



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE DOS ECOTIPOS DE  
QUÍNOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) COMO ALTERNATIVA  
FORRAJERA PARA EL GANADO CAPRINO**

**FERNANDO ORTIZ MUNIZAGA**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

**PROFESOR GUÍA: DR. PATRICIO PÉREZ M.**

**SANTIAGO, CHILE  
2009**



# UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



## EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE DOS ECOTIPOS DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) COMO ALTERNATIVA FORRAJERA PARA EL GANADO CAPRINO

**FERNANDO ORTIZ MUNIZAGA**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

NOTA FINAL: .....

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA : PATRICIO PÉREZ M.	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: JUAN I. EGAÑA M.	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: ALEJANDRO LÓPEZ V.	.....	.....

SANTIAGO, CHILE  
2009

## DEDICATORIA

“No dejes que termine el día sin haber crecido un poco, sin haber sido feliz, sin haber aumentado tus sueños.

No te dejes vencer por el desaliento. No permitas que nadie te quite el derecho a expresarte, que es casi un deber. No abandones las ansias de hacer de tu vida algo extraordinario.”

Walt Whitman

A DIOS, EL ALFA Y OMEGA DE MI VIDA.

CON AFECTO, A MIS PADRES, HERMANAS Y SOBRINITA.

EN FIN, A TODOS QUIENES –CON SU PALABRA, APOYO Y ESTÍMULO– ME AYUDARON A HACER REALIDAD LO QUE EN PRINCIPIO FUE UN PROYECTO.

Fernando Ortiz Munizaga

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos quienes me apoyaron durante mi carrera y en la realización de esta memoria:

A mi profesor guía, Dr. Patricio Pérez M., por su disposición, voluntad y apoyo, necesarios para el desarrollo de este trabajo, y por sus enseñanzas en la producción caprina, la cual sigue siendo la actividad pecuaria más importante en mi Región.

Al profesor Enrique Martínez M., por su importante aporte en la reintroducción y difusión de la quínoa en la Región de Coquimbo; además de su constante preocupación, ayuda y amistad en la realización de esta memoria.

A Claudia Torres P., por su dedicación y estímulo en el desarrollo de esta memoria, y por darme todas las facilidades, tanto técnicas como de infraestructura, en el Campo experimental Las Cardas, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

Agradezco cordialmente a los profesores de la Universidad de La Serena, señor Arturo Cortés y señora Elsa Uribe, por el apoyo y estímulo que me prestaron en las labores de análisis de laboratorio.

A mi amigo y compañero de tesis, Enrique Veas L., por su colaboración en la realización de esta memoria y su invaluable amistad.

Deseo agradecer igualmente al Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), ya que esta memoria es parte del proyecto “Cultivo doble propósito de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quínoa) para el secano de la Región de Coquimbo: modelo de grano para consumo humano y forraje para ganado caprino”, de Innova Chile, CORFO.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el potencial de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), como alternativa de alimentación para el ganado caprino en zonas áridas, se realizó un ensayo de digestibilidad. Se utilizaron jaulas metabólicas individuales con nueve machos caprinos en crecimiento, a los cuales se alimentó con heno de dos ecotipos de quínoa, uno proveniente del altiplano chileno (Mix) y el otro del sur del país (BO25), utilizando heno de alfalfa como control. Mix y BO25 no presentaron diferencias significativas entre sí ( $p > 0,05$ ) en todos los componentes del análisis químico proximal, aunque sí la alfalfa tuvo significativamente ( $p < 0,05$ ) menos cenizas (10,7 %) que Mix y BO25 (17,1 % y 16,2 %), respectivamente; menos contenido de hemicelulosa (5,8<sup>a</sup> %, 11,0<sup>b</sup> % y 15,3<sup>b</sup> %), y mayor contenido de Proteína Cruda (PC) (21,4<sup>a</sup> %, vs. 17,8<sup>a,b</sup> % y 16,2<sup>b</sup> %). El consumo diario de materia seca no evidenció diferencias ( $p > 0,05$ ) en todas las formas de expresión calculadas, con consumos promedios sobre los 536 g/d, 3,6% del peso vivo, en proporción 70,2 g/kg<sup>0,75</sup>, aunque se destaca una tendencia a un mayor consumo de alfalfa por sobre la quínoa, lo cual se ve corroborado con el mayor rechazo de la quínoa por parte de los animales, principalmente de BO25 (20,5%). En cuanto a los coeficientes de digestibilidad aparente, hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los valores obtenidos para PC (83,5<sup>a</sup> %, 78,3<sup>b</sup> % y 67,3<sup>b</sup> %), FDN (49,3<sup>a</sup> %, 62,3<sup>b</sup> % y 57,3<sup>a,b</sup> %), y Hemicelulosa (39,6<sup>a</sup> %, 73,8<sup>b</sup> % y 71,3<sup>b</sup> %) para alfalfa, Mix y BO25 respectivamente. El balance de nitrógeno fue positivo en los tres forrajes, siendo mayor ( $p < 0,05$ ) para alfalfa (11,9<sup>a</sup> g-N/d), sobre Mix (4,5<sup>b</sup> g-N/d) y BO25 (3,1<sup>b</sup> g-N/d) debido principalmente a la mayor ingesta de N. El peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) promedio no presentaron diferencias ( $p > 0,05$ ) en los tres tratamientos, con valores promedios de 14 kg (PV) y CC=2,6, aunque se destaca una tendencia de pérdida de peso total del período (1,5 kg) y diaria (107 g/d) para los animales alimentados con BO25 ( $p < 0,05$ ). Estos resultados muestran una mejor aptitud forrajera para quínoa Mix por sobre BO25, pudiendo considerarse una buena alternativa de alimentación para el ganado caprino, principalmente en zonas áridas donde escasea el forraje.

**Palabras claves:** Quínoa, digestibilidad aparente, caprinos, forraje, zonas áridas.

## SUMMARY

In order to evaluate the potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an alternative fodder for goats in arid zones a digestibility study was performed. Metabolic cages were used with nine growing animals fed with hay of two quinoa ecotypes, one from the altiplano (Mix) and the other from southern Chile (BO25) using lucerne as control. Mix and BO25 did not present significant differences between them ( $p > 0,05$ ) for all chemical components. However, lucern had significantly ( $p < 0,05$ ) less ash content (10,7 %) than Mix and BO25 (17,1 % y 16,2 %), respectively; less hemicellulose (5,8<sup>a</sup> %, 11,0<sup>b</sup> % and 15,3<sup>b</sup> %), and higher content of Crude Proteine (CP) (21,4<sup>a</sup> %, vs. 17,8<sup>a,b</sup> % y 16,2<sup>b</sup> %). Daily consumption of dry matter did not differ ( $p > 0,05$ ) for all figures, with average of 536 g/d, 3,6% of Alive weight (AW), allometric ratio 70,2 g/kg<sup>0,75</sup>, although there is a trend of higher lucern consumption over quinoa, due to a slight higher refuse of quinoa by the animals, particularly of ecotype BO25 (20,5%). Apparent digestibility coefficients differ ( $p < 0,05$ ) for CP (83,5<sup>a</sup> %, 78,3<sup>b</sup> % and 67,3<sup>b</sup> %), also for Neutral Detergent Fiber (NDF) (49,3<sup>a</sup> %, 62,3<sup>b</sup> % and 57,3<sup>a,b</sup> %), and for Hemicellulose (39,6<sup>a</sup> %, 73,8<sup>b</sup> % and 71,3<sup>b</sup> %) for lucern, Mix and BO25 respectively. Nitrogen budget was positive for the three fodders, being higher ( $p < 0,05$ ) for lucern (11,9<sup>a</sup> g-N/d), over Mix (4,5<sup>b</sup> g-N/d) and BO25 (3,1<sup>b</sup> g-N/d) mainly due to a higher consumption of Nitrogen. Alive weight (AW) and average body condition (BC) did not differ ( $p > 0,05$ ) among the three treatments, with average values of 14 kg (AW) and BC=2,6, although there was a trend of a slight total weight loss (1,5 kg) with a daily loss of 107 g/d for animals feed with BO25 ( $p < 0,05$ ). These results show a better fodder aptitude for Mix over BO25, to be considered as a food alternative for goats, particularly in arid zones where seasonal natural herb growth is scarce.

**Key words:** Quinoa, apparent digestibility, goats, fodder, arid zones.

## ÍNDICE

1. Introducción .....	1
2. Revisión Bibliográfica .....	3
<u>2.1</u> Características geográficas y climáticas de la Región de Coquimbo.....	3
<u>2.2</u> Problemática medio ambiental: Desertificación y escasez de agua .....	5
<u>2.3</u> Producción caprina regional.....	7
2.3.1 Conceptos generales.....	7
<u>2.3.2</u> Cabra Criolla .....	<u>9</u>
<u>2.3.2.1</u> Características productivas de la cabra criolla.....	9
<u>2.3.3</u> Producción de leche y quesos .....	10
<u>2.3.4</u> Producción de carne.....	11
<u>2.4</u> Recursos forrajeros de la Región de Coquimbo.....	<u>13</u>
<u>2.4.1</u> Praderas naturales .....	13
<u>2.4.1.1</u> Estrato herbáceo.....	13
<u>2.4.1.2</u> Estrato arbustivo .....	14
<u>2.4.2</u> Plantaciones de especies forrajeras .....	<u>15</u>
<u>2.5</u> Recursos forrajeros recomendados para la región .....	<u>17</u>
<u>2.5.1</u> Género <i>Atriplex</i> L. ....	17
<u>2.5.2</u> Acacia azul ( <i>Acacia saligna</i> ) .....	18
<u>2.5.3</u> Nopal ( <i>Opuntia spp.</i> ) .....	20
<u>2.5.4</u> Coquia ( <i>Kochia spp.</i> ) .....	21
<u>2.6</u> La Quínoa: una nueva alternativa forrajera.....	23
<u>2.6.1</u> Conceptos generales de la quínoa .....	23

2.6.2 Características agronómicas del cultivo.....	24
2.6.3 Valor nutritivo del grano.....	26
2.6.4 Valor nutritivo del forraje .....	28
3. Hipótesis.....	30
4. Objetivos.....	30
4.1 Objetivo General .....	30
4.2 Objetivos Específicos.....	30
5. Materiales y Métodos.....	31
6. Resultados y Discusión.....	36
7. Conclusiones .....	61
8. Bibliografía.....	63
9. Anexos.....	77



