatorio (CC), medido en términos de ganancia de peso, consumo, conversión de alimento e índice de recuperación. Se mantuvieron en corrales individuales 38 alpacas hembra destetadas. El experimento consistió en dos ensayos. Ensayo I: Restricción energética-proteica y Ensayo II: Restricción proteica. Ambos ensayos consistieron de dos fases de 60 días cada una; la fase de restricción y la fase de compensación, respectivamente. Los tratamientos durante la fase de restricción en el Ensayo I: fueron Sin restricción (SR), Restricción moderada (Rmo), Restricción media (Rme) y Restricción alta (Ral). En el Ensayo II: Sin restricción con nivel medio de proteína (SRmp), Restricción media con alto nivel de proteína (Rap), Restricción media con medio nivel de proteína (Rmp) y Restricción media con bajo nivel de proteína (Rbp). Durante la fase de compensación, los animales de ambos ensayos recibieron el mismo alimento a nivel *ad libitum* con 13% de proteína cruda. La tasa de crecimiento durante el CC en alpacas varía de acuerdo al grado de restricción alimentaria previa, siendo superior, para el periodo de compensación estudiado la restricción moderada seguido por la restricción media y la restricción alta. Durante el CC las alpacas restringidas muestran un mayor consumo y mejor conversión alimenticia. Las mayores tasas de crecimiento e índice de recuperación durante el CC se muestran en los periodos iniciales de la fase de compensación. Los niveles proteicos en las dietas experimentales usadas no permitieron observar efecto de la proteína sobre el CC.

**Palabras clave:** Crecimiento compensatorio, alpacas, consumo, conversión alimenticia.

## ABSTRACT

The present study, conducted at the IVITA-Marangani research station in Cusco, was designed to determine the compensatory growth response of female alpacas subsequent to a two month period of reduced energy and protein intake levels, measured in terms of weight gain, consumption, feed conversion and recovery index. A total of 38 female alpacas kept in individual stalls were submitted to two tests, the first involving reduced levels of energy and protein intake, and the second involving reduced levels of protein intake only. During each test the alpacas were fed the restricted diet for 60 days followed by a 60-day recovery period during which compensatory growth was studied. In the first test, the alpacas were divided into four groups: one on an unrestricted diet, a second with moderate, a third with medium and a fourth with severe reduction of energy and protein intake. In the second test, the diets were unrestricted with medium protein, medium restriction with high protein, medium restriction with medium protein, and medium restriction with low protein levels. During the compensatory growth phase, all alpacas were fed *ad libitum* a diet containing 13% crude protein. Compensatory growth rates varied, with those animals fed moderately restricted diets growing most rapidly, followed by those on medium and severely restricted diets respectively. During the two-month compensatory growth period, all the alpacas consumed more and converted the feed more efficiently, with accelerated growth and the highest recovery index scores registered near the beginning of the period. The different protein levels in the diets did not produce any significant impact on the compensatory growth response of the alpacas.

**Key words:** compensatory growth, alpacas, feed intake and conversion.

## ÍNDICE

	Pág
I INTRODUCCION.....	1
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
CRECIMIENTO COMPENSATORIO.....	4
Factores que afectan el CC.....	6
- Edad.....	6
- Genotipo.....	6
- Tiempo y severidad de la restricción alimenticia.....	7
- Calidad de la dieta durante la restricción alimenticia.....	8
- Calidad de la dieta durante la fase de compensación.....	9
Factores Asociados a la Fase Compensatoria.....	9
- La disminución de los requerimientos de mantenimiento.....	10
- El incremento del consumo de alimento.....	10
- La alta eficiencia de utilización de los alimentos.....	11
- Los cambios en la composición de la ganancia de peso.....	12
- Las alteraciones en el estatus endocrino.....	12
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LOS CAMÉLIDOS	
SUDAMERICANOS .....	14
- Fisiología, Digestión y Consumo.....	14
- Requerimientos nutricionales.....	17



	CRECIMIENTO EN ALPACAS.....	18
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
	ÁREA DE ESTUDIO.....	21
	ARREGLO DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.....	22
	VARIABLES EVALUADAS.....	24
	- Ganancia de peso.....	24
	- Consumo de alimento.....	25
	- Conversión de alimento.....	25
	- Índice de recuperación.....	25
	- Estimación de requerimientos energéticos.....	26
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
	4.1 Ensayo I. Restricción energética-proteica.....	27
	4.1.1 Ganancia de peso e índice de recuperación.....	27
	4.1.2 Consumo y conversión alimenticia.....	32
	4.2 Ensayo II. Restricción proteica.....	36
	4.2.1 Ganancia de peso e índice de recuperación.....	36
	4.2.2. Consumo y conversión de alimento.....	41
V	CONCLUSIONES.....	46
VI	BIBLIOGRAFIA.....	47
VII	APENDICE.....	54

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Ganancia diaria de peso vivo en alpacas en crecimiento con diferentes regímenes alimenticios durante la época seca.	19
<b>Cuadro 2.</b> Composición del alimento usado en los ensayos I y II (% M S).	24
<b>Cuadro 3.</b> Peso promedio inicial y final de alpacas durante el periodo de restricción y compensación.	28
<b>Cuadro 4.</b> Ganancia de peso (g/día) durante la fase de compensación.	29
<b>Cuadro 5.</b> Índice de recuperación (%) durante la fase de compensación.	30
<b>Cuadro 6.</b> Consumo de alimento durante la fase de compensación (materia seca kg/100 Kg peso vivo).	33
<b>Cuadro 7.</b> Conversión de alimento durante la fase de compensación.	35
<b>Cuadro 8.</b> Peso promedio inicial y final de alpacas durante el periodo de restricción y compensación.	37
<b>Cuadro 9.</b> Ganancia de peso (g/día) durante la fase de compensación.	38
<b>Cuadro 10.</b> Índice de recuperación (%) durante la fase de compensación.	39
<b>Cuadro 11.</b> Consumo de alimento (materia seca kg/100 kg peso vivo).	41
<b>Cuadro 12.</b> Conversión de alimento durante la fase de compensación.	43

## I. INTRODUCCIÓN

Crecimiento Compensatorio (CC) es definido como un proceso fisiológico por el cual un organismo acelera su tasa de crecimiento después de un periodo de desarrollo restringido, debido a la reducción del consumo de alimento (Hornick *et al.*, 2000). Para animales de la misma raza y edad, la tasa de ganancia de peso durante la etapa de disponibilidad de alimento usualmente es mayor que aquellos que no fueron restringidos (Owens *et al.*, 1993). La restricción puede darse ya sea por una reducción del alimento o por alimentación con dietas de baja densidad de nutrientes (Drouillard *et al.*, 1991a).

La alimentación de los Camélidos Sudamericanos (CSA) se basa casi exclusivamente en el pastoreo de la vegetación natural de las planicies alto andinas (San Martín, 1996). La biomasa disponible en esta vegetación está influenciada por la marcada estacionalidad de la precipitación, una estación lluviosa (noviembre- abril)

y otra seca (mayo-noviembre). Durante la estación seca hay un bajo crecimiento de las pasturas naturales, lo que origina periodos en los que los requerimientos nutricionales de los animales no son cubiertos.

Uno de los periodos críticos de máxima restricción alimenticia, donde las pasturas no cubren los requerimientos de los animales, es el destete (setiembre – octubre). Esto origina que el desarrollo de los animales destetados se atrase, tanto por la escasa disponibilidad de forraje como por el corte del suministro de leche materna. Lo anterior dificulta el normal crecimiento de los animales, condición que se prolonga hasta la llegada de la época de lluvia, donde se produce el proceso de CC, debido a la recuperación de los pastos, permitiendo que los animales tengan acceso a una mayor disponibilidad de forraje y recuperar el crecimiento atrasado (San Martín, 1999).

Por otro lado, si bien es una práctica generalizada iniciar la reproducción de las hembras a los dos años de edad, se ha determinado que hembras al año de edad ya exhiben conducta sexual (Fernández-Baca y Novoa, 1968), tasas de ovulación, fertilización (Fernández-Baca *et al.*, 1970), tasas de parición y peso corporal y supervivencia de la cría (Novoa *et al.*, 1972) similares a las observadas en hembras adultas. Estas respuestas se logran cuando las alpacas hembras de un año de edad alcanzan aproximadamente el 60% del peso de una hembra adulta (60 kg) y lo pueden lograr por efecto del CC, toda vez que este efecto se produce en alpacas y consiste en un incremento de la tasa de ganancia de peso durante la fase de realimentación.

Por estas consideraciones se diseñó el presente estudio cuyo objetivo fue evaluar y cuantificar la respuesta en alpacas hembra a la restricción energética y proteica a través del CC, medido en términos de ganancia de peso, consumo, conversión de alimento e índice de recuperación.

El conocimiento generado permitirá utilizar científicamente el proceso de CC para elevar los índices productivos de esta especie.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### CRECIMIENTO COMPENSATORIO

Crecimiento es definido como un proceso integral, resultante de la respuesta de las células al estatus endocrino y a la disponibilidad de nutrientes (Hornick *et al.*, 2000). Los animales que han sido sometidos a un periodo de sub alimentación, sea en cantidad o calidad de la dieta y en el cual se ha producido un retraso en el crecimiento, muestran el proceso fisiológico de CC durante periodos posteriores de realimentación (Benschop, 2000). Estos animales crecen a un ritmo superior en comparación con otros animales de edad y peso similar que no han sido restringidos y disponen de alimento en cantidad suficiente (Owens *et al.*, 1993); sin embargo, se ha señalado que la respuesta en el CC es mayor cuando éste sigue a una restricción energética más que a una proteica (Drouillard *et al.*, 1991a).

La extensión del CC se cuantifica a través de un índice, que es el valor relativo de la diferencia entre el peso al final del periodo de restricción y el peso al final del CC (Hornick *et al.*, 2000).

Después de la restricción nutricional y cuando son sometidos a la realimentación, los animales presentan diferentes respuestas; así tenemos: a) compensación completa, b) compensación parcial y 3) sin compensación (Hornick *et al.*, 2000). La compensación completa, ocurre cuando el animal tiene la habilidad de alcanzar el mismo peso para la edad que aquellos que no fueron restringidos. En la compensación parcial los animales incrementan la ganancia de peso durante la realimentación, pero no son capaces de lograr el mismo peso en el mismo periodo de tiempo de aquellos animales no restringidos.

En esta situación el incremento del crecimiento persiste sólo por un corto periodo. La última respuesta es la de sin compensación; esta respuesta es raramente observada y se manifiesta generalmente cuando se realiza la restricción de nutrientes a una edad muy temprana (Morgan, 1972; Tudor y O'Rourke, 1980).