## ÍNDICE DE TABLAS

### TABLA

### PÁGINAS

1.	Existencias de ganado caprino según región.	8
2.	Comparación de la composición nutricional del grano de quínoa con otros cereales.	26
3.	Composición química (%) y Energía Metabolizable (Mcal/kg) de los tres forrajes evaluados en el estudio (valores promedios $\pm$ d.s; base seca).	36
4.	Composición química (%) de dietas y sobras de los tres forrajes empleados en el ensayo de digestibilidad <i>in vivo</i> en caprinos (valores promedios; base seca).	43
5.	Cantidad de Alimento ofrecido y rechazos diarios base materia seca (g) de tres forrajes utilizados en el ensayo de digestibilidad <i>in vivo</i> en caprinos (valores promedios $\pm$ d.s, n=9).	44
6.	Consumo de alimento diario base materia seca (g, kg/100 kg PV y g/kg <sup>0,75</sup> ) de tres forrajes utilizados en el ensayo de digestibilidad <i>in vivo</i> en caprinos (valores promedios $\pm$ d.s; n=9).	45
7.	Digestibilidades aparentes (%) de los tres forrajes evaluados en el estudio (valores promedios $\pm$ d.s n=9).	49
8.	Balance de nitrógeno (g-N/d) y Mp (Mcal/kg P.V/24 hrs) de los tres forrajes evaluados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s, N=9).	52
9.	Pesos vivos inicial y final de cada tratamiento (kg), pesos vivos promedios por cada periodo experimental (kg), ganancia de peso total en el periodo (kg) y ganancia diaria de peso (g), y condición corporal (valores promedios $\pm$ d.s, N=9).	56

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO	PÁGINAS
1. Consumo de alimento diario base materia seca expresado en gramos (g) de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s).	46
2. Consumo de alimento diario base materia seca expresado en % P.V de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s).	46
3. Consumo de alimento diario base materia seca expresado en $\text{g/kg}^{0.75}$ de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s).	47
4. Digestibilidades aparentes (%) de M.S y P.C de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s).	50
5. Digestibilidades aparentes (%) de FDN y FDA de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s).	50
6. Digestibilidades aparentes (%) de HEMI y CELU de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s).	51
7. Gramos de N del alimento consumido, de fecas y de orina de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s, n=9).	53
8. Retención de N (N consumo – N fecas – N orina) de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios $\pm$ d.s, n=9).	54
9. Pesos vivos promedio al inicio y final de cada tratamiento (valores promedios $\pm$ d.s).	57
10. Pesos vivos en cada tratamiento del ensayo expresados en kg (valores promedios $\pm$ d.s).	57
11. Ganancia de peso (kg) en cada tratamiento (valores promedios $\pm$ d.s).	58
12. Ganancia de peso diaria (g) en cada tratamiento (valores promedios $\pm$ d.s).	58
13. Condición corporal promedio (valores promedios $\pm$ d.s).	59

14. Condición corporal al inicio y final de cada tratamiento (valores promedios  $\pm$  d.s). 60

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción nacional de caprinos se caracteriza por ser extensiva y ocupar zonas agroecológicas donde la producción de otras especies productivas tradicionales, por ej. el ganado bovino, les resulta muy difícil. Este es el caso de la Región de Coquimbo, área de transición entre el desierto y la zona mediterránea central, y que concentra más del 50% de la masa ganadera caprina nacional.

Esta región, por ser semiárida, ha tenido que enfrentar varios problemas para desarrollar con éxito su agricultura y ganadería, siendo el principal, el relacionado con el proceso de desertificación que cada año avanza más hacia la zona sur de la región, lo que ha ocasionado una disminución de las precipitaciones, y por ende, de la cantidad y calidad de las praderas naturales. Un factor que ha contribuido a este problema es el mal uso del pastoreo del ganado caprino por parte de los crianceros, debido a la alta sobrecarga de animales por hectárea, los que han dañado de forma casi irreparable los suelos del secano regional. Pero sin duda, la causa primordial que explicaría el proceso de desertificación fue la exhaustiva extracción de leña que realizó el hombre en los siglos pasados para utilizarla como combustible, principalmente en las fundiciones de cobre, lo que degradó de forma dramática los ecosistemas.

El estado actual de esta zona obliga a buscar nuevas alternativas de alimentación para el ganado caprino, que sean factibles de utilizar en la región, incorporando variedades de forraje que sean adaptables a las condiciones semiáridas, resistencia al estrés hídrico y al proceso de desertificación.

Desde la década del sesenta, diversas instituciones, tales como la Universidad de Chile, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), se han abocado a la búsqueda de especies, principalmente de arbustos forrajeros, que cumplan con estos requisitos, destacándose el éxito de estos programas, y que hacen actualmente que esta región cuente con la superficie forestada con especies forrajeras más extensa del mundo,

donde se destaca la utilización de especies del género *Atriplex*, principalmente de *Atriplex nummularia* (54.300 ha según el censo agrícola 2007), y en menor medida, pero creciente en el tiempo, la forestación con *Acacia saligna*.

La incorporación de estas especies forrajeras-forestales, junto a un manejo adecuado de la pradera, son medidas que pueden atenuar los efectos de los períodos críticos en la disponibilidad de forraje, los que por sí solos, no bastan para resolver los problemas de alimentación y nutrición. Por esto, es necesario buscar nuevas alternativas con potencial alimenticio, que sean un complemento a los recursos ya mencionados, y que permitan disminuir significativamente el déficit alimentario que se produce durante el año y que coincide con los períodos de mayores requerimientos del caprino.

Dentro de estas nuevas alternativas de alimentación se encuentra la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), alimento de origen andino y que fue utilizado por los pueblos prehispánicos de la región. Esta especie es productora de granos de una alta calidad nutritiva, tanto en cantidad y calidad de proteínas, elevado contenido mineral y de vitaminas. Hay que destacar, además, su potencial como especie forrajera, la que se cuantificará en este estudio, lo que puede aumentar el interés de los productores regionales por este cultivo, en especial los pequeños propietarios que son de menores recursos, y así tener una nueva alternativa de alimentación para el ganado caprino y que se adapte mejor a las condiciones de escasez de agua, muy común en la zona de secano de la región, recurso que hoy se destina al forraje vía la producción de alfalfa.

Esta memoria compara la aceptación y digestibilidad aparente de heno de dos ecotipos de quínoa versus la del heno de alfalfa.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO.

La Región de Coquimbo, Chile, presenta características geográficas propias que la distingue del resto del país, donde se produce una ruptura general del relieve con la aparición de los valles transversales. Esto hace que la población se localice en la zona de los valles por la cercanía a los ríos, además que restringe el desarrollo productivo a estas zonas (Novoa y López, 2001; Rolando, 2003; Chile, 2004a).

La región se ubica entre los 29° 02` y 32° 16` de latitud sur, y entre los 69° 49` y 71° 45` longitud oeste (Bolados *et al.*, 1997). Posee una superficie total de 4.065.630 ha, de las cuales el 43% corresponden a tierras sin potencial silvoagropecuario. La superficie bajo riego representa menos del 4% de la superficie total, esto a pesar de la construcción de grandes sistemas interconectados de regadío. El resto de la superficie, en su mayoría, corresponde a terrenos de pastoreo (42,8%), que son las zonas de secano de valor económico para la agricultura y ganadería, y a bosques y montes naturales (7,6%) (Mondaca, 1990; Chile, 2004a).

Esta región, presenta un clima mediterráneo subtropical árido y es la zona de transición entre el Desierto de Atacama y la zona mediterránea central. Las precipitaciones son extremadamente irregulares, presentando una gran variabilidad anual e interanual, concentrándose entre los meses de junio y agosto, y oscilan de norte a sur de 50 a 200 mm (Wrann, 1996; Novoa y López, 2001; Rolando, 2003; Chile, 2004a). Además, hay que agregar la disminución de éstas en los últimos 100 años, donde las precipitaciones medias han caído sostenidamente unos 100 mm durante este período (Anexo 1), lo que representa una disminución de un 50% (Squeo *et al.*, 1999; Novoa y López, 2001; Martínez *et al.*, 2009).

Esta zona presenta uno de los más acelerados y acusados procesos de desertización o desertificación del mundo, con el avance hacia el sur del Desierto de Atacama, el más árido

del planeta (Patón *et al.*, 1997), lo que afecta el desarrollo de las actividades agropecuarias, principalmente la ganadería caprina (Chile, 2004a).

Pese a lo anterior, la región ha tenido un aumento en el uso del suelo durante el período 1976-1997, en el cual se ha incrementado el uso para frutales, en especial de viñas, que han incorporado nuevas tierras, las que antes no tenían riego, en desmedro de suelos que eran utilizados para cultivos de cereales y plantas forrajeras (Jorquera, 2001a).

## **2.2 PROBLEMÁTICA MEDIO AMBIENTAL: DESERTIFICACIÓN Y ESCASEZ DE AGUA.**

El deterioro ambiental se manifiesta en el proceso de desertificación, y corresponde, según la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (1992 y 1994), citado por Morales (2005), a “la degradación de tierras en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, y este proceso es el resultado de la interacción de diferentes y complejos factores derivados de las actividades humanas y las variaciones climáticas”. Se caracteriza por la disminución de la vegetación de especies autóctonas leñosas, herbáceas y gramíneas perennes, y el cambio por especies anuales, así como la disminución de la capacidad de infiltración de agua de los suelos, pérdida de materia orgánica y la mayor erosión a consecuencia de lo anterior. Como resultado de esto, las actividades agropecuarias, principalmente la producción caprina, se han visto afectadas (Chile, 2004a).

Durante muchos años se culpó del problema de desertificación al ganado caprino; sin embargo, la causa basal que explicaría este proceso, es el desmonte o tala indiscriminada que realizó el hombre entre los siglos XVII hasta principios del XX, para utilizarla como combustible, principalmente en las fundiciones de cobre (Jorquera, 2001b; Santander, 2003). La superficie que habría sido desmontada para abastecer los hornos de éstas fundiciones varía entre 3,36 a 6,73 millones de ha, donde cerca del 85% de estas superficies fueron desmontadas entre los años 1835 a 1900 (Santander, 2003).

Por lo tanto, el ganado caprino no sería el causante del problema, ya que es una alternativa de ganado capaz de compensar la menor productividad de las praderas y utilizar recursos que no son utilizados por otras especies (Mondaca, 1990). Se suma a lo anterior la habilidad del caprino para pastorear y/o ramonear, incluso producir en regiones áridas, en donde por la escasez de forrajes, el ganado bovino se comporta muy deficientemente. Esto se debe a sus características físicas, como el menor tamaño, y a su conformación anatómica, que le permiten acceder a lugares para otras especies inaccesibles, en donde la vegetación es más abundante (Manterola y Azócar, 1990); pero el inadecuado manejo que el hombre hace de esta actividad, principalmente el sobrepastoreo, causado por una



excesiva carga animal, va profundizando crecientemente el proceso de desertificación (Wrann, 1996; Santander, 2003).

Otro de los factores importantes que agrava el proceso de desertificación, es la escasez de agua, presentándose frecuentes períodos de sequía, con precipitaciones significativamente inferiores al promedio anual o “año normal” (Wrann, 1996). Este problema se agrava por la irregularidad de las precipitaciones anuales e interanuales, asociadas a ENSO (El Niño Southern Oscillation) que corresponde a los fenómenos del “Niño” (lluvioso), y de la “Niña” (seco) (Maya y Arriagada, 1996); y por la concentración de las mismas en un corto período de tiempo, principalmente en los meses de invierno; además de la disminución de las lluvias ocurrida en los últimos años (Squeo *et al.*, 1999; Novoa y López, 2001; Martínez *et al.*, 2009).

En síntesis, se pueden mencionar las siguientes causas que han influido en este problema: el mal uso de terrenos con pendientes que facilita la degradación hídrica y eólica; la destrucción de especies leñosas para uso doméstico, ferroviarias y mineras; el sobrepastoreo al cual han sido sometidas las praderas de la zona, y la expansión de la cabrería hacia áreas antes consideradas como marginales, lo que ha contribuido a la disminución de numerosas especies nativas; y con respecto a las causas climáticas, las prolongadas y recurrentes sequías que afectan a la región, agudizando aún más las consecuencias derivadas de la degradación de los suelos (Wrann, 1996; Jorquera, 2001b; Chile, 2004a; Morales, 2005).

Lo anterior hace que sea necesario buscar soluciones para revertir los procesos degradativos. Hay que destacar que éste es un proceso lento y difícil, sin embargo, existen en la actualidad las herramientas necesarias para determinar los impactos negativos de las actividades agropecuarias, así como también los conocimientos y tecnologías para la prevención y recuperación de los recursos (Jorquera, 2001a).

## **2.3 PRODUCCIÓN CAPRINA REGIONAL.**

### **2.3.1 Conceptos generales.**

A pesar de los cambios y avances que se han producido en la agricultura nacional y sobre todo en la regional, debido al crecimiento explosivo de cultivos de alta demanda comercial, a saber, la producción de primores en el área de frutales (uva para exportación, elaboración de pisco y vinos, y otras variedades de frutas que han ido adquiriendo importancia en los últimos años), la producción caprina todavía sigue siendo muy importante para esta región, tanto por el número de animales que involucra (Rolando, 2003; Chile, 2004a), que de acuerdo al Censo Agropecuario de 2007, existen 404.562 caprinos (Tabla 1), lo que representa el 57% del ganado caprino nacional (INE, 2007), y por su importancia en la economía familiar de los crianceros, con la venta de los productos derivados de la actividad, tales como queso, carne y cueros; hecho muy significativo en la economía regional, pero también en lo social, en lo económico y cultural (Cosio, 1990; Contreras *et al.*, 2001; Chile, 2004b).

La mayor parte del ganado caprino se encuentra en manos de pequeños productores (Pérez, 2004), y dentro de éstos, en su mayoría se agrupan en Comunidades Agrícolas<sup>1</sup>, y consiste en un sistema productivo extensivo muy simple, con un rebaño promedio de 52 animales, y una superficie promedio por criancero, significativamente menor a la necesaria para sustentarlo y lograr beneficios económicos que permitan el desarrollo del sector (Chile, 2004a).

---

<sup>1</sup> Comunidades Agrícolas son una organización social comunitaria, constituida por grupos de pequeños agricultores en torno a la propiedad común de una gran extensión de terreno de secano, con múltiples predios indivisos. Los derechos individuales, están determinados por la superficie de goce privado, donde generalmente la familia practica una agricultura de subsistencia con recursos hídricos escasos, normalmente con fuentes como norias y vertientes.

**Tabla 1:** Existencias de ganado caprino según región.

REGIÓN	Caprinos	
	Informantes	Cabezas
Total país	17.088	705.800
I de Tarapacá	160	2.327
II de Antofagasta	355	6.181
III de Atacama	557	39.187
IV de Coquimbo	5.391	404.562
V de Valparaíso	764	45.588
VI de O'Higgins	712	18.573
VII del Maule	1.050	40.122
VIII del Bío Bío	3.009	47.319
IX de La Araucanía	2.340	50.810
X de Los Lagos	1.018	11.140
XI Aysen	310	12.138
XII de Magallanes y Antártica	17	158
Región Metropolitana de Santiago	355	12.325
XIV de Los Ríos	801	9.328
XV de Arica y Parinacota	249	6.042

Fuente: VII Censo Agropecuario y Forestal 2007.

Hay que destacar también que los predios caprinos hacen uso de grandes extensiones de secano, siendo manejadas en forma bastante tradicional, sometidas a los vaivenes climáticos (Campos, 2008), utilizando el forraje durante la época de lluvias y primavera, y, durante el verano, trasladándose a terrenos de veranadas cordilleranas (Chile, 2004a).

La producción caprina se considera una ganadería de subsistencia, asociada a condiciones de pobreza, con bajos niveles de rentabilidad y eficiencia productiva, desarrollada en sectores marginales del secano, utilizando los escasos recursos forrajeros disponibles, y acelerando la degradación de los mismos por sobretalajeo (Bolados *et al.*, 1997; Chile, 2004a).

No obstante lo anterior, los sistemas caprinos de zonas áridas cumplen un rol muy importante en las economías de subsistencia, con el aprovechamiento de áreas marginales pobres en recursos forrajeros, y como transformadores de subproductos agrícolas (Daza, 1994), además de satisfacer necesidades esenciales de alimentación, ocupación,

asentamiento, y formación del espíritu productivo en sus cultores (Maubecín, 1983, citado por Mueller, 1993).

### **2.3.2 Cabra Criolla.**

La raza predominante de los rebaños de la región es la Cabra Criolla (Cosio, 1990; Pérez, 2004), que es la resultante de cientos de años de crianza, cruzamiento descontrolado y selección natural (Contreras *et al.*, 2001).

Proviene principalmente de razas españolas, en su mayoría de animales provenientes de las Islas Canarias (Capote *et al.*, 2004), traídas al país durante la conquista, tanto de animales con aptitudes lecheras, productoras de carne y doble propósito. Este origen, además de las sucesivas importaciones de razas como la Anglo Nubian y Saanen, principalmente, han determinado un tipo de animal con gran diversidad de tamaño, forma, color y productividad, con cierto predominio de características de Anglo Nubian, tales como las orejas largas, caídas y nariz convexa (Cosio, 1990; Ferrando y Raggi, 1990; Contreras *et al.*, 2001).

Destaca por su rusticidad y adaptabilidad a distintos lugares y climas, de una gran capacidad para caminar. Probablemente sus necesidades de agua sean menores y tenga una mayor resistencia al calor, a enfermedades, y puede utilizar una amplia variedad de alimentos (Contreras *et al.*, 2001).

#### **2.3.2.1 Características productivas de la Cabra Criolla.**

Las cabras Criollas seleccionadas pueden considerarse como animales de doble propósito, es decir, productores de leche y carne (Contreras *et al.*, 2001).

La duración de la lactancia ofrece cifras muy variables. Los valores coinciden dentro de un rango que va desde los 126 a 258 días, incluso hasta los 310 días en condiciones óptimas de estabulación y alimentación (Ferrando y Raggi, 1990).

Con respecto a la producción de leche, las cabras criollas producen, en promedio, 150 litros por lactancia, con un amplio rango de variación (Manterola, 1999), que va desde los 11 a

280 litros en animales adquiridos en el proyecto Centro Tecnológico Caprino, llegando a valores más altos en hembras criollas seleccionadas en INIA Los Vilos desde 1986, presentando un promedio de leche cercano a los 400 litros, con rangos entre 141 a 639 litros por lactancia (Contreras *et al.*, 2001; Chile, 2004b). Demanet y Cosio (1986), citados por García y Magofke (1990) señalan que los valores de lactancias en predios de la región, según varios estudios, entregan producciones entre 32 y 162 kg/cabra ordeñada/lactancia, lo que equivale a producciones diarias de 313 a 630 g/día. Ferrando y Raggi (1990), informan producciones entre 53,33 a 92,57 kg en 266 días.

En cuanto a la curva de lactancia del ganado criollo, la máxima producción de leche se obtiene entre la cuarta y séptima semana post parto; siendo imposible sostener la producción láctea luego de alcanzada la máxima producción, decayendo desde la sexta semana en adelante (Cosio, 1990; Ferrando y Raggi, 1990).

Por último, en lo referente a la composición láctea, presenta un contenido de sólidos totales entre 12,04 a 17,3%, materia grasa entre 2,98 a 7,21%, y valores de proteínas totales de 3,67 a 4,98% (Ferrando y Raggi, 1990; Contreras *et al.*, 2001; Marín *et al.*, 2001).

### **2.3.3 Producción de leche y quesos.**

La producción de leche tiene como principal objetivo la elaboración de quesos artesanales (Ferrando y Raggi, 1990; Chile, 2004a), y es el rubro más importante en cuanto a los ingresos de los pequeños productores, aunque presentando niveles muy bajos de producción (García y Magofke, 1990; Meneses *et al.*, 2001; Chile, 2004a).

La producción de quesos informales (artesanales no registrados) representa estimativamente entre un 80 a 90% del total de quesos de cabra que se comercializan en el país, generando producciones marcadamente estacionales, con productos de dudosa calidad sanitaria. Hay que destacar eso sí, que este sector ha venido decreciendo en cuanto al número de predios, y debiese continuar ésta tendencia, en favor de producciones formales, que cuentan con un mayor grado de tecnificación (Campos, 2008).

Por lo general, la ordeña se realiza en el mismo corral de los animales, con nula o precaria infraestructura, porque no disponen de una sala de ordeña ni de medidas higiénicas apropiadas, lo que no da ninguna seguridad de la calidad higiénica de la leche y del queso. Una buena calidad de la leche ordeñada puede asegurar en un 50% o más la calidad del queso elaborado de esta leche, siendo primordial mantener las condiciones higiénicas en la elaboración del mismo (Chile, 2004b). Estas condiciones de producción han impedido la comercialización formal de mayores volúmenes del producto (Bolados *et al.*, 1997).

No existe información oficial acerca del aporte económico del rubro caprino en la región; pero estimaciones realizadas por INIA Intihuasi, con parámetros productivos promedios de la región (60% de parición, 183.633 cabras, 130 litros de leche/cabra/año, 7 litros de leche/kg queso, y valor kg queso de \$ 1.000) permiten establecer que los crianceros, como productores de queso, comercializan alrededor de 3.400 millones de pesos por año, pudiendo este monto ascender con la aplicación de tecnologías (Chile, 2004b).

#### **2.3.4 Producción de carne.**

La producción de carne caprina es una actividad secundaria y está dada por la comercialización, principalmente, de cabritos machos y animales de desecho de los rebaños lecheros (Pérez *et al.*, 1997; Campos, 2008), la cual se comercializa en forma fresca, principalmente en mercados informales, y también deshidratada como charqui (Chile, 2004a).