Los mecanismos que explican estos incrementos de la tasa de crecimiento no están totalmente dilucidados (Scott y Fleming, 2000).

## **Factores que afectan el CC**

La variabilidad en las respuestas al CC observadas dentro y entre especies sugiere una estrecha interacción entre factores nutricionales, fisiológicos y genéticos. En seguida revisamos algunos de estos factores.

### **- Edad**

La restricción alimenticia en etapas tempranas de crecimiento es más dañina que en etapas tardías (Wilson y Osbourn, 1960). Así, la edad en la cual un animal es sujeto a una restricción puede ser tan importante como la severidad de la misma. Numerosos trabajos revelan que existe ausencia total o pobre CC cuando los animales son restringidos tempranamente en la vida. (Hornick *et al.*, 2000; Morgan, 1972 y Tudor y O'Rourke, 1980).

### **- Genotipo**

La información sobre la relación entre el genotipo y la habilidad para exhibir CC es escasa. Animales con maduración temprana y por lo tanto con mayores depósitos de lípidos a una misma edad que otro de maduración tardía, tienen una mayor probabilidad de una mejor respuesta compensatoria. Un animal con extenso desarrollo de tejido adiposo puede ser más hábil y resistir mejor, por un largo periodo de tiempo, una restricción nutricional que un animal con menor desarrollo de este



tejido. Subsecuentemente el grado de CC exhibido cuando mejora la nutrición puede depender del nivel de reservas (Benschop, 2000).

### **- Tiempo y severidad de la restricción alimenticia**

La severidad y duración de la restricción juegan un papel importante en la respuesta a la realimentación, debido a que cuanto más severa es la restricción, menor es el peso inicial en la fase de compensación y mayor la ganancia relativa de peso inmediatamente después de la fase de restricción (Wilson y Osbourn, 1960). Uno de los mayores problemas que impide llegar a conclusiones firmes sobre estos dos factores individualmente es la incapacidad para desenredar los efectos confundidos como la severidad y el largo del periodo de la restricción alimenticia y crecimiento restringido (Lawrence y Fowler, 2002).

La naturaleza del periodo de restricción puede ser clasificada en tres categorías: a) restricción severa, con pérdida de peso vivo; b) restricción de mantenimiento donde se mantiene el peso vivo constante y c) restricción moderada en el que hay un pequeño pero sub normal incremento del peso vivo (Wilson y Osbourn, 1960).

Generalmente, la compensación es mejor cuando la duración de la restricción es corta y no muy severa. Por otro lado, fallas en la respuesta en CC se pueden deber a la severidad de la restricción y/o a la calidad de la dieta utilizada durante la fase de compensación (Ryan *et al.*, 1993a). La compensación completa muchas veces no se puede lograr debido a lo extenso de la fase de restricción. Existe una gran variedad

de opciones en la severidad de la restricción alimenticia y estas producen respuestas variables en el CC. Muchos estudios han demostrado que es posible un CC completo si la restricción no es muy severa (Doyle y Lesson, 1996).

#### **- Calidad de la dieta durante la restricción alimenticia**

Los patrones de deposición y/o movilización de tejidos durante la fase de restricción señalan diferencias entre animales restringidos en proteína y energía (Drouillard *et al.*, 1991b). Investigaciones previas del efecto relativo de privación de energía y de proteína han estado enfocadas en limitar el consumo de proteína digestible o cruda en comparación a la restricción calórica. Dada la interdependencia de metabolismo de energía y proteína dentro del rúmen, la restricción de proteína cruda o proteína digestible afecta negativamente la utilización de energía (Drouillard *et al.*, 1991b). En resumen, la deficiencia de proteína en rumiantes frecuentemente está acompañada por alteración del metabolismo energético (Drouillard *et al.*, 1991a).

Drouillard *et al.* (1991a) no encontraron diferencias en la expresión de CC en corderos que fueron restringidos por un periodo corto en proteína metabolizable o energía neta. Drouillard *et al.* (1991b), así mismo, encontraron similar CC en novillos restringidos por 77 días tanto de proteína metabolizable como de energía, sin embargo, el CC fue mayor en animales restringidos en energía comparado a los restringidos en proteína metabolizable cuando los periodos de restricción fueron mayores.

## **- Calidad de la dieta durante la fase de compensación**

La cantidad de alimento consumido durante la fase de compensación puede tener efecto en el CC, sin embargo, los resultados al respecto son muy variables, principalmente debido a los niveles de restricción y a las calidades de las dietas durante la fase de compensación (Ryan *et al.*, 1993a). Así, el nivel de proteínas es un factor importante en la recuperación después de la restricción, aunque Rossi *et al.* (2000), incrementando la concentración de proteína cruda en dietas de vacas durante la fase de compensación, no obtuvieron mejoras en el rendimiento.

## **Factores Asociados a la Fase Compensatoria**

El CC es un evento biológico complejo asociado a factores relacionados con la transformación y utilización de los alimentos durante la fase compensatoria; entre ellos tenemos: a) La disminución de los requerimientos de mantenimiento (Butler-Hogg y Tulloh, 1982); b) El incremento del consumo de alimento (Onischuk y Kennedy, 1990); c) La alta eficiencia de utilización de los alimentos (Cartens *et al.*, 1991); d) Los cambios en la composición de la ganancia de peso (Baker *et al.*, 1985) y e) Las alteraciones en el estatus endocrino (Blum *et al.*, 1985). Las evidencias individuales de estos factores no son concluyentes ya que las respuestas aparentemente son producto de la combinación de dos o más de estos factores.

### **- Disminución de los requerimientos de mantenimiento**

El CC tiene efecto directo sobre las diferentes y particulares tasas de crecimiento y metabólicas de los órganos viscerales (Kamalzadeh *et al.*, 1998). Durante la restricción nutricional los tejidos metabólicamente activos como el hígado y tracto digestivo se reducen en tamaño, debido a disminución en la cantidad de energía y proteína disponible y disminución de la síntesis de proteína, resultando en una hipotrofia de las células, disminución de la masa del órgano y de los requisitos de energía para mantener su función. Estos cambios llevan al animal a reducir sus requerimientos de mantenimiento y aumentar la probabilidad de sobrevivir durante los periodos de crisis o restricción nutricional. Los requerimientos de mantenimiento disminuidos de estos órganos persisten durante la realimentación hasta que la proteína del hígado y del tracto digestivo queden completamente restablecidas, permitiendo al mismo tiempo que una relativa mayor proporción de energía y proteína puedan ser usadas para cubrir los requerimientos de crecimiento (Ryan *et al.*, 1993b).

### **- Incremento del consumo de alimento**

El consumo es regulado fisiológicamente por el animal y por sus requerimientos metabólicos. Durante la fase compensatoria el consumo se incrementa, sin embargo, su magnitud parece variar de una especie a otra (Kamalzadeh *et al.*, 1997). En rumiantes, este consumo empieza a incrementarse durante el primer mes de la fase compensatoria y es el responsable parcial del CC (Santra y Pathak, 1999). El mayor

consumo es explicado por una reducción del tejido adiposo durante el periodo de restricción lo que origina un aumento del espacio de la cavidad abdominal, con reducción de la presión sobre el tracto digestivo. Por otro lado, animales que recibieron forrajes de baja calidad durante la restricción alimenticia tienen mayor capacidad de recepción de alimento en el rumen y por lo tanto en la fase de compensación poseen una mayor capacidad de consumo (Kamalzadeh *et al.*, 1997). Otra explicación del aumento del consumo consiste en que una vez que el hígado y el tracto digestivo se restablecen durante la fase de compensación, se incrementa la síntesis de proteína con el aumento de la demanda de energía que origina a su vez una retroalimentación positiva y aumento del consumo de alimento (Lawrence y Fowler, 2002).

#### **- Alta eficiencia de utilización de los alimentos**

Cuando los animales restringidos son sometidos a una dieta de alta calidad, el tracto digestivo y el hígado incrementan su tamaño al igual que su habilidad para absorber más nutrientes (Ryan, 1990). El tracto digestivo es el primer sitio donde se incrementa la absorción de nutrientes durante la fase de compensación, estimulando la producción local de factor de crecimiento insulínico I (IGF-I), lo que estimula a su vez la síntesis de proteína dentro de las células del tracto gastrointestinal, incrementando el flujo de nutrientes al hígado (Hornick *et al.*, 2000).

### **- Los cambios en la composición de la ganancia de peso**

Durante la fase de restricción el tejido periférico sufre cambios; el largo del periodo de restricción nutricional y su severidad afectan los cambios en la composición durante la fase de compensación. En general el animal no puede mantener el crecimiento, debido a una privación de nutrientes, y hay una pérdida de grasa y depósitos de proteína durante la restricción nutricional (Ferrel *et al.*, 1986; O'Donovan, 1984). Estos cambios probablemente afectan la composición de los tejidos periféricos afectando la regulación hormonal.

Lo comúnmente observado en la fase de compensación es el incremento de la deposición de proteína y disminución de los depósitos de lípidos (Carstens *et al.*, 1991; Ryan, 1990; Ryan *et al.*, 1993a). Inicialmente, el CC es caracterizado por una deposición de tejido muy magro, similar a la deposición durante la restricción alimenticia. Al final por el alto consumo de alimento en el CC los animales logran incrementar la deposición de grasa.

### **- Alteraciones en el estatus endocrino**

Scottt y Fleming (2000) indican que las hormonas juegan un rol integral en el crecimiento y desarrollo siendo las principales responsables del incremento de la deposición de proteína y los niveles de crecimiento en animales después de la restricción nutricional.

Durante la restricción nutricional el número de receptores de hormona del crecimiento (HC) en el hígado disminuye; sin embargo, la producción y secreción de la HC por la pituitaria esta aumentada; incrementando los niveles circulantes de HC en el cuerpo. Altos niveles circulantes de HC durante la restricción incrementa la movilización de ácidos grasos, los cuales son usados para cubrir el requerimiento de energía (Hornick *et al.*, 2000).

La disminución de receptores de HC en el hígado resulta en una menor sensibilidad y sensibilidad a ésta, y esto está seguido por una reducción de la secreción del factor de crecimiento insulínico I (IGF-I) en el hígado. Así, se establecen en animales restringidos bajos niveles circulantes de IGF-I (Hornick *et al.*, 2000).

Los tejidos periféricos en animales en crecimiento son sensitivos a las concentraciones de IGF-I. Durante la restricción, hay un incremento en el número de receptores de IGF-I en el tejido periférico. El incremento de la producción de IGF-I por el hígado, debido a un incremento en el flujo de nutrientes durante la realimentación, estimula la deposición de proteína en el tejido periférico. Los niveles de síntesis y degradación de proteína están incrementados por encima de lo normal en animales compensados debido a un incremento en el número de receptores en la superficie celular para IGF-I que a su vez incrementa la sensibilidad celular para IGF-I (Hornick *et al.*, 2000).

La respuesta de IGF-I puede aumentar adicionalmente debido a una disminución en la concentración de miostatina durante la fase de restricción. La función de la

miostatina parece ser la de mantenimiento del tamaño del músculo en proporción al tamaño del cuerpo. Durante la restricción, el crecimiento muscular está muy reducido. Por ello, parece razonable que las concentraciones de miostatina en el músculo guíen a una inhibición de IGF-I. Esto ayuda a explicar por qué animales compensados incrementan niveles de crecimiento por encima de los controles (Hornick *et al.*, 2000).

Durante la realimentación y CC, la secreción de insulina está agudamente incrementada y las concentraciones de HC en el plasma permanecen altas. Esta situación permite probablemente que más nutrientes sean usados para el proceso de crecimiento. El incremento en la disponibilidad de nutrientes en el hígado da lugar a un incremento en el número de receptores de HC. Este incremento en el número de receptores y concentraciones de HC estimula durante la restricción una larga respuesta en la producción de IGF-I (Hornick *et al.*, 2000).

## **CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS**

### **Fisiología, Digestión y Consumo.**

En general, los CSA poseen características digestivas propias. Así, su estómago tiene una actividad más continua que la observada en otros rumiantes y su motilidad es muy diferente a la del retículo-rúmen de los rumiantes avanzados (Vallenas, 1965).



La alpaca esta provista de mecanismos tamponantes más eficientes que el ovino; a similares concentraciones de AGV el pH de ovinos es más bajo que el de alpacas (Vallenas, 1965). Esta condición permitiría a las alpacas tener una mayor producción bacterial debido a que las condiciones ácidas incrementan los requerimientos energéticos de mantenimiento de las bacterias presentes en el estómago y, además, las bacterias celulolíticas son más sensitivas y tienen una menor producción a bajo pH (San Martín, 1999).

Estudios comparativos entre CSA y otros rumiantes señalan que los CSA retienen el alimento en el tracto digestivo por un mayor tiempo. Se han estimado tiempos de retención del alimento en alpacas de 50.3, mientras que en ovinos son de 43.2 h. Comparaciones entre llamas y ovinos usando un marcador de la fase sólida dan mayor tiempo de retención en llamas (62 h) que en ovinos (41 h) (San Martín y Bryant, 1988). Las llamas retienen partículas grandes por un periodo de tiempo mayor que el vacuno y el caballo. Así, se señala que el tiempo de retención en llamas para partículas de 0.2-1.0 cm. es de 60 h (Clemens y Stevens, 1980).

Pruebas comparativas de digestibilidad *in vivo* conducidas entre alpacas y ovinos, así como entre llamas y ovinos, muestran que donde el alimento suministrado tenia menos de 7.5% de proteína cruda la digestibilidad fue mayor en alpacas, y, en aquellas en que el contenido proteico fue mayor que 10.5% no se obtuvieron diferencias (San Martín, 1996). Adicionalmente, pruebas comparativas de digestibilidad *in vivo* entre llamas y ovinos mostraron mayores coeficientes de digestión en llamas que en ovinos, para dietas de baja y mediana calidad, así como

coeficientes de digestión comparables entre las dos especies para dietas de alta calidad (San Martín y Bryant, 1988). En conclusión, los CSA son más eficientes que los ovinos en la digestión de alimentos de mediana y baja calidad; esta mayor eficiencia digestiva está relacionada con el tiempo de retención del alimento en el tracto digestivo.

Además del factor de retención, la mayor eficiencia de digestión puede ser debida a la mayor frecuencia de contracciones y a la presencia de sacos glandulares en el estómago. Estas peculiaridades de los CSA les permitirían una más eficiente maceración, mezclado y absorción de la digesta. Por otro lado, la mayor digestibilidad de los alimentos de baja calidad por los CSA podría deberse a la habilidad de estos de mantener una mayor concentración de amoníaco en el compartimiento uno (C1) y dos (C2) comparado con el ovino. Esto proveería a los CSA más N disponible para la síntesis microbiana, mejorando la digestibilidad (San Martín y Bryant, 1988).

La información sobre consumo en alpacas proviene de estudios comparativos con ovinos bajo condiciones estabuladas. El consumo diario de materia seca como porcentaje de peso vivo en alpacas varía desde 1.08 hasta 2.40 % con un promedio de 1.83 %, variación debida a los diferentes tipos de alimento usados (San Martín y Bryant, 1988). En general, el consumo diario de los CSA es menor que el de ovino y es el resultado de factores asociados como el mayor tamaño corporal y el relativo menor requerimiento de energía en los CSA (San Martín, 1991).

## Requerimientos nutricionales.

Los datos existentes sobre los requerimientos energéticos de CSA son muy limitados. Engerhardt y Scheneider, citados por San Martín (1991), estimaron los requerimientos para mantenimiento de dos llamas, sometidas a tres niveles de consumo *ad libitum* (80 y 60 % de consumo), obteniendo un promedio de 61.2 kcal de energía metabolizable por kg de peso metabólico (kg PV<sup>75</sup>). Asimismo, observaron que este requerimiento disminuía con la reducción del consumo. Este requerimiento es más bajo que el señalado para ovinos por la NRC (1985) (98 kcal EM/kg PV<sup>75</sup>). Esta tendencia concuerda con lo reportado por Schneider *et al.* (1974), quienes señalan que las llamas son capaces de reducir su metabolismo basal de 61 a 52 kcal/kg PV<sup>75</sup> cuando están bajo restricción alimenticia.

Sobre los requerimientos de proteína en CSA existe solamente un trabajo (Huasasquiche, 1974) donde se estimó, mediante una prueba de balance de nitrógeno, los requerimientos de mantenimiento de este nutriente para alpacas, obteniéndose que el N digerible y la proteína digerida requerida fueron de 0.38 y 2.38 g/kg PV<sup>75</sup>, respectivamente. Este requerimiento de proteína digerida es más bajo que aquel señalado para ovinos y vacunos de carne (2.79) (Preston, 1966), y cabras (2.82) (NRC, 1982).

## **CRECIMIENTO EN ALPACAS**

Al evaluarse el crecimiento de alpacas mantenidas en pasturas naturales desde el nacimiento hasta los 40 meses, se observó que desde el nacimiento hasta el destete existe un crecimiento acelerado, luego disminuye debido al destete y a la esquila; incrementando aceleradamente su peso nuevamente desde los 11 a 18 meses de edad (Bustinza *et al.*, 1985).

La ganancia de peso en alpacas mantenidas en praderas naturales, después del destete y en el periodo de setiembre a diciembre fue de 2.1 kg, y para el periodo de enero a marzo fue de 7.3 kg, observándose una mayor ganancia durante el periodo de mayor disponibilidad de pasturas (García *et al.*, 1999). En el Cuadro 1 se presenta un resumen de estudios de crecimiento en alpacas durante la época seca bajo diferentes regímenes alimenticios. Estos trabajos muestran la gran variabilidad de respuesta en términos de ganancia de peso, los mismos que dependen principalmente de la disponibilidad de alimento.

Cuadro 1. Ganancia diaria de peso vivo en alpacas en crecimiento con diferentes regímenes alimenticios durante la época seca.

Sexo	Edad (meses)	Período (d)	Ganancia (g/d)	Régimen alimenticio	Fuente
Hembra	7	90	20.2	Pastura natural (PN)+sal yodada	
Hembra	7	90	14	PN+Heno avena	Quispe y
Hembra	7	90	19.1	PN+sal +heno	Huanca,
Hembra	7	90	20.5	PN	1998.
Ambos	12	60	149.7	Alfalfa + dactylis	Apaza y
Ambos	12	90	107	Alfalfa + dactylis	Málaga, 1996.
Ambos	4	90	51.22	PN + Rye grass	Olarte <i>et al.</i> ,
Ambos	7-8	90	80.89	PN	1996
Ambos	7	155	45.65	PN	
Ambos	10	155	40.52	PN	
Ambos	7	45	144	Bofedal	Campana y
Ambos	7	45	181	Bofedal + trébol blanco	Málaga 1996.
Macho	menos	60	105.63	Heno de alfalfa + concentrado	Rosadio y
Hembra	de 20	60	114.1	Heno de alfalfa + concentrado	Risco, 1999.
Macho	6	90	117.0	Rye grass + trebol	Turin <i>et al.</i> ,
Macho	18	90	131.0	Rye grass + trebol	1999.
Macho	6	90	49.0	PN	
Macho	18	90	60.0	PN	
Ambos	4	98	20.40	Heno dactylis	Olazabal <i>et al.</i> ,
Ambos	4	98	32.42	Heno phalaris+harina pescado	2001.

Aparentemente los factores asociados a la fisiología del CC en las diferentes especies son diversos y estas particularidades no permitirían hacer una extrapolación directa a los CSA. No existiendo mucha evidencia que muestre que una deficiencia de proteína es más importante que una deficiencia de energía durante la fase de restricción, afectando el subsecuente CC, se pretende contribuir en evaluar y cuantificar la respuesta en alpacas hembra a la restricción energética y proteica, en posterior CC.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **ÁREA DE ESTUDIO**

El estudio se realizó en la estación experimental IVITA - Maranganí de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La EE está localizada a 3727 m de altitud y a 14°21'11.4" S 71°09'56.9" W, en el distrito de Maranganí, Provincia de Canchis, Departamento del Cusco. La EE presenta temperaturas máximas que varían entre 13 y 14 °C, con el punto más alto en el mes de noviembre. Las temperaturas mínimas varían entre -5 y 1.9 °C, siendo el punto más bajo en el mes de junio. El promedio de precipitación anual es de 953 mm y la mayor precipitación ocurre en los meses de noviembre a marzo.

## **ARREGLO DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.**

Se utilizaron 38 alpacas hembras recién destetadas procedentes del IVITA - Maranganí, seleccionadas de acuerdo a la fecha de nacimiento y peso. Los animales fueron dosificados contra parásitos internos y externos y alojados en corrales individuales de 2.0 m x 1.5 m, teniendo un acostumbramiento previo a la nueva condición de encierro y alimentación. La estrategia de alimentación consistió en un periodo de adaptación de 20 días previa a la nueva condición de estabulación y a la dieta experimental. El agua se administró a discreción.

El experimento consistió en dos ensayos. Ensayo I: Restricción energética-proteica y el Ensayo II: Restricción proteica. Ambos ensayos consistieron en dos fases de 60 días cada una; la fase de restricción y la fase de compensación, respectivamente. Los ingredientes y la composición del alimento se muestran en el Cuadro 2.