La lejanía de los centros de beneficios, la facilidad para que los propios productores sacrifiquen su ganado, la flexibilidad en la exigencia de hacerlo en lugares autorizados, y la carencia de medios económicos para costear la faena, entre otras razones, explicarían el bajo número de animales sacrificados en mataderos, los que en ningún caso se compadecen con las existencias. Estas situaciones dificultan el desarrollo de este mercado, limitando su potencial exportación a mercados más exigentes (Pérez, 2004).

El destino de esta carne es, en gran medida, el autoconsumo, debido en parte a la estacionalidad de la oferta y al carácter informal de ésta (Campos, 2008), siendo, no menos importante, por su fuerte contribución a la alimentación de la población, particularmente de

los sectores rurales de la región (Pérez *et al.*, 1997). Hay que destacar, además, que en las zonas donde la producción caprina es importante, frecuentemente se le otorga a la carne de cabrito un carácter ceremonial, utilizándose principalmente en festividades (Nolte, 1990), como sería, en el caso de nuestro país, su uso en fiestas patrias y navidad, que coinciden con los hábitos de consumo de la población y la estacionalidad de este mercado (Pérez *et al.*, 1997; Pérez, 2004).

Sin embargo, además del alto autoconsumo de este producto, existe en la región un mercado de la carne caprina que vende un alto número de animales, principalmente en puestos ubicados cerca de las carreteras, y a la venta de cabritos en los mismos predios, que, al no ser sacrificados en mataderos, no forman parte de las estadísticas oficiales (Pérez, 2004). No obstante lo anterior, según estimaciones realizadas por INIA Intihuasi, los beneficios que aporta la comercialización de cabritos se estima en aproximadamente \$ 1.469 millones anuales, esto calculado con los bajos indicadores productivos que presentan los ganaderos, pudiendo ser mejorados, al igual que la producción de quesos, con la incorporación y aplicación de tecnologías (Chile, 2004b).

## **2.4 RECURSOS FORRAJEROS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO.**

### **2.4.1 Praderas naturales.**

Es una pradera propia de los climas mediterráneos áridos, constituida por especies herbáceas anuales de corta vida, naturalizadas a este medio, introducidas de Europa, Asia y especialmente de la cuenca del mediterráneo (Lailhacar *et al.*, 1983, Lailhacar, 1986; Manterola y Azócar, 1990; Azócar *et al.*, 1994; Azócar, 2006), y por estratos arbustivos susceptibles de ramoneo, abarcando una extensión de 3.003.670 ha (INE, 2007) que corresponden a terrenos de pastoreo, constituyendo la principal fuente de alimento para la ganadería de secano (Torres, 1999).

Se caracteriza en general por el dominio de arbustos asociado a un estrato herbáceo de anuales temporalmente activo, y de suculentas (cactáceas) que abundan en situaciones de exposición norte preferentemente (Azócar, 2006).

Cabe destacar la importancia de los arbustos forrajeros como complemento del estrato herbáceo, lo que produce un aumento de la producción forrajera total y de su calidad nutritiva; además de la prolongación del período de producción del recurso herbáceo, permaneciendo verde por más tiempo, y por ende, de una mayor duración de la pradera (Lailhacar, 1994; Torres, 1999).

#### **2.4.1.1 Estrato herbáceo.**

Está compuesto principalmente por especies terófitas de corta vida, en donde destacan las especies forrajeras representadas por geraniáceas del género *Erodium*, poáceas de los géneros anuales *Schismus*, *Briza*, *Leptochloa*, *Avena*, *Vulpia*, *Lamarckia*, *Bromus*, *Lolium* y *Hordeum*, y en menor medida por los géneros perennes *Piptochaetium*, *Stipa* y *Nasella*, fabáceas de los géneros *Adesmia* y *Medicago*, además de brasicáceas, plantagináceas, boragináceas y asteráceas (Etienne *et al.*, 1982; Lailhacar *et al.*, 1986; Torres, 1999).

La curva de producción de la pradera está relacionada con la distribución y la cantidad de las precipitaciones, correspondiendo a una función sigmoidea típica, alcanzando, según la localidad, una producción menor de 0,2 toneladas MS/ha en años secos, y hasta 3 toneladas



MS/ha en años lluviosos (Azócar y Lailhacar, 1990; Torres, 1999; Azócar, 2006; Olivares, 2006).

La pradera manifiesta una marcada estacionalidad en su germinación, crecimiento y producción de forraje, debido a las condiciones climáticas (precipitaciones y temperaturas) imperantes en la zona, con un período de lluvias invernales (junio-agosto), y de un período seco de 8 a 10 meses el resto del año. De esta manera se logra la mayor disponibilidad de forraje a fines de invierno e inicios de primavera (Azócar y Lailhacar, 1990; Manterola y Azócar, 1990; Meneses *et al.*, 1990; Azócar *et al.*, 1994; Torres, 1999; Azócar, 2006), constituyéndose en el principal recurso forrajero en los períodos señalados, en años de lluvias normales (Lailhacar, 1986; Azócar, 2006).

Dentro de los factores que determinan el ciclo de vida y la productividad del estrato herbáceo, la precipitación pluviométrica media anual y su distribución a lo largo del año, es considerada, generalmente, como el factor más limitante en la duración de los estados fenológicos, rendimientos y composición botánica de la pradera (Olivares, 1983; Azócar y Lailhacar, 1990; Manterola y Azócar, 1990; Azócar *et al.*, 1994; Torres, 1999).

#### **2.4.1.2 Estrato arbustivo.**

Se presenta generalmente como un matorral ralo, degradado y con especies de bajo valor forrajero, producto del mal uso de estos terrenos de pastoreo que lo han conducido a un estado de degradación, con dominio de especies pobres, poco palatables y de escaso vigor (Azócar, 2006). A pesar de esto, es posible encontrar especies vegetales usadas por el ganado en situaciones adversas, que presentan comportamientos promisorios como recurso forrajero durante los períodos secos del año, sobre todo cuando hay escasez del recurso herbáceo (Lailhacar, 1986; Meneses y Squella, 1996).

El estrato arbustivo es menos sensible que el estrato herbáceo a las variaciones pluviométricas, tanto intra como interanuales, constituyendo un “silo vivo” que atenúa el impacto de éstas sobre la disponibilidad de forraje. De esta manera, el ramoneo se presenta como un elemento uniformizador de la disponibilidad de forraje y un complemento nutritivo importante del forraje proveniente de la pradera, cuando la disponibilidad de ésta

es escasa o nula (Lailhacar, 1986, 1994; Meneses *et al.*, 1986; Peña, 1989; Meneses y Squella, 1996; Soto, 1996; Torres, 1999; Azócar, 2006; Olivares, 2006).

Dentro de las especies nativas de importancia como fuente de ramoneo para el ganado caprino, se destacan con una buena aptitud forrajera las formaciones vegetales con dominio de espino (*Acacia caven* (Mol.)); con aptitud forrajera media las especies de varilla y pingo-pingo (géneros *Adesmia* y *Ephedra*), y las que presentan una aptitud forrajera que varía entre baja y media, como el incienso (*Flourensia thurifera* (Mol.)), palhuén (*Adesmia microphylla* Hook et Arn.), pichanilla (*Gutierrezia resinosa* Hook et Arn.), huañil (*Proustia cuneifolia*), guayacán (*Porliera chilensis* Johnst.), chamiza (*Bahia ambrosoides*) (Lailhacar, 1986; Azócar, 2006; Meneses y Squella, 1996).

#### **2.4.2 Plantaciones de especies forrajeras.**

Instituciones como la Universidad de Chile, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), desde la década del sesenta, se han abocado a la búsqueda de especies que sean adaptables a las condiciones del secano árido expuesto a los graves procesos de desertificación, aumentando así la capacidad forrajera de estas zonas (Soto, 1996; Torres, 1999).

Las plantaciones forestales en la región se iniciaron en 1970, en donde la Corporación Nacional Forestal (CONAF) incorporó a los arbustos forrajeros al listado de especies susceptibles de bonificación por el Decreto Ley N° 701 para incentivar la reforestación (Soto, 1996). Actualmente, en la región existen aproximadamente 67.000 ha establecidas de estas especies, correspondiendo en su gran mayoría a especies del género *Atriplex* con 54.300 ha (principalmente *A. nummularia*); y, en una menor proporción, de *Acacia saligna* con 6.200 ha (INFOR, 2006), siendo la superficie forestada con especies forrajeras más extensa del mundo (Meneses y Squella, 1996; CONAF, 1998; Torres, 1999; Chile, 2004a; Azócar, 2006).

Estas plantaciones han estado orientadas principalmente a la generación de recursos forrajeros, debido a su resistencia a la sequía, persistencia de forraje verde en la estación

seca, altos rendimientos de forraje con un buen contenido de proteína y palatabilidad aceptable; y a la protección y conservación de los suelos, gracias a su fácil propagación, establecimiento y contribución a la protección de la flora y fauna silvestres (Soto, 1996; Meneses y Squella, 1996).

Dentro de las especies forrajeras probadas en la Región de Coquimbo, destacan las Chenopodiáceas, principalmente las del género *Atriplex*, donde destacan: *Atriplex repanda* Phil., *A. coquimbana* Phil., *A. atacamensis* Phil., *A. desertícola* Phil., y otras introducidas como *Atriplex nummularia* Lindl. y *Atriplex semibaccata* (R.Br), que presentan características fisiológicas favorables para su desarrollo en esta zona, junto a su valor nutritivo (Lailhacar *et al.*, 1993; Meneses y Squella, 1996; Torres, 1999).

Hay que destacar que el beneficio de las plantaciones de arbustos forrajeros no se limita sólo al mayor aporte de forraje que éstos producen, sino que también, 1) al efecto favorable que tienen sobre el estrato herbáceo subyacente, entregando materia orgánica y nutrientes (provenientes de capas más profundas del suelo que las plantas herbáceas no pueden captar) al suelo superficial, a través del depósito de su propio mantillo; 2) al mejoramiento de las condiciones microclimáticas inmediatas, reduciendo el riesgo de heladas y favoreciendo mayores humedades y menores temperaturas en el suelo y la atmósfera contigua a través de la sombra proyectada por sus copas (Lailhacar, 1994; Lailhacar y Torres, 2000); y 3) a la mantención de la integridad física de los ecosistemas con la reducción de los procesos erosivos (Gutiérrez y Squeo, 2004).

El éxito o fracaso de estas plantaciones depende de varios factores, entre los cuales se pueden mencionar la selección de la especie y/o ecotipo adecuado; el sitio y época de plantación; la edad del arbusto al iniciar su consumo; el período y frecuencia de utilización; disponibilidad de forrajes alternativos; el sistema de pastoreo; y la interacción con otras especies y factores abióticos del medio ambiente (Peña, 1989; Ormazábal, 1991, Torres, 1999).