### **Tratamientos durante la fase de restricción**

#### **Ensayo I. Restricción energética-proteica:**

**Sin restricción (SR):** Consistió en suministrar alimento *ad libitum* (3.5% de MS del PV).

**Restricción moderada (Rmo):** Consistió suministrar alimento para conseguir, aproximadamente, el 50% de la ganancia de peso esperado en los animales del tratamiento SR (2.5% de MS del PV).



**Restricción media (Rme):** Consistió en suministrar alimento que permitiera mantener el peso de los animales (1.8% de MS del PV).

**Restricción alta (Ral):** Consistió en suministrar alimento para conseguir pérdida de peso de los animales (1.08% de MS del PV).

Durante la fase de compensación todos los animales recibieron el mismo alimento a nivel *ad libitum*. El alimento contenía 13% de proteína cruda (Cuadro 2).

## **Ensayo II. Restricción proteica:**

**Sin restricción con nivel medio de proteína (SRmp):** Consistió en suministrar alimento *ad libitum* (3.5% de MS del PV) con 13 % de proteína cruda.

**Restricción media con alto nivel de proteína (Rap):** Consistió en suministrar alimento que permitiera mantener el peso de los animales (1.8% de MS del PV) con 18.2 % de proteína cruda.

**Restricción media con medio nivel de proteína (Rmp):** Consistió en suministrar alimento que permitiera mantener el peso de los animales (1.8% de MS del PV) con 13 % de proteína cruda.

**Restricción media con bajo nivel de proteína (Rbp):** Consistió en suministrar alimento que permitiera mantener el peso de los animales (1.8% de MS del PV) con 7.8 % de proteína cruda.

Durante la fase de compensación, los animales recibieron el mismo alimento a nivel *ad libitum* con 13% de proteína cruda (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición del alimento usado en los ensayos I y II (% M S).

Ingredientes (%)	Tratamientos*				
	Ensayo I Todos	SRmp	Ensayo II Rap	Rbp	Rmp
Afrecho de cebada	92.68	92.68	92.68	92.68	92.68
Harina de pescado	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32
Vitaminas y minerales	1	1	1	1	1

Composición química.

EM** (Mcal/kg MS)	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29
Proteína cruda (%)	13	13	18.2	7.8	13

\* SRmp, Sin restricción con nivel medio de proteína; Rap, Restricción media con alto nivel de proteína; Rmp, Restricción media con nivel medio de proteína y Rbp, Restricción media con bajo nivel de proteína.

\*\* Energía metabolizable.

## VARIABLES EVALUADAS

**Ganancia de peso:** El peso de los animales se evaluó al inicio y cada 14 días, con una balanza de 200 kg de capacidad, con una aproximación de 500 g, pesándose en ayunas y a la misma hora (08.00 h). La ganancia de peso diaria por animal fue el coeficiente de regresión obtenido entre el peso vivo (Y) y días de pesada (X). La ganancia de peso fue estimada para los periodos: 0-28, 28-60 y 0-60 días en cada una de las fases de cada ensayo.

**Consumo de alimento:** el consumo se determinó diariamente a través de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado para los periodos 0-28, 28-60 y 0-60 días en la fase de compensación de ambos ensayos.

**Conversión de alimento:** La conversión de alimento se determinó a través de la relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso para los periodos 0-28, 28-60 y 0-60 días en la fase de compensación de ambos ensayos.

**Índice de recuperación:** Este índice se calculó para los periodos entre 0-28, 28-60 d y 0-60 días de la fase de compensación en ambos ensayos, usando la formula desarrollada por Wilson y Osbourn (1960):

$$IR = \frac{(Plc - Plcc) - (PFc - PFcc)}{(Plc - Plcc)}$$

Donde:

IR: índice de recuperación.

Plc -Plcc: peso promedio al inicio del período de compensación del tratamiento sin restricción y peso promedio al inicio del periodo de compensación del tratamiento con diferente nivel de restricción.

PFc-PFcc: peso promedio al final del período de compensación del tratamiento sin restricción y peso promedio al final del periodo de compensación del tratamiento con diferente nivel de restricción.

**Estimación de requerimientos energéticos:** debido a que los tratamientos impuestos (diferentes consumos de energía) generaron diferencias en la ganancia de peso, se estimó por regresión lineal los requerimientos energéticos para mantenimiento de energía metabolizable (EM) en las alpacas.

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El diseño utilizado en ambos ensayos fue el irrestricto al azar; con cuatro tratamientos en ambos ensayos y cinco animales por tratamiento en el Ensayo I y cuatro animales en el Ensayo II. Se analizó mediante análisis de varianza la ganancia diaria de peso, consumo y conversión de alimento de los diferentes tratamientos para ambos ensayos durante la fase de compensación. Las diferencias encontradas fueron analizadas mediante la prueba de Duncan. Para el índice de recuperación para cada tratamiento restringido se determinó el promedio. Para estimar el efecto de los dos períodos (0-28, 28-60 d) de la fase de compensación sobre las variables de respuesta bajo los diferentes tratamientos, se incorporaron a períodos como subparcelas dentro del ANVA general.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Ensayo I. Restricción energética-proteica**

#### **4.1.1 Ganancia de peso e índice de recuperación**

Los pesos promedios de cada tratamiento al inicio y al final de la fase de restricción y al final de la fase de compensación se muestran en el Cuadro 3. El crecimiento durante la fase de restricción reflejó los tratamientos impuestos. Así, los animales sin restricción (SR) ganaron 35% de peso durante esta fase, mientras, los animales con restricción moderada (Rmo) y restricción media (Rme) ganaron 16 y 4 %, respectivamente. Por otro lado, los animales con restricción alta (Ral) perdieron 24.3 % de peso. Las variaciones de peso de los animales restringidos durante esta etapa se encuentran dentro de las tres categorías mencionadas por Wilson y Osbourn (1960) para animales restringidos, como es restricción severa, con pérdida de peso vivo; restricción de mantenimiento donde se mantuvo el peso vivo constante y

restricción moderada en el que hay un pequeño pero sub normal incremento del peso vivo

Cuadro 3. Peso promedio inicial y final de alpacas durante el periodo de restricción y compensación.

Índice	Tratamientos*				
	SR	Rmo	Rme	Ral	CME**
Periodo de restricción (0- 60 d)					
Inicial, kg	21.9±2	22.5±2	22.7±3	24.3±3	
Final, kg	29.6±6	26.1±4	23.6±4	18.4±1	
Periodo de compensación (60 – 120 d)					
Inicio, kg	29.6 <sup>a***</sup>	26.1 <sup>ab</sup>	23.6 <sup>bc</sup>	18.4 <sup>c</sup>	17.08
28 d, kg	31.50 <sup>a</sup>	30.60 <sup>a</sup>	27.50 <sup>ab</sup>	22.30 <sup>b</sup>	17.94
Final, kg	33.7 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	31.1 <sup>ab</sup>	25.2 <sup>b</sup>	22.13

\*SR, Sin restricción; Rmo, Restricción moderada; Rme, Restricción media y Ral, Restricción alta.

\*\*Cuadrado medio del error.

\*\*\*Letras diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05).

La ganancia diaria de peso para los periodos comprendidos entre 0-28, 28-60 d y del total de la fase de compensación (0-60 d) se muestran en el Cuadro 4. La ganancia de peso fue menor (P<0.05) en los animales SR; no encontrándose diferencias (P>0.05) entre los demás tratamientos. Las ganancias de peso diario en los animales restringidos fueron superiores a los reportados por Quispe y Huanca, (1998), Olarte *et al.*, (1996), Rosadio y Risco (1999), Turín *et al.*, (1999) y Olazábal *et al.*, 2001 e

inferiores a los reportados por Apaza y Málaga, (1996) y Campana y Málaga (1996), todos en alpacas y variando de acuerdo a la edad de los animales, sexo y tipo de alimentación.

Cuadro 4. Ganancia de peso (g/día) durante la fase de compensación.

Periodo (d)	Tratamientos*				
	SR	Rmo	Rme	Ral	Promedio
0 – 28	66.58	158.58	138.95	140.95	126.26 <sup>a**</sup>
28 – 60	67.10	106.35	109.54	89.77	93.20 <sup>b</sup>
0 – 60	66.84 <sup>a***</sup>	132.45 <sup>b</sup>	124.27 <sup>b</sup>	115.36 <sup>b</sup>	109.72
CME <sup>****</sup>	813.02				

\*SR, Sin restricción; Rmo, Restricción moderada; Rme, Restricción media y Ral, Restricción alta.

\*\* Letras diferentes en columna indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\* Letras diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\*\* Cuadrado medio del error.

Al compararse la ganancia diaria de peso entre periodos, este fue mayor (P<0.05) en el periodo de 0-28 d, disminuyendo en el segundo periodo en 33, 21 y 37 % para los tratamientos Rmo, Rme y Ral, respectivamente. Ryan *et al.* (1993a) trabajando en vacunos y ovinos reportan disminuciones de ganancia de peso del 33 y 48 %, respectivamente, para el segundo periodo de la etapa de compensación.

Wanyoike y Colmes (1981), en vacunos encontraron que durante las seis primeras semanas de realimentación los animales crecieron en una tasa de 1.56 kg/d y durante las seis semanas siguientes esta tasa declinó a 0.61 kg/d.

Los índices de recuperación para los periodos 0-28, 28-60 y 0-60 d se muestran en el Cuadro 5, observándose un mayor índice de recuperación durante el primer periodo de compensación (0-28 d).

Cuadro 5. Índice de recuperación (%) durante la fase de compensación.

Periodo (d)	Tratamientos*		
	Rmo	Rme	Ral
0-28	74	33	18
28-60	144	35	8
0-60	111	57	24

\*Rmo, Restricción moderada; Rme, Restricción media y Ral, Restricción alta.

Los resultados obtenidos muestran que los animales con alimentación restringida durante la fase de compensación crecen a un ritmo superior en comparación con los animales que no sufrieron restricción expresando el fenómeno de crecimiento compensatorio (CC), tal como ha sido señalado en otras especies domésticas (Owens *et al.*, 1993; Hornick *et al.*, 2000, Drouillard *et al.*, 1991a; Scott y Fleming 2000; Benschop, 2000). En los animales que expresaron CC existió una respuesta diferenciada de acuerdo al grado de restricción al que fueron sometidos previamente; observándose que solo los animales con Rmo, mostraron una compensación completa (111%), en el tiempo que duró la fase de compensación, superando el peso de los animales del tratamiento SR.



Los animales del tratamiento Rme, durante la fase de compensación, mostraron una compensación parcial (57%) y no fueron capaces de lograr en el periodo estudiado el peso de los animales del tratamiento SR. Así mismo, los animales del tratamiento Ral tuvieron una compensación más pequeña (24%) durante la fase de compensación, necesitando probablemente más tiempo para recuperar el peso perdido durante la fase de restricción, sin embargo, los animales de este tratamiento mostraron un consistente y mayor incremento porcentual de peso en la fase compensatoria que los otros animales de los otros tratamientos (Cuadro 3).

Ryan *et al.* (1993a) indican que vacunos que mantienen su peso o lo incrementan ligeramente durante la fase de restricción, no muestran CC o solo muestran una compensación parcial durante el periodo de 12 semanas; hecho que no concuerda con los resultados del presente experimento, ya que los animales con Rmo tuvieron compensación completa y los animales con Rme compensación parcial. Hornick *et al.* (1999), encontraron que vacunos con raciones de mantenimiento en la fase de restricción durante 123 d tuvieron un índice de compensación de 94 % en 204 d.

Los diferentes grados de compensación hallados en este estudio coinciden con los reportados previamente por diversos autores; así, la recuperación completa observada en los animales con Rmo ha sido reportada en vacunos y las recuperaciones parciales de los animales en los tratamientos Rme y Ral han sido reportadas en ovinos por Ryan *et al.* (1993a), Morgan (1972) y Tudor y O'Rourke (1980), mencionan que la compensación parcial es poco frecuente y se manifiesta cuando se realiza la restricción de nutrientes a una edad muy temprana; sin

embargo, en este ensayo la recuperación parcial es explicada principalmente por la duración del periodo de compensación usado (60 d). Tal vez la compensación total podría lograrse si el periodo de compensación es mayor. Por ejemplo, la compensación se lograría en este Ensayo a los 80 y 160 d, para Rme y Ral, respectivamente, en caso que las ganancias de peso se mantuvieran en el tiempo.

En general, las variadas respuestas de CC encontradas en este estudio se deben a las diferentes alternativas utilizadas durante la etapa de restricción alimenticia tal como ha sido reportadas en otras especies domésticas (Hornick *et al.*, 2000).

#### **4.1.2 Consumo y conversión alimenticia**

El consumo de alimento durante la fase de compensación se muestra en el Cuadro 6. El consumo de alimento fue mayor ( $P < 0.05$ ) en los animales que fueron sometidos a una mayor restricción (Ral), no habiendo diferencia ( $P > 0.05$ ) entre Rmo y Rme y menor ( $P < 0.05$ ) en SR. El consumo de alimento fue mayor ( $P < 0.05$ ) durante la segunda etapa (28-60 d) de la fase compensatoria, coincidiendo que el aumento del consumo es el principal mecanismo del CC en las etapas posteriores de la fase de compensación (Santra y Pathak, 1999).

Cuadro 6. Consumo de alimento durante la fase de compensación (materia seca kg/100 Kg peso vivo).

Periodos (d)	Tratamientos*				Promedio
	SR	Rmo	Rme	Ral	
0 – 28	2.27	2.40	2.50	3.00	2.54 <sup>a**</sup>
28 – 60	2.77	2.97	3.13	3.53	3.08 <sup>b</sup>
0-60	2.52 <sup>a***</sup>	2.68 <sup>b</sup>	2.81 <sup>b</sup>	3.27 <sup>c</sup>	2.82
CME <sup>****</sup>	0.2296				

\*SR, Sin restricción; Rmo, Restricción moderada; Rme, Restricción media y Ral, Restricción alta.

\*\* Letras diferentes en columna indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\* Letras diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\*\* Cuadrado medio del error.

El consumo de alimento hallado en los animales del tratamiento Ral coincide con los reportes en otras especies que mencionan que durante la realimentación el consumo de alimento de animales con crecimiento restringido se incrementa (Kamalzadeh *et al.*, 1997; Onischuk y Kennedy, 1990), siendo éste el principal responsable del CC (Santra y Pathak, 1999; Ryan *et al.*, 1993a). Sin embargo, otros autores no obtienen diferencias en el consumo, señalando que éste no explica el CC sino más bien la mejora de la eficiencia en la utilización del alimento (Benschop, 2000; Cartens *et al.*, 1991).

En el proceso del CC el consumo se incrementa pero su magnitud varía de una especie a otra (Kamalzadeh *et al.*, 1997). En rumiantes, el consumo empieza a incrementarse durante el primer mes. Este incremento es el responsable del CC

(Santra y Pathak, 1999). El mayor consumo es explicado por una reducción del tejido adiposo durante el periodo de restricción lo que origina un aumento del espacio de la cavidad abdominal, con reducción de la presión sobre el tracto digestivo. Otra explicación del aumento del consumo consiste en que una vez que el hígado y el tracto digestivo se restablecen durante la fase de compensación se incrementa la síntesis de proteína con el aumento de la demanda de energía que origina a su vez una retroalimentación positiva y aumento del consumo de alimento.

El consumo de alimento en este estudio fue superior a los reportes de consumo en alpacas bajo diversas condiciones de crianza (1.8 kg MS/100 Kg PV) (San Martín, 1996). En este estudio los consumos por kg de peso metabólico ( $PV^{0.75}$ ) fueron de 55.4, 66.4, 60.2 y 58.9 g, para SR, Rmo, Rme y Ral, respectivamente; todos ligeramente superiores a los reportados en alpacas por San Martín (1991) bajo diversas condiciones de alimentación. Este mayor consumo (2.82 kg MS/100 Kg PV) puede estar relacionado a la alta calidad del alimento usado (afrechillo de cebada y harina de pescado).

La conversión alimenticia durante la fase de compensación se muestra en el Cuadro 7, y fue mayor ( $P < 0.05$ ) en los animales del tratamiento SR, no existiendo diferencia ( $P > 0.05$ ) entre los demás tratamientos. Esto está explicado por la disminución del requerimiento de mantenimiento durante la fase de restricción de los animales restringidos, disminución que se prolonga a la fase de compensación permitiendo que más nutrientes del alimento consumido se destine al crecimiento y menos al mantenimiento (Cartens *et al.*, 1991).

Cuadro 7. Conversión de alimento durante la fase de compensación.

Periodos (d)	Tratamientos*				
	SR	Rmo	Rme	Ral	Promedio
0 – 28	11.52	4.66	4.90	5.09	6.56 <sup>a**</sup>
28 – 60	18.40	8.91	9.14	9.92	11.59 <sup>b</sup>
0-60	15.00 <sup>a***</sup>	6.79 <sup>b</sup>	7.02 <sup>b</sup>	7.51 <sup>b</sup>	9.08
CME <sup>****</sup>	37.53				

\*SR, Sin restricción; Rmo, Restricción moderada; Rme, Restricción media y Ral, Restricción alta.

\*\* Letras diferentes en columna indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

\*\*\* Letras diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

\*\*\*\* Cuadrado medio del error.

Con respecto a la conversión alimenticia por periodos en la fase de compensación, la mejor conversión (más eficientes) ( $P < 0.05$ ) se logra en el primer periodo. La mayor eficiencia alimenticia obtenida en los diferentes tratamientos durante el primer periodo coincide con otros estudios que mencionan que durante los primeros días de la fase de compensación los animales son más eficientes en el uso del alimento debido a la disminución de los requerimientos de mantenimiento y a una menor relación grasa-proteína de los tejidos depositados durante la ganancia de peso.

## **4.2 Ensayo II. Restricción proteica.**

### **4.2.1 Ganancia de peso e índice de recuperación**

Los pesos promedios de cada tratamiento al inicio y final de la fase de restricción y al final de la fase de compensación se muestran en el Cuadro 8. Durante la fase de restricción los animales de los cuatro tratamientos tuvieron un incremento porcentual de peso de orden del 35, 0.5, 4 y 2.8 para los animales sin restricción y nivel medio de proteína (SRmp), con restricción media con alto nivel de proteína (Rap), con restricción media y con nivel medio de proteína (Rmp) y restricción media con bajo nivel de proteína (Rbp), respectivamente. De manera general puede señalarse que los tratamientos Rap, Rmp y Rbp mantuvieron el peso durante esta fase.

Cuadro 8. Peso promedio inicial y final de alpacas durante el periodo de restricción y compensación.

Indice	Tratamientos*				CME**
	SRmp	Rap	Rmp	Rbp	
Periodo de restricción (0-60 d)					
Inicial, kg	21.9±2	22.3±3	22.7±3	22.3±2	
Final, kg	29.6±6	22.4±2	23.6±4	22.9±4	
Periodo de compensación (61-120 d)					
Inicial, kg	29.6 <sup>a***</sup>	22.4 <sup>b</sup>	23.6 <sup>ab</sup>	22.9 <sup>b</sup>	18.63
28 d, kg	31.50 <sup>a</sup>	27.75 <sup>a</sup>	27.50 <sup>a</sup>	27.50 <sup>a</sup>	17.48
Final, kg	33.7 <sup>a</sup>	30.5 <sup>a</sup>	31.1 <sup>a</sup>	30.5 <sup>a</sup>	21.25

\* SRmp, Sin restricción con nivel medio de proteína; Rap, Restricción media con alto nivel de proteína; Rmp, Restricción media con nivel medio de proteína y Rbp, Restricción media con bajo nivel de proteína.

\*\*Cuadrado medio del error.

\*\*\*Letras diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

La ganancia diaria de peso para los periodos comprendidos entre 0-28, 28-60 d y del total de la fase de compensación (0-60 d) se muestran en el Cuadro 9. Se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos, periodos y la interacción tratamientos periodos ( $P > 0.05$ ). En todos los tratamientos con excepción del SRmp las ganancias de peso fueron superiores en el primer periodo comparado con el segundo periodo.

Cuadro 9. Ganancia de peso (g/día) durante la fase de compensación.

Período (d)	Tratamientos*				Promedio
	SRmp	Rap	Rmp	Rbp	
0 – 28	66.58	191.27	138.95	161.75	135.54 <sup>a**</sup>
28– 60	67.10	94.85	109.58	103.65	93.19 <sup>b</sup>
0-60	66.84 <sup>a***</sup>	143.06 <sup>b</sup>	124.27 <sup>b</sup>	132.70 <sup>b</sup>	114.36
CME <sup>****</sup>	1230.31				

\* SRmp, Sin restricción con nivel medio de proteína; Rap, Restricción media con alto nivel de proteína; Rmp, restricción media con nivel medio de proteína y Rbp, Restricción media con bajo nivel de proteína.

\*\* Letras diferentes en columna indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\* Letras diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\*\* Cuadrado medio del error.