La incorporación de especies arbustivas, principalmente exóticas, junto a un manejo adecuado del recurso pratense, son medidas que pueden atenuar los efectos de los períodos críticos de escasez de forraje (Manterola y Azócar, 1990).

## 2.5 RECURSOS FORRAJEROS RECOMENDADOS PARA LA REGIÓN.

### 2.5.1 Género *Atriplex* L.

El género *Atriplex* L., es el más diversificado de la familia de las quenopodiáceas (Chenopodiaceae). Los arbustos forrajeros del género *Atriplex*, se encuentran de preferencia en ambientes salinos húmedos de zonas áridas y semiáridas, en regiones con precipitaciones anuales que oscilan entre 100 y 500 mm (Osmond *et al.*, 1980, citado por Torres, 1999; Meneses y Squella, 1996), destacándose por su valor nutritivo y palatabilidad, siendo por lo general muy consumidos (Lailhacar, 1986; Azócar, 2006).

Las plantas del género *Atriplex* pueden ser especies arbustivas o subarbustivas de altitud variable (0,25 m a 3 m), y herbáceas, siendo en este último caso, anuales o perennes. Sus inflorescencias son pequeñas, con flores verdosas y unisexuales. La semilla se encuentra dentro de un fruto seco, con pericarpio de consistencia leñosa, formando una nuez. Las hojas son alternas, lanceoladas, con pelos glandulares y estrellados (Holman y Robbins, 1961, citados por Meneses y Squella, 1996; INIA, 1981; Torres, 1999).

En Chile se ha constatado la existencia de alrededor de 25 especies, 21 de ellas endémicas, las cuales se concentran preferentemente entre las regiones I a IV (Rosas, 1989). Dentro de las especies introducidas, destaca *Atriplex nummularia*, siendo la IV Región la que concentra la mayor parte de las plantaciones en el país (Soto, 1996).

Las especies de este género se caracterizan, en general, por su resistencia a la sequía, a la aridez y la salinidad de los suelos; por proveer forraje verde en la estación seca, incluso en otoño e invierno, en donde la calidad y disponibilidad de la estrata herbácea está muy limitada; con altos rendimientos de forraje; resistencia a plagas y enfermedades; su fácil propagación y establecimiento, contribuyendo a la protección del suelo (Olivares, 1983; Lailhacar, 1986; Meneses y Squella, 1996; Soto, 1996; Torres, 1999).

En el secano sur de la IV Región, con precipitaciones de 100 a 220 mm, se han registrado rendimientos de *Atriplex nummularia* de 50 a 900 kg de materia seca/ha/año, dependiendo de la edad y manejo, las condiciones ambientales y de la densidad de plantación. Estos

rendimientos podrían ubicarse entre los 1.000 – 1.500 kg de materia seca/ha/año, para condiciones ambientales promedios de la región, bajo condiciones apropiadas de densidad, ubicación y calidad de las plantaciones (Soto, 1996).

El valor nutritivo de los arbustos del género *Atriplex* es considerado alto, especialmente en el caso de *A. repanda*, que incluso se compara con el aporte nutritivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), pero esto no guarda relación con las ganancias de peso obtenidas con los animales alimentados con alfalfa (INIA, 1981).

Los análisis químicos indican tenores de proteína cruda (PC) entre 12,57 a 20,66%; digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca entre 51 a 54% (INIA, 1981); valores de fibra cruda (FC) entre 8 a 16,9% (Soto, 1996); cenizas cercanas al 20%; con rangos de digestibilidad de la materia orgánica entre 40,5 a 68,6% (Lailhacar *et al.*, 1993) e incluso más altas en las hojas hasta 82%; y valores de energía digestible (ED) de 3,6 a 4,2 Kcal/g para hojas y de 1,3 a 1,6 Kcal/g en tallos y frutos (Concha *et al.*, 1977, citado por Meneses y Squella, 1996).

### **2.5.2 Acacia azul (*Acacia saligna*).**

Es otro de los recursos forestales, con aptitud forrajera, que se está utilizando en la región, representando una alternativa real para suplir la falta de forraje en períodos de sequía, disminuyendo considerablemente los riesgos y pérdidas producto de la mortalidad del ganado (Alcaíno *et al.*, 1995; Jara, 2000).

*Acacia saligna* (ex *cyanophilla*) (Labill.) H. Wendl, es una especie leguminosa siempreverde originaria del sur-oeste de Australia, que ha sido introducida en Chile para reforestar zonas degradadas, controlar dunas, y principalmente para alimentación suplementaria del ganado caprino y ovino (Alcaíno *et al.*, 1995; Perret y Mora, 2000; Urquieta *et al.*, 2000; Mora y Meneses, 2003, 2004). Estas plantaciones se han concentrado principalmente en las regiones de Valparaíso y de Coquimbo, bajo diferentes condiciones edafoclimáticas del secano costero, pudiendo desarrollarse también en la zona interior de la IV Región hasta aproximadamente los 1000 msnm (Perret y Mora, 2000; Urquieta *et al.*, 2000).

Este árbol presenta una amplia variedad fenotípica, expresada en sus hojas y su forma (Alcaíno *et al.*, 1995). Se puede encontrar como arbusto, o bien como árbol, alcanzando hasta 8 metros de altura y 30 cm de diámetro su fuste (Jara, 2000). Sus hojas semiduras son de longitud variable entre 8 a 20 cm y de 1 a 4 cm de ancho, de color verde-azulado. Florece en primavera y es un glomérulo dispuestos en racimos color amarillo (Perret y Mora, 2000). Su fruto es una vaina color rojizo de 1 cm de ancho y hasta los 15 cm de largo, los cuales maduran en verano (Serra, 1997).

*Acacia saligna* se desarrolla en sectores de clima mediterráneo, con veranos secos y calurosos, con precipitaciones que varían entre los 250 a 1000 mm anuales. Puede soportar altas temperaturas y vientos salinos (Alcaíno *et al.*, 1995; Sanhueza *et al.*, 1995, citado por Olivares, 2001; Perret y Mora, 2000), aunque no tolera heladas y temperaturas inferiores a 3 °C. Se desarrolla con temperaturas medias del mes más frío cercanas a los 10 °C (4 a 10 °C) y de 30 °C (25 a 34 °C) para los meses estivales (Webb *et al.*, 1984 citados por Martinoli, 2001 y Olivares, 2001).

En la Región, se ha desarrollado su cultivo con precipitaciones media anual entre 67,4 y 243,7 mm, con una temperatura media del mes más frío (julio) entre 4,6 a 8,6 °C, y una temperatura máxima media del mes más cálido (enero) entre 19,9 y 28,0 °C, ampliando su tolerancia al frío y sequedad en relación a su zona de origen (Urquieta *et al.*, 2000). Serra (1997) indica que en esta zona la especie ha mostrado preferencia por las áreas con influencia de neblina costera.

Con respecto a sus características como especie forrajera, presenta buena aceptación en caprinos como alimento suplementario pre y post pastoreo, siendo el rechazo mínimo, fluctuando entre 2,8 y 12,7% (INIA, 1995, citado por Alcaíno *et al.*, 1995). Según diversos autores, los análisis químicos de la acacia indican valores de proteína cruda (PC) entre 10 a 12%; cenizas entre 7,5 a 13%; fibra detergente ácida (FDA) de 26 a 41%; 46% promedio de paredes celulares (FDN); energía metabolizable (EM) entre 1,24 a 1,44 Mcal/kg; y con rangos de 36 a 54% de digestibilidad de la materia seca, siendo mayor ésta en los brotes y hojas que en los tallos, con un promedio de 40% (Alcaíno *et al.*, 1995; Martinoli, 2001; Olivares, 2001).

Alcaíno *et al.*, (1995), en un estudio para obtener una función de producción de forraje, esto para predecir a futuro el peso seco (PS) del material forrajero de *Acacia saligna*, en forma rápida, fácil y económica, obtuvieron rendimientos para un total de 519 árboles (con alturas entre 1,65 a 2,99 m y un diámetro de copa entre 1,17 a 3,1 m) de 938 kg/PS.

### **2.5.3 Nopal (*Opuntia spp.*).**

El nopal (*Opuntia spp.*) es considerado generalmente como un cultivo frutícola en regiones semiáridas del mundo, y a pesar de esto, sólo se cultiva para este propósito en cinco países: Chile, Italia, México, Sudáfrica y Estados Unidos. La mayor importancia de este cultivo radica en su potencial producción de forraje, considerando la superficie total cultivada, las áreas silvestres y los lugares donde se ha naturalizado (Mondragón y Pérez, 2003).

El nopal o tuna (*Opuntia ficus-indica*) constituye otra buena alternativa forrajera por su alto potencial productivo en condiciones de déficit hídrico (sequías), alta palatabilidad, buen valor nutritivo, tolerancia a la salinidad, hábito siempre verde y adaptación a diferentes tipos de suelo (Azócar, 2001, 2003, 2006; Reynolds y Arias, 2003; Olivares, 2006).

La cosecha de la tuna para forraje puede hacerse en forma directa por el animal, o mediante el corte de las paletas para dárselas a los animales en comederos. El uso directo por el ganado es mucho más económico, pero las plantas de tuna son sensibles a la sobreutilización y pueden secarse en pocos meses, debiéndose utilizar cuando éstas tengan 2 a 3 años de edad (Azócar, 2001).

La calidad nutritiva del forraje de paletas de tuna, se caracteriza por el alto contenido de humedad (10% MS), alta digestibilidad *in vitro* (aproximadamente 75%), con valores similares al de otros forrajes; altos contenidos de carbohidratos solubles, energía metabolizable, vitamina A y cenizas (20% de la materia seca); y bajos contenidos de proteína (3 a 8% PC), fibra cruda y fósforo (Riveros *et al.*, 1990; Azócar, 2001).

Sus cladodios o paletas, incluidas en la ración de cabras lechera hasta un 34% de sustitución del heno de alfalfa, inducen una mayor producción de leche en cabras, atribuible al alto contenido de agua, y probablemente, a efectos lactogénicos (Azócar, 2001, 2003,

2006; Olivares, 2006); además, su consumo causa un significativo ahorro de agua de bebida, hecho muy significativo en la ganadería de zonas áridas, no obstante, no puede ser utilizado como alimento único debido a su bajo contenido proteico (Riveros *et al.*, 1990; Azócar, 2001; Olivares, 2006).

Los rendimientos de materia seca oscilan de 5 a 10 t/ha de forraje en zonas áridas, 10 a 20 t/ha en zonas semiáridas y 20 a 30 t/ha en zonas subhúmedas (Azócar, 2001).