La ganancia diaria de peso en los animales restringidos fueron superiores a los reportados en alpacas por Quispe y Huanca, (1998), Olarte *et al.*, (1996), Rosadio y Risco (1999), Turín *et al.*, (1999) y Olazábal *et al.* (2001) e inferiores a los reportados por Apaza y Málaga, (1996), Campana y Málaga (1996), variando de acuerdo a la edad de los animales, sexo y tipo de alimentación.

Estos resultados concuerdan con lo hallado por Ryan *et al.*, (1993a) y Wanyoike y Colmes (1981) así como con los obtenidos en el Ensayo I de este estudio y son explicados mayormente por los menores requerimientos de mantenimiento y mejores índices de conversión alimenticia.



Durante los periodos 0-28, 28-60 y 0-60 d de la fase de compensación los animales restringidos mostraron el CC. Así mismo, los índices de recuperación (Cuadro 10) fueron mayores en el primer periodo de compensación (0-28 d). Para el periodo total (0-60 d) estos índices fueron de 56, 57 y 52 %, para los tratamientos Rap, Rmp y Rbp, respectivamente.

Cuadro 10. Índice de recuperación (%) durante la fase de compensación.

Período (d)	Tratamientos*		
	Rap	Rmp	Rbp
0-28	48	33	41
28-60	15	35	20
0-60	56	57	52

\*Rap, Restricción media con alto nivel de proteína; Rmp, Restricción media con nivel medio de proteína y Rbp, Restricción media con bajo nivel de proteína.

Como se observa, los animales alimentados a nivel de mantenimiento pero con diferentes niveles de proteína durante la fase de restricción presentaron en la fase de compensación un ritmo superior de crecimiento en comparación con aquellos animales sin restricción, tal como es reportado en otras especies (Owens *et al.*, 1993; Hornick *et al.*, 2000, Drouillard *et al.*, 1991ab, Scott y Fleming 2000; Benschop., 2000). Para el periodo 0-60 d, los animales que expresaron CC no tuvieron una respuesta diferenciada en el índice de recuperación, esta falta de diferencia puede deberse a que el CC no estuvo afectado por el nivel de proteína (diferente entre tratamientos), sino mas bien por la restricción energética impuesta la

cual fue similar para todos los tratamientos con restricción (nivel de mantenimiento). Otra explicación para no encontrar diferencias entre tratamientos con diferentes niveles de proteína dietética estaría dada por la capacidad de los CSA para reciclar y utilizar con extrema eficiencia la urea corporal para la síntesis de proteína microbial, sobre todo en raciones de pobre calidad (Engelhardt y Heller, 1985; San Martín, 1991); así, Engelhardt y Schneider, citados por San Martín (1991) al estudiar el metabolismo de la urea corporal en llamas alimentadas con raciones de bajo contenido proteico, observaron una gran reducción de la excreción de urea y alta eficiencia en el uso de la urea reciclada en el tracto digestivo. Esto último probablemente debido a un aumento de la permeabilidad de la pared gastrointestinal.

En este ensayo es probable que los niveles de proteína usados no fueron determinantes para causar restricción proteica. Así, el menor nivel de proteína usado fue superior al mínimo requerido para un buen desarrollo microbiano en el primer y segundo compartimiento de la alpaca (1% nitrógeno, 7 % proteína cruda). Así mismo, San Martín (1991), al estimar los requerimientos de proteína en alpacas por el método factorial obtiene un requerimiento de 7.9 % de proteína cruda en la dieta, nivel similar al nivel mínimo en este ensayo.

#### 4.2.2. Consumo y conversión de alimento

El consumo de alimento durante la fase de compensación se observa en el Cuadro 11. El consumo de alimento no muestra diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, el consumo fue mayor ( $P<0.05$ ) durante el segundo periodo (28-60 d) de la fase compensatoria, coincidiendo con la información de que el aumento del consumo es el principal mecanismo del CC en las etapas posteriores de la fase de compensación (Santra y Pathak, 1999).

Cuadro 11. Consumo de alimento (materia seca kg/100 kg peso vivo).

Período (d)	Tratamientos*				Promedio
	SRmp	Rap	Rmp	Rbp	
0 – 28	2.27	2.53	2.50	2.42	2.42 <sup>a**</sup>
28 – 60	2.77	3.07	3.13	3.13	3.02 <sup>b</sup>
0-60	2.52 <sup>a***</sup>	2.80 <sup>a</sup>	2.81 <sup>a</sup>	2.77 <sup>a</sup>	2.72
CME <sup>****</sup>	0.1972				

\* SRmp, Sin restricción con nivel medio de proteína; Rap, Restricción media con alto nivel de proteína; Rmp, Restricción media con nivel medio de proteína y Rbp, Restricción media con bajo nivel de proteína.

\*\* Letras diferentes en columna indican diferencia estadística ( $P<0.05$ ).

\*\*\* Letras diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P<0.05$ ).

\*\*\*\* Cuadrado medio del error.

A pesar de no hallarse diferencia estadística ( $P>0.05$ ) en la fase de compensación (Cuadro 11), sí se encontró un persistente y mayor consumo en los animales sometidos a restricción alimenticia *versus* los animales no restringidos. Así, para los tratamientos Rap, Rmp y Rbp los consumos fueron 11, 12 y 10 %, mayores que los

animales del tratamiento SRmp, respectivamente, tal como lo reportan otros autores que señalan que el CC es explicado por el mayor consumo en la fase de compensación con respecto al animal no sometido a restricción alimentaría (Ryan *et al.*, 1993a, Kamalzadeh *et al.*, 1997 y Santra y Pathak, 1999).

El consumo de alimento en el estudio fue superior a los reportes de consumo en alpacas bajo diversas condiciones de crianza (1.8 kg MS/100 kg PV) (San Martín, 1996). Este mayor consumo (2.72 kg MS/100 kg PV) puede estar relacionado a la alta calidad del alimento usado (afrechillo de cebada y harina de pescado). Los consumos por kg de peso metabólico ( $PV^{0.75}$ ) fueron de 55.4, 60.3, 60.2 y 59.6 g, para SRmp, Rap, Rmp y Rbp, respectivamente; todos ligeramente superiores a los reportados en alpacas por San Martín (1991) bajo diversas condiciones de alimentación.

La conversión alimenticia se muestra en el Cuadro 12, siendo mayor ( $P<0.05$ ) en los animales SRmp comparado con los demás tratamientos, no existiendo diferencia ( $P>0.05$ ) entre estos. Esto coincide con los estudios que mencionan que durante los primeros días de la fase de compensación los animales son más eficientes en el uso del alimento debido a la disminución de los requerimientos de mantenimiento durante la fase de restricción prolongándose a la fase de compensación, permitiendo que más nutrientes del alimento sea destinado para el crecimiento (Cartens *et al.*, 1991). Además se señala que la mejor conversión de los animales restringidos se debe a una menor relación grasa-proteína de los tejidos depositados durante esta fase; así como que el tracto digestivo y el hígado incrementan su tamaño al igual que su

habilidad para absorber nutrientes (Ryan, 1990), estimulando la producción local de factor de crecimiento insulínico I (IGF-I), lo que a su vez estimula la síntesis de proteína dentro de las células del tracto gastrointestinal incrementando el flujo de nutrientes al hígado.

Cuadro 12. Conversión de alimento durante la fase de compensación.

Periodo (d)	Tratamientos*				Promedio
	SRmp	Rap	Rmp	Rbp	
0– 28	11.60	3.67	4.90	4.39	6.37 <sup>a**</sup>
28–60	18.40	10.92	9.14	9.62	12.21 <sup>b</sup>
0-60	15.00 <sup>a***</sup>	7.29 <sup>b</sup>	7.02 <sup>b</sup>	7.01 <sup>b</sup>	9.29
CME <sup>****</sup>	41.83				

\*SRmp, Sin restricción con nivel medio de proteína; Rap, Restricción media con alto nivel de proteína; Rmp, Restricción media con nivel medio de proteína y Rbp, Restricción media con bajo nivel de proteína.

\*\* Letras diferentes en columna indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\* Letras diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05).

\*\*\*\* Cuadrado medio del error.

Con respecto a los periodos, se encontró una mayor (P<0.05) eficiencia durante la primera fase de la compensación (0-28 d). Durante el segundo periodo de compensación (28-60 d), los animales fueron 37, 66, 46 y 54 % menos eficientes que en el primer periodo, respectivamente. Esto coincide con otros estudios que mencionan que durante los primeros días de la fase de compensación los animales son más eficientes en el uso del alimento sin aumento en el consumo (Cartens *et al.*,

1991). Por otro lado, en general la conversión alimenticia de los animales restringidos fue en promedio superior al 53% de los animales sin restricción.

Aunque estos ensayos no fueron diseñados para estudiar los requerimientos energéticos de mantenimiento y la variación de peso en alpacas, sin embargo, debido a que en ambos ensayos se registraron consumos energéticos que determinaron pérdidas y ganancias de peso fue posible estimar por regresión estos requerimientos. En el Ensayo I de restricción energética proteica, el requerimiento de mantenimiento estimado fue de 91.1 kcal EM/kg  $PV^{0.75}/\text{día}$  mientras que el requerimiento para ganancia de peso fue de 5.9 kcal EM/g de ganancia. En el Ensayo II de restricción proteica, el requerimiento de mantenimiento estimado fue de 82.4 kcal EM/Kg  $PV^{0.75}/\text{día}$  y para ganancia de peso de 9.8 kcal EM/g de ganancia.

En ambos ensayos los requerimientos de mantenimiento fueron superiores a los reportados por Engelhard y Schneider, citados por San Martín (1991) para llamas (61.2 kcal EM/kg  $PV^{0.75}/\text{día}$ ) y así Newman y Paterson (1994) para alpacas (65.97 kcal EM/Kg  $PV^{0.75}/\text{día}$ ); similares a los de Carmean *et al.* (1992) en llamas (84.5 kcal EM/Kg  $PV^{0.75}/\text{día}$ ) e inferiores a los reportados para alpacas por Russel y Redden (1997) (105.2 kcal EM/Kg  $PV^{0.75}/\text{día}$ ).

Por otro lado los requerimientos para ganancia de peso fueron similares a los que se señalan en cabras (7.25 kcal EM/g de ganancia) (NRC 1982).

Los requerimientos de EM para mantenimiento obtenidos en los Ensayos I y II (91.1 y 84.2 kcal/Kg PV<sup>0.75</sup>/día, respectivamente) son inferiores a los que se dan para otros rumiantes como el ovino (99.9 kcal EM/Kg PV<sup>0.75</sup>/día), cabras (101.4 kcal EM/Kg PV<sup>0.75</sup>/día) y vacunos (133 kcal EM/Kg PV<sup>0.75</sup>/día); apoyando la hipótesis que los CSA poseen un menor requerimiento energético para mantenimiento y por tanto son animales capacitados para subsistir en ambientes con permanentes periodos críticos nutricionales.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se concluye:

- Se ha observado el fenómeno de CC en alpacas.
- La tasa de crecimiento durante el CC en alpacas varía de acuerdo al grado de restricción alimentaría previa, siendo superior, para el periodo de compensación estudiado, la restricción moderada seguido por la restricción media y la restricción alta.
- Durante el crecimiento compensatorio las alpacas restringidas muestran un mayor consumo y mejor conversión alimenticia.
- Las mayores tasas de crecimiento e índice de recuperación durante el CC se muestran en los periodos iniciales de la fase de compensación.
- Los niveles proteicos en las dietas experimentales usadas no permitieron observar efecto de la proteína sobre el CC.



## VI. BIBLIOGRAFIA

1. **Apaza, N.; J. Malaga. 1996.** Engorde en llamas y alpacas con pastos cultivados (Alfala- Dactylis). Allpak'a 5(2): 14-20.
2. **Baker, R.D., N.E. Young; J.A. Laws. 1985.** Changes in the body composition of cattle exhibiting compensatory growth and modifying effects of grazing management. Anim. Prod. 41:309-321.
3. **Benschop, D. 2000.** Compensatory growth in ruminants – An overview.  
<http://www.aps.uoguelph.ca/%7Ecantj/ans626ch1.pdf>
4. **Blum, J.W.; W. Schnyder; P. L. Kunz; A.K. Blom; M. Bickel; A. Schurch. 1985.** Reduced and compensatory growth: Endocrine and metabolic changes during food restriction and refeeding in steers. J. Nutr. 115, 417-424.
5. **Butler-Hogg, B.W.; N.M. Tulloh. 1982.** Growth patterns in sheep: the effects of weight losses on compensatory growth and feed intake in Corriedale sheep. J. Agric. Sci., Camb. 99, 641-649.
6. **Buztinza, V.; G. Medina; E. Fernández. 1985.** Crecimiento de la alpaca. V Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos. Perú. p 63.

7. **Campana, S.; J. Málaga. 1996.** Efecto de bofedal mejorado sobre ganancia de peso vivo post destete en alpacas tuis. *Allpak'a* 5(1): 44-48.
8. **Carmean, B.R.; K.A. Johnson; D.E. Jonson. 1992.** Maintenance energy requirement of llamas. *Am. J. Vet. Res.* 53:1696-1698.
9. **Cartens, G.E.; D.E. Johnson; M.A. Ellenberger; J.D. Tatum. 1991.** Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *J. Anim. Sci.* 69:3251-3264.
10. **Clemens, E.T.; C.E. Stevens. 1980.** A comparison of gastrointestinal transit time in ten species of mammals. *J. Agric. Sci., Camb.*94:735-737.
11. **Doyle; Lesson. 1996.** Compensatory growth in farm animals: Factors influencing response. Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph. Guelph, Ontario, Canada. N1G2W1.  
<http://www.novusint.com/public/library/TechPaper.asp?Id=1>
12. **Drouillard, J. S.; T. J. Klopfenstein; R. A. Britton; M. L. Bauer; S. M. Gramlich; T. J. Wester; C. L. Ferrell. 1991a.** Growth, Body composition, and Visceral Organ Mass And Metabolism IN Lambs During And After Metabolizable Protein Or Net Energy Restrictions *J. Anim. Sci.* 69:3357-3375.
13. **Drouillard, J. S.; C. L. Ferrell; T. J. Klopfenstein; R. A. Britton. 1991b.** Compensatory Growth Following Metabolizable Protein Or Energy Restrictions In Beef Steers. *J. Anim. Sci.* 69:811-818.
14. **Engelhardt, W.; H. Heller. 1985.** Structure and function of the forestomach in camelids. A comparative approach. *Acta Physiol. Scand*, 124 suppl:542.
15. **Fernández-Baca, S.; W. Hansel; C. Novoa. 1970.** Embryonic mortality in the alpaca. *Biol. Reprod.* 3:243-251.

16. **Fernández-Baca, S.; C. Novoa. 1968.** Conducta sexual de la alpaca en empadre a campo. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memorias 3:7-20.
17. **Ferrel, C.L.; L.J. Koong; J.A. Nlenaber. 1986.** Effect of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. Br. J. Nutr. 56:595-605.
18. **García, W.; D. Pezo; E. Franco; F. San Martín; C. Novoa. 1999.** Crecimiento post destete y obtención de peso apropiado para el empadre en alpacas y llamas. Rev Inv Vet Perú; 10 (2): 39-42.
19. **Hornick, J.L.; C. Van Eenaeme; A. Cinquart; O. Gérard; L. Istasse. 1999.** Different modes of food restriction and compensatory growth in double-muscled Belgian Blue bulls: animal performance, carcass and meat characteristic. Anim. Sci. 69,563-572.
20. **Hornick, J.L.; C. Van Eenaeme; O. Gérard; I. Dufrasne; L. Istasse. 2000.** Mechanisms of reduced compensatory growth. Domest. Anim. Endocrinol. 19:121-132.
21. **Huwasquiche, A. 1974.** Balance del nitrógeno y digestibilidad en alpacas y ovinos. Tesis. Prog. Acad. Med. Vet., Univ. Nac. Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
22. **Kamalzadeh, A.; J. Van Bruchem; W.J. Koops; S. Tamminga; D. Zwart. 1997.** Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: feed intake, digestion, nitrogen balance and modeling changes in feed efficiency. Livest. Prod. Sci. 52:209-217.

23. **Kamalzadeh, A.; W.J. Koops; J. Van Bruchem; S. Tamminga; D. Zwart. 1998.**  
Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: development of body organs. *Small Rumin. Res.* 29:71-82.
24. **Lawrence, T.; V.R. Fowler. 2002.** Growth of farm animals, 2da edition. Edit. CAB International.
25. **Morgan, J.H.L. 1972.** Effect of plane of nutrition in early life on subsequent live-weight gain, carcass and muscle characteristics and eating quality of meat in cattle. *J. Agri. Sci. (Camb).* 78:417-423.
26. **Newman, S. A. N.; D.J. Paterson. 1994.** Effect of level of nutrition and season on fibre growth in alpacas. *Proc. New Zeal. Soc. Anim. Prod.* 54:147-150.
27. **Novoa, C.; S. Fernández-Baca; J. Sumar; V. Leyva. 1972.** Pubertad en la alpaca. *Rev. Inv. Pec. IVITA.(Perú).* 1(1):29-35.
28. **NRC. 1982.** Nutrient requirements of goats. National Academy of Sciences, Washington, DC.
29. **NRC. 1985.** Nutrient Requirements of Sheep. Committee on Animal Nutrition, National Research Council. Sixth Revised Edition. Washington, D.C.
30. **O'Donovan, P.B. 1984.** Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutr. Abstr. Rev. (Ser. B).* 54:389-410.
31. **Olarte, U.; G. Mamani; J. Malaga. 1996.** Efecto del destete precoz en los índices productivos y reproductivos en alpacas madre – cría. *Allpak'a* 5(2): 64-73.
32. **Olazabal, J.; R. Farfan; F. San Martín; F. Franco. 2001.** Alimentación en alpacas destetadas en forma tradicional y anticipada con henos de diferente pastura. *Rev. Inv. Vet. Perú. Suplemento 1:* 274-275.

33. **Onischuk, L. A.; A.D. Kennedy. 1990.** Growth hormone, insulin, prolactin and glucose levels in ewe and ram lambs during normal and compensatory growth. *Domest. Anim. Endocrinol.* 7:365-381.
34. **Owens, F.; P. Dubeski; C. Hanson. 1993.** Factors that alter the growth and development of Ruminants. *J. Anim. Sci* 71:3138-3150.
35. **Preston, F. L. 1966.** Protein requirements of growing finishing cattle and lambs. *J. Nutrition* 90:157-160.
36. **Quispe, D.; T. Huanca. 1998.** Suplementación con heno de avena y sal yodada en llamas y alpacas tuis. XXI Reunión Científica Anual de la APPA. Pag 64-66.
37. **Rosadio, R.; V. Risco. 1999.** Variaciones en el peso de alpacas en sistema intensivo. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 10(1):87-91.
38. **Rossi J. E.; S. C. Loerch; F. L. Fluharty. 2000.** Effects of crude protein concentration in diets of feedlot steers fed to achieve stepwise increases in rate of gain. *J. Anim. Sci.* 78:3036–3044.
39. **Russel, A.J.F.; H. L. Redden. 1997.** The effect of nutrition on fibre growth in the alpaca. *Anim. Sci.* 64:509-512.
40. **Ryan, W.J. 1990.** Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutr. Abstr. Rev. (B).* 60:653-664.
41. **Ryan, W.J.; I.H. Williams; R.J. Moir. 1993a.** Compensatory growth in sheep and cattle. I Growth pattern and feed intake. *Aust. J. Agric. Res.* 44:1609-1621.
42. **Ryan, W.J.; I.H. Williams; R.J. Moir. 1993b.** Compensatory growth in sheep and cattle. II Changes in Body Composition and Tissue Weights. *Aust. J. Agric. Res.* 44:1623-1633.

43. **San Martín, F. 1991.** Alimentación y Nutrición. En: Avances y Perspectivas del conocimiento de los Camélidos Sudamericanos. Editor Saúl Fernández Baca. Santiago-Chile.
44. **San Martín, F. 1996.** Nutrición en alpacas y llamas. Pú. Cient IVITA No 27 UNMSM-FMV. Lima- Perú.
45. **San Martín, F. 1999.** Nutrición y Alimentación de camélidos Sudamericanos. En: Memorias seminario de Reproducción y Nutrición de Camélidos Sudamericanos. Santa Cruz de la Sierra, La Paz, Oruro. Nov. Bolivia.
46. **San Martín, F.; F. C. Bryant. 1988.** Nutrition of domesticated south American llamas and alpacas. Small Ruminant Research. 2:191-216.
47. **Santra, A.; N.N. Pathak. 1999.** Nutrient utilization and compensatory growth in crossbred (Bos indicus x bos Taurus) calves. J. Anim. Prod. 12:1285-1291.
48. **Schneider W.; R. Hauffe; W. Engerhardt. 1974.** Energy and nitrogen exchange in the llama. European Anim. Prod. Assoc. Publ. 14:127-130.
49. **Scott, C.; J. Fleming. 2000.** Compensatory growth – An hypothesis. <http://www.aps.uoguelph.ca/%7Ecantj/ans626ch8.pdf>
50. **Tudor, G.D.; P.K. O'Rourke. 1980.** The effect of pre and post-natal nutrition on the growth of beef cattle. II. The effect of severe restriction in early post-natal life on growth and feed efficiency during recovery. Aust. J. Agric. Res. 31:179-189.
51. **Turín, C.; G. Osores; B. Santiago.; J. Gamarra; G. Gutiérrez. 1999.** Influencia de la alimentación con pastos naturales y cultivados sobre la ganancia de peso, peso vivo al beneficio y peso de carcasa en alpacas tuis. II Congreso mundial sobre Camélidos. Cusco, Perú.