#### **2.5.4 Coquia (*Kochia spp.*).**

Este es otro de los cultivos forrajeros que pueden ser utilizados en la región, y que ha sido utilizado como especie forrajera, principalmente en el sector de Recoleta, Comuna de Ovalle, aún en una escala muy pequeña, e incluso, esta planta se ha naturalizado en esta zona y en otras donde se ha introducido<sup>2</sup>.

La coquia (*Kochia scoparia* L. Schrad) pertenece a la familia de las Chenopodiáceas. Es una planta originaria de la región centro-sur de Asia, establecida en América a principios del siglo XX. Tiene una gran adaptabilidad, encontrándose actualmente en los cinco continentes (Anaya, 1996).

Es una planta anual, dicotiledónea, fruto en atrículo de cáliz acrescente, con pétalos en forma de alas, con tallos erectos y ramificados de 30 a 100 cm de altura; hojas alternas y muy numerosas de 1,5 a 6,5 cm de largo; flores pequeñas sésiles, formando espigas densas cortas; semillas pequeñas de aproximadamente 1,8 mm de largo, ovoides achatadas, granulares (Anaya, 1996).

Su producción es de bajo costo; presenta alto contenido de proteínas (8,3 a 23% base materia seca); es resistente a la sequía y crece en una gran variedad de suelos, incluyendo los salinos y erosionados; lo que la hace una especie de interés para la solución de los

---

<sup>2</sup> Claudia Torres P., Ing. Agr., Subdirectora Campo Experimental Las Cardas (CEALC), CEZA, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Dirección: ruta 43 (La Serena - Ovalle) km 45, Coquimbo, Casilla 36 - B, La Serena, IV Región (Comunicación personal).



problemas alimentarios del ganado y por ende del hombre (Abdraimov y Krilova, 1993; Anaya, 1996).

Destaca por su eficiencia en el uso del agua, siendo una planta más eficiente que la alfalfa en este aspecto. Crece bien en climas de zonas áridas, semiáridas, y subhúmedas, con precipitaciones entre 217 y 1.418 mm anuales, y variaciones de temperatura media anual entre 12,7 y 28,0 °C, encontrándose desde zonas costeras hasta los 4.000 msnm (Anaya, 1996).

En cuanto a su potencial forrajero, éste se considera un forraje versátil, ya que puede ser pastoreado directamente por el animal, y ser conservado tanto como ensilaje, heno y pellets. Presenta un rápido crecimiento, alta palatabilidad, buena digestibilidad y es bajo en fibra. Los rendimientos de forraje, con alrededor de 200 mm de lluvia, puede llegar a producir de 40 a 70 toneladas de forraje verde por hectárea, aumentando esta producción, en condiciones de riego de 80 a 130 t/ha de materia verde (Anaya, 1997).

## **2.6 QUÍNOA: UNA NUEVA ALTERNATIVA FORRAJERA.**

### **2.6.1 Conceptos generales de la quínoa.**

Considerando los problemas medioambientales mencionados anteriormente, así como la importancia económica que tiene para muchas familias la producción caprina, hace que sea necesario buscar alternativas de alimentación para el ganado, factibles de utilizar en la región, con variedades que sean adaptables a las condiciones semiáridas, resistencia al estrés hídrico y al proceso de desertificación. Dentro de estas alternativas se encuentra la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), alimento de origen andino, que fue cultivado en nuestro país por las culturas prehispánicas, y que presenta características nutricionales que la hacen un alimento de alto valor, tanto para el ser humano como para los animales, con buena adaptación y resistencia a diversos factores adversos que otros cultivos no poseen, y que puede adaptarse a las condiciones climáticas y de deterioro ambiental de la IV Región.

La quínoa o quinua es una planta oriunda del altiplano andino, cultivada desde hace unos 5.000 años por los indígenas que habitaron y habitan hoy las zonas del actual Perú, Bolivia, Ecuador, y el norte de Chile y Argentina, siendo una fuente primordial en su alimentación (Oelke *et al.*, 1992; Mujica, 1994; Brenes *et al.*, 2001), e incluso cultivada hasta la zona sur de Chile por las comunidades mapuches (Bravo y Pritzke, 2007). En la actualidad, el principal objetivo de su cultivo es la producción de granos para la alimentación humana, aunque también se utiliza en alimentación animal, usándose la planta completa, hasta inicio de floración, como forraje verde para los animales, pudiendo ensilarse (Von Rutte, 1988) y elaborar pellets de la planta completa e incluso las sobras de la cosecha del grano; en la industria, con la utilización del alcaloide saponina, y en aplicaciones medicinales (Herencia *et al.*, 1996; Mujica *et al.*, 2001a; Vincken *et al.*, 2007).

Este cultivo perdió importancia en el continente con la conquista española, la que no incorporó los sistemas agrícolas incaicos de terrazas, y por la introducción de otros cultivos como trigo, alfalfa y vides, en desmedro de éste y de otros cultivos tradicionales de América, con las excepciones del maíz, tomate y la papa, que fueron introducidos en la dieta europea (NRC, 1989; Tagle y Planella, 2002; Torrejón y Cisternas, 2002).

Bolivia fue por muchos años el principal país productor de quínoa a nivel mundial, siguiéndole en importancia Perú y Ecuador (Herencia *et al.*, 1996). En los últimos años, el principal productor de quínoa a nivel mundial ha sido Perú, que superó a Bolivia, con 36.613 y 24.500 toneladas (54,60% y 44,56%) respectivamente en el año 2005; aunque hay que destacar que Bolivia controla el 90% de las exportaciones mundiales (MAG, 2006).

Debido a la importancia de este cultivo en estas zonas, en la actualidad se está propiciando su difusión, por tratarse de un cultivo rústico, con alta capacidad de resistir y adaptarse a condiciones climáticas adversas, tales como heladas, altas temperaturas, salinidad, sequía, suelos pobres, en donde otros cultivos de interés alimenticio no prosperarían, y debido a su alto valor biológico, que lo hacen una muy buena alternativa económica (Bañuelos *et al.*, 1995; Herencia *et al.*, 1996; Jacobsen *et al.*, 1997, 2003; Bhargava *et al.*, 2006).

En la Región de Coquimbo, la quínoa permaneció en comunidades costeras y altoandinas, siendo para la cultura Diaguita uno de los cultivos más importantes junto con el maíz (*Zea mays*) (NRC, 1989; Rodríguez *et al.*, 2004), y en la actualidad aún es posible encontrar malezas de esta misma especie, que probablemente derivan de usos ancestrales, constituyendo un reservorio de germoplasma adaptado a zonas áridas (CORFO, 2004).

### **2.6.2 Características agronómicas del cultivo.**

La quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta anual de hojas anchas, herbácea dicotiledónea que crece entre 1,0 a 2,0 m de altura. Según Herencia *et al.*, (1996), el tamaño de la planta va desde los 0,2 a 3,0 m de altura. Posee una raíz ramificada de unos 20 a 25 cm. Las flores son generalmente hermafroditas y se autopolinizan, pudiendo encontrarse también flores pistiladas y androestériles. Sus semillas miden alrededor de 2 a 4 mm de diámetro (Johnson, 1990). La planta madura entre los 5 a 6 meses (NRC, 1989; Mujica, 1994), aunque en nuestra región su ciclo de siembra a cosecha puede obtenerse en 4 meses.

Es clasificada como una planta C<sub>3</sub><sup>3</sup>, pero con una alta capacidad de captar agua, y gran eficiencia de uso del agua (Cortés, 2007).

Es altamente adaptable y resistente a las condiciones climáticas adversas como la escasez de precipitaciones, heladas (Álvarez *et al.*, 1998; Villarroel *et al.*, 1998), alta salinidad de los suelos, granizadas, nevadas, exceso de agua, vientos y calor (Bañuelos *et al.*, 1995; Jacobsen *et al.*, 1997, 2003; Prado *et al.*, 2000; Mujica *et al.*, 2001b; Bhargava *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2007b); resistencia a plagas (Kumar *et al.*, 2006); bajas temperaturas del orden de los -4,0 °C en etapa de floración, hasta -10 °C en estado de grano lechoso según el ecotipo. Crece en los valles andinos y en el altiplano entre los 2.000 a 4.500 msnm, pudiéndose encontrar también en zonas bajas, incluso a nivel del mar (NRC, 1989; Mujica, 1994; Brenes *et al.*, 2001; Mujica *et al.*, 2001a; Bhargava *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2007a).

Su cultivo tradicional es en secano, por lo que su siembra está supeditada al inicio del período de lluvias, y a pesar de ser un cultivo que muestra resistencia a períodos de sequía, requiere un cierto nivel mínimo de humedad, suficiente para las necesidades de la planta en el período inicial de su desarrollo. La cantidad de precipitaciones que necesita va a depender de la zona agroecológica y al genotipo al que pertenezca, variando entre los 250 a 500 mm (Herencia *et al.*, 1996) hasta los 2.000 mm anuales en Temuco. Incluso, Martínez *et al.*, (2007a, 2007b, 2009) en estudios realizados en la Región de Coquimbo, con riego deficitario y fuera de la estación de lluvias, con un equivalente al promedio anual de precipitaciones en La Serena (75 mm), obtuvieron rendimientos sobre 2 t/ha de grano.

---

<sup>3</sup> C<sub>3</sub>: Plantas que poseen el mecanismo fotosintético más básico. En su mayoría son especies de ambientes templados, y en la que el primer producto es un compuesto de tres átomos de carbono (glicerato 3-fosfato), el cual se forma cuando el CO<sub>2</sub> se combina con la ribulosa bifosfato en la primera reacción del Ciclo de Calvin. Son menos eficientes en la fijación de CO<sub>2</sub> que las del Ciclo C<sub>4</sub>, característicos de plantas de climas áridos tropicales, adaptadas a altas temperaturas y alta luminosidad.

### 2.6.3 Valor nutritivo del grano.

La quínoa es productora de granos de alta calidad nutritiva (Tabla 2), que la destacan por sobre otros cereales (Risi y Galwey, 1984; Oelke *et al.*, 1992; Johnson y Ward, 1993; Chauhan *et al.*, 1999). Su contenido de proteínas en el grano es alrededor del 15% (12 a 20%) siendo mayor que los del arroz y maíz, pero su contenido de carbohidratos es más bajo (55,7%). La calidad de su proteína es superior a la de los cereales, especialmente en lisina, histidina y metionina (NRC, 1989; Coulter y Lorenz, 1990; Herencia *et al.*, 1999; Ayala *et al.*, 2001; Repo-Carrasco *et al.*, 2001; Solíz *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2007a; Martínez *et al.*, 2009). Según Lindeboom (2005) el alto contenido de lisina es atribuible al alto contenido de albúminas y globulinas (44 – 77% de la proteína total).

**Tabla 2:** Comparación de la composición nutricional del grano de quínoa con otros cereales.

Cereal	Composición (%)					
	Humedad	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra	Cenizas
Quínoa	12,0	13,0	5,3	55,7	4,9	3,0
Trigo	15,0	8,9	2,2	66,8	2,1	1,5
Cebada	15,0	10,0	1,5	66,4	4,5	2,6
Avena	11,0	10,3	4,7	62,1	9,3	2,6
Maíz	11,0	9,4	4,1	72,1	2,0	1,4
Sorgo	11,0	11,0	3,2	70,9	2,4	1,5
Arroz	12,0	8,0	1,9	62,7	9,0	6,3

Fuente: adaptado de Herencia *et al.*, 1996.

La semilla muestra un contenido de ácidos grasos que va de 1,8 a 9,5% del peso fresco, con una media entre 5,3 y 6,3% (Koziol, 1993). En la composición de los lípidos, dominan los ácidos grasos insaturados, destacando su alto contenido de ácido linoleico (50,2 – 56,1%), oleico (22,0 – 24,5%) y linolénico (5,4 – 7%) (Herencia *et al.*, 1999; Ayala *et al.*, 2001).

Puede destacarse, además, su contenido mineral, sobre todo en hierro de alta biodisponibilidad, calcio, zinc, potasio, y trazas de litio, y su bajo contenido de sodio (Johnson *et al.*, 1993), y por ser buena fuente de vitaminas, tales como vitamina E (tocoferoles), B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, ácido fólico y biotina, lo que hace de esta especie uno de los pocos

alimentos de origen vegetal nutricionalmente completo (NRC, 1989; Herencia *et al.*, 1996; Ayala *et al.*, 2001; Repo-Carrasco *et al.*, 2001).

Otras de las características nutricionales de la quínoa es el contenido y calidad de sus fitohormonas, que aumentarían la producción de leche en madres durante el período de lactancia, la absorción de calcio en madres y niños (Martínez *et al.*, 2007a); y la ausencia de gluten, que es una proteína que contienen algunos cereales que induce alergias o intolerancia severa en personas celíacas (Jadan, 1989; Lorenz y Coulter, 1991; Martínez *et al.*, 2007a).

Desde los inicios del consumo de la quínoa, el sabor amargo del grano ha sido un problema; éste se debe a la presencia del alcaloide saponina en el pericarpio de la semilla (Solíz, *et al.*, 2002) entre 2 a 6%, que además del fuerte sabor amargo, es ligeramente tóxico, por lo que debe ser eliminado antes del consumo del grano (Johnson *et al.* 1993; Koziol, 1993; Fontúrbel, 2003). Además de las saponinas, ésta especie acumula en sus tejidos otros compuestos detrimentales de su calidad como oxalatos y nitratos (Fontúrbel, 2003) los que pueden incrementarse en los cultivos que sufren deficiencias de humedad. La remoción de estas sustancias que afectan también la calidad del forraje, por medio de lavado o cocción, aumenta de manera significativa los costos de producción, muchas veces insostenible para la producción pecuaria (Gutiérrez *et al.*, 2004), lo que obliga a buscar variedades genéticas con bajos niveles de estas sustancias, o bien eliminarlas con mejoramiento genético, con alta acumulación de materia seca, elevados niveles de digestibilidad y proteína cruda (Bañuelos *et al.*, 1995). Sin embargo, gracias a las características de las saponinas, se puede aprovechar en la industria, como ingrediente para la fabricación de cervezas y detergentes; productos farmacéuticos (Fontúrbel, 2003); en la creciente industria de repelentes orgánicos contra insectos, nemátodos (CORFO, 2004); y por sus propiedades antifúngicas (Stuardo y San Martín, 2007) y molusquicidas (San Martín, 2007; San Martín *et al.*, 2007).

#### **2.6.4 Valor nutritivo del forraje.**

Existe poca información sobre el potencial forrajero de la quínoa, esto a pesar de que es usada en otros países latinoamericanos en la alimentación de aves, cerdos y principalmente rumiantes, y de ser mencionada en varias publicaciones.

La quínoa se utiliza principalmente para la producción de granos para consumo humano, pero también ha sido estudiada como forraje por sus características nutritivas (Ayala *et al.*, 2001; Gutiérrez *et al.*, 2004) y utilizada como una alternativa forrajera en zonas de baja precipitación (Espíndola y Rodríguez, 1984, citados por Jasso *et al.*, 2002).

En general, se utiliza la planta completa hasta inicio de floración como forraje verde, pero también como forraje conservado; además de esto, se utilizan en alimentación animal las partes de la planta que quedan después de la cosecha para la obtención del grano, principalmente perigonios y broza fina; y la utilización de semillas (granos) en la alimentación tanto de aves como de rumiantes (Mujica *et al.*, 2001a).

En cuanto a la composición química del forraje, presenta valores cercanos al 15% de materia seca (MS). La composición en base a la materia seca es la siguiente: 17,9 - 21,9% de proteína cruda (PC); 1,5 - 15,2% de cenizas; carbohidratos entre 52 - 58% (Bañuelos *et al.*, 1995; Herencia *et al.*, 1996); y paredes celulares (FDN) cercanas al 60%. Bañuelos *et al.*, (1995) indican valores de proteína soluble (PS) de 50%, la que resulta ser baja en comparación con la de otros forrajes, pero los considera adecuados para la actividad de los microorganismos ruminales, tanto para estimular el consumo, como la digestión del forraje. Además, presenta una digestibilidad *in situ* de la MS (DISMS) entre 58,81 a 66,22%.

La obtención de forraje, desde la siembra hasta la cosecha (final de floración) demora entre 90 a 100 días, dependiendo de las variedades de quínoa utilizadas (Bañuelos *et al.*, 1995), mostrando diferencias nutritivas entre los distintos cultivares, según la edad o precocidad de la planta (Capelo, 1983, citado por Jasso *et al.*, 2002).

En cuanto a la producción de materia seca de la planta, los rendimientos promedios descritos varían de 2,32 a 4,24 t/ha, hasta valores más altos entre 4 a 14 t/ha (Montoya *et*

al., 1981 citados por Bañuelos *et al.*, 1995; Capelo, 1983 citado por Jasso *et al.*, 2002). Bañuelos *et al.*, (1995), obtuvieron rendimientos más altos (7,73 – 11,44 t/ha), según precocidad de los ecotipos utilizados en el ensayo. Herencia *et al.*, (1996), con datos de trabajos realizados por Mujica (1993), habla de rendimientos de 5 t/ha de grano, y entre 5 a 10 t/ha de paja para la alimentación animal como subproductos de la cosecha del grano; esto con condiciones climáticas adecuadas de lluvias y temperatura.

Lo anterior permitiría un uso multipropósito del cultivo, generando grano para el consumo humano y follaje para el ganado caprino, muy necesitado de alternativas de alimentación que tiendan a disminuir la transhumancia, y adaptándose a las condiciones de deterioro ambiental de la región, lo que puede aumentar el interés de los productores regionales por este cultivo, en especial los de menores recursos (CORFO, 2004).



### **3. HIPÓTESIS**

La quínoa es un recurso alimenticio que puede ser utilizado como forraje para el ganado caprino, por sus contenidos nutricionales y por la adaptación que ha presentado a las condiciones edafoclimáticas de la Región de Coquimbo.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar el potencial de dos ecotipos de quínoa como alternativa de alimentación para el ganado caprino.

#### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la digestibilidad aparente en caprinos de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), paredes celulares, fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa y celulosa.
- Determinar el balance de nitrógeno en caprinos alimentados exclusivamente con forraje de quínoa.
- Comparar las variables nutricionales entre los ecotipos de quínoa y con respecto a la alfalfa.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 MEDIO EXPERIMENTAL.

El Presente estudio se realizó en el Campo Experimental Las Cardas, dependiente del Centro de Estudios en Zonas Áridas (CEZA), Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Está ubicado en la Comuna de Coquimbo, Provincia de Elqui, Región de Coquimbo. Las coordenadas geográficas del campo experimental son 30° 13' de latitud Sur, 71° 16' de longitud Oeste y 260 msnm; a 37 km al sur de la ciudad de La Serena.

El predio cuenta actualmente con 5.436,2 ha de secano, y en él existen las condiciones requeridas para hacer estudios sobre los factores que inciden en los sistemas productivos en condiciones de déficit hídrico y desarrollar sistemas de explotación de los recursos naturales renovables que puedan ser imitados por comuneros, pequeños y medianos agricultores aportando soluciones para detener o revertir el proceso de desertificación, hacer rentable la actividad ganadera y agrícola, y mejorar el nivel de vida de éstos.

Presenta un clima mediterráneo árido con neblinas matinales frecuentes, con una alta humedad relativa que ayuda a atenuar la aridez; temperatura media anual de 14,4 °C (con una máxima y mínima media mensual de 26 y 5 °C en enero y julio respectivamente); período libre de heladas de 11 meses; y la precipitación media es inferior a los 120 mm anuales, concentrándose en los tres meses más fríos, principalmente en julio (Torres, comunicación personal<sup>4</sup>).

### 5.2 ANIMALES.

Se trabajó con nueve machos caprinos (*Capra hircus*) enteros, de entre 6-9 meses de edad (nacidos entre agosto y noviembre de 2007), repartidos en tres grupos homogéneos (edad y peso) de tres animales cada uno por tratamiento.

---

<sup>4</sup> Claudia Torres P., Ing. Agr., Subdirectora Campo Experimental Las Cardas (CEALC), CEZA, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Dirección: ruta 43 (La Serena - Ovalle) km 45, Coquimbo, Casilla 36 - B, La Serena, IV Región.

Todos los animales fueron previamente vacunados contra enfermedades clostridiales. Para ello se utilizó la vacuna Clostribac-8<sup>®</sup> (laboratorio Pfizer). Además, se realizó una desparasitación interna y externa, con Supolen Plus<sup>®</sup> y Cipermetrina 20%<sup>®</sup> respectivamente (laboratorio Dragh Pharma Invetec).

### **5.3 INSTALACIONES.**

Se utilizaron jaulas metabólicas para recolección de heces y orina (Anexo 2). Tres módulos divididos en tres compartimentos individuales, uno para cada animal, en donde permanecieron estabulados, provistos de comederos y bebederos, y de un sistema de recolección total de heces y de orina.

### **5.4 ALIMENTACIÓN.**

Se sometieron a evaluación tres alimentos únicos en forma de forraje henificado (forraje de quínoas almacenado por un año). Se utilizó un ecotipo de quínoa del altiplano chileno proveniente de la Región de Tarapacá (Mix), y un ecotipo del sur, de la región de la Araucanía (BO25), y heno de alfalfa de tercer corte como control.