52. **Vallenas, A. 1965.** Some physiological aspects of digestion in the alpaca (*Lama pacos*). In: Dougherty RW. (Ed) Physiology of digestion in the ruminant. Washington DC. Butterworth. 147-158.
53. **Wanyoike, M.; W. Colmes W. 1981.** The effects of winter nutrition on the subsequent liveweight performance and intake of herbage by beef cattle. J. Agric. Sci., Cam. 97,221-226.
54. **Wilson, P.N.; D.F. Osbourn. 1960.** Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. Biol. Rev. 35:324-363.

## **APENDICE**



Cuadro 1A. Pesos corporales (kg) en alpacas del Ensayo I al inicio final de la fase de compensación.

Tratamientos		Repeticiones					Promedio
		1	2	3	4	5	
SR	Inicio	22	29	29	29.5	38.5	29.6
	Final	24.5	33.5	34	33	43.5	33.7
Rmo	Inicio	24.5	32	21.5	26	26.5	26.1
	Final	33.5	39	29	32	37	34.1
Rme	Inicio	29	20	26	24	19	23.6
	Final	36	25.5	34	33	27	31.1
Ral	Inicio	20	19	17.5	16.5	19	18.4
	Final	25	26	26.5	21	27.5	25.2

Cuadro 2A. Ganancia de peso vivo (gr/día) en alpacas Ensayo I en los periodos 0–28 y 28-60 d de la fase de compensación, análisis de varianza y prueba de Duncan.

- Ganancia de peso.

Tratamientos	Repeticiones					Prom.
	1	2	3	4	5	
SR	72.86	54.02	48.99	51.51	105.53	66.58
	14.90	94.56	105.57	59.59	60.88	67.10
Rmo	180.90	116.83	154.52	145.73	194.72	158.54
	123.06	105.57	89.38	59.59	154.15	106.35
Rme	124.37	143.22	143.22	143.22	140.70	138.94
	102.98	47.28	119.17	151.55	126.94	109.58
Ral	113.07	180.90	159.55	86.68	164.57	140.85
	63.47	60.88	136.66	62.18	125.65	89.77

- Análisis de varianza.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Tratamientos	25984.12	3	8661.37	6.47	0.0045
Error (a)	21410.48	16	1338.16		
Periodos	10926.33	1	10926.33	13.44	0.0021
Trat*Periodos	4589.17	3	1529.72	1.88	0.1734
Error (b)	13008.32	16	813.02		
Total	75918.41	39			

- Prueba de Duncan

Tratamientos	N	Promedios
SR	10	66.84 a
Ral	10	115.36 b
Rme	10	124.27 b
Rmo	10	132.45 b

Cuadro 3A. Consumo de alimento (kg/100 kg Peso vivo) en alpacas Ensayo I en los periodos 0–28 y 28-60 d durante la fase de compensación, análisis de varianza y prueba de Duncan.

- Consumo de alimento.

Tratamientos	Repeticiones					Prom.
	1	2	3	4	5	
SR	2.59	2.19	2.39	2.23	1.95	2.27
	3.28	2.81	2.96	2.47	2.31	2.76
Rmo	2.42	2.11	2.81	2.37	2.27	2.40
	2.90	2.56	3.47	3.03	2.87	2.96
Rme	2.08	2.95	2.16	2.37	2.93	2.50
	2.83	3.90	2.98	2.57	3.46	3.13
Ral	2.70	2.91	3.20	3.36	2.84	3.00
	3.45	3.31	3.51	4.12	3.25	3.53

- Análisis de varianza.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Tratamientos	3.1079	3	1.0360	4.51	0.0178
Error (a)	3.6735	16	0.2296		
Periodos	3.0839	1	3.0839	151.17	0.0001
Trat*Periodos	0.0255	3	0.0085	0.42	0.7443
Error (b)	0.3269	16	0.0204		
Total	10.2177	39			

- Prueba de Duncan.

Tratamientos	N	Promedios
SR	10	2.51619 a
Rmo	10	2.67966 b
Rme	10	2.81405 b
Ral	10	3.26582 c

Cuadro 4A. Conversión de alimento (kg/100 kg Peso vivo) en alpacas del Ensayo I en el periodo 0–28 y 28-60 d de la fase de compensación, análisis de varianza y prueba de Duncan.

- Conversión de alimento.

Tratamientos	Repeticiones					Prom.
	1	2	3	4	5	
SR	9.10	13.20	14.23	13.58	7.87	11.60
	48.05	9.13	8.16	11.85	14.80	18.40
Rmo	4.01	6.10	4.44	5.08	3.67	4.66
	6.88	8.16	9.47	14.06	5.98	8.91
Rme	5.56	4.96	4.61	4.69	4.66	4.90
	8.20	19.08	7.09	4.68	6.65	9.14
Ral	5.99	3.85	4.28	7.20	4.15	5.09
	12.64	12.48	5.64	12.49	6.33	9.92

- Análisis de varianza.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Tratamientos	470.04	3	156.68	4.17	0.0231
Error (a)	600.47	16	37.53		
Periodos	252.62	1	252.62	5.09	0.0384
Trat*Periodos	11.04	3	3.68	0.07	0.9730
Error (b)	793.77	16	49.61		
Total	2127.94	39			

- Prueba de Duncan.

Tratamientos	N	Promedios
Rmo	10	6.785 a
Rme	10	7.019 a
Ral	10	7.504 a
SR	10	14.997 b

Cuadro 5A. Pesos corporales (kg) en alpacas del Ensayo II al inicio y final de la fase de compensación.

Tratamientos	Repeticiones					Prom.
	1	2	3	4	5	
SRmp	22	29	29	29.5	38.5	29.6
	24.5	33.5	34	33	43.5	33.7
Rap	25	23.5	21	20		22.38
	33	31.5	27.5	30		30.5
Rmp	29	20	26	24	19	23.6
	36	25.5	34	33	27	31.1
Rbp	27	19	24.5	21		22.88
	33.5	28	30	30.5		30.5



Cuadro 6A. Ganancia de peso vivo (gr/día) en alpacas del Ensayo II en el periodo 0–28 y 28-60 d de la fase de compensación, análisis de varianza y prueba de Duncan.

- Ganancia de peso.

Tratamientos	Repeticiones					Prom.
	1	2	3	4	5	
SRmp	72.86	54.02	48.99	51.51	105.53	66.58
	14.90	94.56	105.57	59.59	60.88	67.10
Rap	162.06	192.21	175.88	234.92		191.27
	116.83	86.68	54.02	121.86		94.85
Rmp	124.37	143.22	143.22	143.22	140.70	138.94
	102.98	47.28	119.17	151.55	126.94	109.58
Rbp	100.50	213.57	116.83	216.08		161.75
	119.35	103.02	72.86	119.35		103.64

- Análisis de varianza.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Tratamientos	32839.39	3	10946.46	8.90	0.0015
Error (a)	17224.37	14	1230.31		
Periodos	16141.70	1	16141.70	14.85	0.0018
Trat*Periodos	11359.14	3	3786.38	3.48	0.0447
Error (b)	15220.98	14	1087.21		
Total	92785.58	35			

- Prueba de Duncan.

Tratamientos	N	Promedios
SRmp	10	66.84 a
Rmp	10	124.27 b
Rbp	10	132.70 b
Rap	10	143.06 b

Cuadro 7A. Consumo de alimento (kg/100 kg Peso vivo) en alpacas del Ensayo II en el periodo 0–28 y 28-60 d de la fase de compensación, análisis de varianza y prueba de Duncan.

- Consumo de alimento.

Tratamientos	Repeticiones					Prom.
	1	2	3	4	5	
SRmp	2.59	2.19	2.39	2.23	1.95	2.27
	3.28	2.81	2.96	2.47	2.31	2.76
Rap	2.31	2.60	2.67	2.55		2.53
	2.92	3.02	3.13	3.21		3.07
Rmp	2.08	2.95	2.16	2.37	2.93	2.50
	2.83	3.90	2.98	2.57	3.46	3.13
Rbp	2.12	2.60	2.53	2.41		2.42
	2.79	3.48	3.17	3.08		3.13

- Análisis de varianza

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Tratamientos	0.5804	3	0.1935	0.98	0.4298
Error (a)	2.7614	14	0.1972		
Periodos	3.1402	1	3.1402	174.46	0.0001
Trat*Periodos	0.0635	3	0.0212	1.18	0.3547
Error (b)	0.2525	14	0.0180		
Total	6.798	35			

- Prueba de Duncan.

Tratamientos	N	Promedios
SRmp	10	2.51619 a
Rbp	8	2.77250 a
Rap	8	2.80257 a
Rmp	10	2.81405 a

Cuadro 8A. Conversión de alimento (kg/100 kg Peso vivo) en alpacas del Ensayo II en el periodo 0–28 y 28-60 d de la fase de compensación, análisis de varianza y prueba de Duncan.

- Conversión de alimento.

Tratamientos	Repeticiones					Prom.
	1	2	3	4	5	
SRmp	9.10	13.20	14.23	13.58	7.87	11.60
	48.05	9.13	8.16	11.85	14.80	18.40
Rap	4.29	3.75	3.81	2.82		3.67
	7.80	11.06	16.98	7.82		10.92
Rmp	5.56	4.96	4.61	4.69	4.66	4.90
	8.20	19.08	7.09	4.68	6.65	9.14
Rbp	6.03	2.91	5.66	2.96		4.39
	7.61	9.27	14.00	7.61		9.62

- Análisis de varianza.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Tratamientos	450.90	3	150.30	3.59	0.0410
Error (a)	585.57	14	41.83		
Periodos	307.06	1	307.06	5.39	0.0359
Trat*Periodos	13.41	3	4.47	0.08	0.9706
Error (b)	797.86	14	56.99		
Total	2154.80	35			

- Prueba de Duncan.

Tratamientos	N	Promedios
Rbp	8	7.0063 a
Rmp	10	7.0180 a
Rap	8	7.2913 a
SRmp	10	14.9970 a