Los henos de quínoa (Mix y BO25), fueron obtenidos de siembras realizadas a mediados del mes de octubre de 2006 en el sector precordillerano de Las Ramadas de Tulahuén (31° 00' Lat. Sur, 70° 34' Long. Oeste y a 1380 msnm), y cosechados y enfardados en el mismo lugar en enero de 2007. Posteriormente fueron trasladados hacia la ciudad de La Serena para su almacenaje hasta el comienzo de los ensayos, en instalaciones de la Universidad de La Serena. El heno de alfalfa, en cambio, corresponde a la temporada 2008, y fue comprado en el sector de Tierras Blancas, Comuna de Coquimbo (Anexo 3).

El forraje, en su totalidad, fue aportado por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), dependiente de las universidades de La Serena, Católica del Norte y del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) CRI - Intihuasi.

Para la alimentación inicial de los animales, se entregó una cantidad de forraje correspondiente al 5% del peso vivo de cada animal, con la finalidad de estimar el consumo voluntario individual. El agua de bebida fue suministrada en forma *ad libitum*.

## 5.5 METODOLOGÍA.

El estudio contempló tres períodos experimentales, cada uno con una duración de 14 días divididos de la siguiente manera:

- Nueve días pre-experimentales, en donde se realizó una adaptación del animal al nuevo alimento, y se estimó el consumo de alimento diario como la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado diariamente.
- Cinco días experimentales (período de recolección), en donde fueron obtenidas las muestras para análisis de laboratorio, tanto del alimento rechazado, como de heces y orina. El alimento único fue entregado con una restricción de un 10% respecto al consumo estimado en la etapa anterior, con el fin de asegurar el consumo total del alimento ofrecido y disminuir así la posible selección.

Se utilizó el método de suministro controlado de alimento, recolección total de heces y de orina mediante el uso de jaulas metabólicas individuales, hechas especialmente para esto. Las heces, recolectadas diariamente, fueron pesadas en una balanza electrónica, obteniéndose una muestra compuesta diaria de un “pool” fecal, por tratamiento, de cada uno de los cinco días experimentales; estas heces fueron secadas con una estufa de aire forzado a 60 °C por 72 horas (AOAC, 1990) para determinar su contenido de MS y posterior análisis químico. Las muestras compuestas se realizan, por razones logísticas (reunir biomasa suficiente, espacio de refrigeración, presupuesto exiguo, y por la lejanía del lugar de los ensayos a los laboratorios en la ciudad de La Serena). Sin embargo, los resultados son confiables, porque las muestras compuestas disminuyen la variabilidad, por lo tanto, apuntan hacia resultados más conservadores. Si hay diferencias significativas, éstas deben serlo verdaderamente para que ANDEVA las detecte, ya que los números muestrales son más bajos. Esto también ocurre en los datos analizados con métodos no paramétricos, que siendo más conservadores al detectar diferencias, efectivamente las encuentran cuando con mayor probabilidad éstas verdaderamente existen (Martínez y Sierralta, 1989). Sin embargo, otros datos sí se mantuvieron colectados en forma individual por animal (masas y volúmenes de ingesta, egesta y excreción), lo que permite mejorar los números muestrales.

Las muestras de forraje ofrecido y que fue rechazado por cada animal en cada período fueron colectadas, pesadas y conservadas para su evaluación y determinar una posible selección por parte de los animales.

La orina fue pesada y recolectada diariamente. La muestra compuesta se envió congelada al Departamento de Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Serena, para los respectivos análisis de contenido de nitrógeno y energía (Anexos 4 y 5).

Los animales fueron pesados y se determinó su condición corporal al inicio y final de cada período experimental. La condición corporal fue evaluada según la metodología descrita por Hinton (2007), la cual utiliza 5 niveles de condición corporal, siendo 5 el máximo valor.

## **5.6 ANÁLISIS DE MUESTRAS.**

Se realizaron las siguientes determinaciones tanto en el alimento ofrecido como en las fecas recolectadas: materia seca (MS), proteína cruda (PC) y cenizas, de acuerdo a las técnicas descritas por la AOAC (1990); análisis de fraccionamiento de paredes celulares para determinar fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina (LIG), hemicelulosa (HEMI) y celulosa (CELU) según técnicas descritas por Van Soest (1982); la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (MSD) por el método descrito por Goering y Van Soest (1972); y la energía metabolizable (EM) estimada sobre la base de la digestibilidad de la materia orgánica (Tilley y Terry, 1963). Los alimentos rechazados también fueron analizados para las determinaciones anteriormente nombradas.

La orina fue recolectada y congelada a -20°C, y posteriormente analizada para determinar su contenido de nitrógeno por el método de Kjeldhal; concentración de urea determinada por el Kit Urea/Ammonia (Rapid)<sup>®</sup> de Megazyme International Ireland Ltd. (Anexo 4); y la energía de la orina producto de la oxidación incompleta de las proteínas, estimada a partir de la concentración de urea con la siguiente fórmula:  $Mp \text{ (Kcal/Kg PV/24 h.)} = Qp \times 4300$  según la metodología descrita por Cortés (1985), en donde Qp corresponde a la cantidad de proteínas metabolizadas expresada por unidad de peso corporal en 24 hrs, y Mp

es el calor desprendido de la oxidación incompleta de las proteínas (urea excretada) en 24 hrs (Anexo 5).

Los análisis de fecas y alimentos se llevaron a cabo en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) CRI – Remehue; en tanto que las muestras de orina fueron analizadas en laboratorios del Departamento de Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Serena.

### **5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL.**

Se utilizó un diseño experimental del tipo cuadrado latino de 3 x 3, en donde los nueve animales, durante tres períodos secuenciales, recibieron cada uno de los forrajes. Con esto se obtuvo 9 repeticiones para cada forraje a estudiar al final de cada período experimental (N=9).

Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDa), se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CDa} = ((\text{ingerido} - \text{excretado}) / \text{ingerido}) \times 100$$

El balance de nitrógeno se obtuvo mediante:

$$\text{Nitrógeno consumido} - \text{Nitrógeno fecal} - \text{Nitrógeno de orina}$$

### **5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Los datos obtenidos fueron analizados a través de análisis de varianza (ANDEVA) por software estadístico SPSS 15.0<sup>®</sup>. Cuando se presentaron diferencias, se juzgó su significancia mediante el uso del test *a posteriori* de Tukey.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL.

#### 6.1.1 Composición química de los forrajes.

Se realizaron tres evaluaciones de la composición química para cada uno de los tres forrajes utilizados en el estudio, correspondientes a cada período experimental. Los resultados promedios de cada forraje se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Composición química (%) y Energía Metabolizable (Mcal/kg) de los tres forrajes evaluados en el estudio (valores promedios  $\pm$  d.s; base seca).

	Heno de Alfalfa	H. Quínoa Mix	H. Quínoa BO25	Efecto (p<)
<b>MS</b>	87,7 $\pm$ 1,8	87,9 $\pm$ 1,8	87,4 $\pm$ 3,4	N/S
<b>CEN</b>	10,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	17,1 $\pm$ 1,4 <sup>b</sup>	16,2 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	0,001
<b>PC</b>	21,4 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	17,8 $\pm$ 5,6 <sup>a,b</sup>	11,5 $\pm$ 2,1 <sup>b</sup>	0,031
<b>MSD</b>	72,9 $\pm$ 2,7	73,2 $\pm$ 3,6	71,5 $\pm$ 7,1	N/S
<b>EM</b>	2,30 $\pm$ 0,1	2,14 $\pm$ 0,1	2,11 $\pm$ 0,2	N/S
<b>FDN</b>	36,4 $\pm$ 3,9	37,7 $\pm$ 2,6	44,7 $\pm$ 5,3	N/S
<b>FDA</b>	30,5 $\pm$ 1,3	26,7 $\pm$ 4,6	29,3 $\pm$ 0,9	N/S
<b>HEMI</b>	5,8 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>	11,0 $\pm$ 2,0 <sup>b</sup>	15,3 $\pm$ 4,8 <sup>b</sup>	0,040
<b>CELU</b>	22,8 $\pm$ 1,2	18,9 $\pm$ 3,0	21,2 $\pm$ 0,6	N/S
<b>LIG</b>	7,9 $\pm$ 0,6	7,7 $\pm$ 1,9	8,0 $\pm$ 0,6	N/S

Letras distintas (a,b) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) dentro de las filas.

MS= Materia Seca; CEN= Cenizas; PC= Proteína Cruda; MSD= Materia Seca Digestible; EM= Energía Metabolizable; FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Ácido; HEMI= Hemicelulosa; CELU= Celulosa; LIG= Lignina.

El análisis químico proximal no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tres forrajes utilizados, tanto para MS, MSD, EM, FDN, FDA, CELU y LIG. Hay que destacar que las quínoas no presentaron diferencias significativas entre sí ( $p > 0,05$ ) en todos los componentes evaluados en el análisis químico proximal (Tabla 3).

#### **6.1.1.1 Materia seca, materia seca digestible y energía metabolizable.**

Los resultados obtenidos para materia seca (MS), materia seca digestible (MSD), y energía metabolizable (EM) de los forrajes evaluados, no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) y los valores para cada determinación (MS, MSD y EM), fueron en promedio para los tres forrajes de 87% para MS, sobre 71,5% para MSD y sobre 2,11 Mcal/kg de EM, siendo éste último valor más alto para la alfalfa con 2,3 Mcal/kg de EM (Tabla 3). Estos valores concuerdan con los entregados por la NRC (2007) para henos de alfalfa de distintas calidades en cuanto a MS y EM.

#### **6.1.1.2 Cenizas.**

El contenido de cenizas mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre la alfalfa y las dos quínoas, pero no entre estas últimas. Los valores fueron 10,7 - 17,1 y 16,2% para alfalfa, quínoa Mix y quínoa BO25, respectivamente. Estos resultados muestran un mayor contenido de cenizas para las quínoas por sobre la alfalfa (Tabla 3).

El contenido de cenizas de la alfalfa alcanza valores más altos que los reportados por NRC (2007) para henos de distintas calidades, que fluctúan entre 8 a 9%. Esto concuerda con los valores de cenizas de henos de alfalfa utilizados por López *et al.*, (1996), en un ensayo de digestibilidad con alpacas, que fluctuaron entre 7,9 a 9,2%.

Valores semejantes a los obtenidos en el presente estudio para heno de alfalfa, fueron los obtenidos por Robinson *et al.*, (2006), en un ensayo de digestibilidad y retención de nitrógeno en llamas y cabras, en donde utilizaron heno de alfalfa con 10,8% de cenizas.

En cuanto al contenido de cenizas de los henos de quínoa (17,1 y 16,2% para quínoa Mix y quínoa BO25 respectivamente), se consideran altos comparados a otros forrajes similares (NRC, 2007), pero concordantes a los valores que presentan las distintas chenopodiáceas utilizadas como forraje.

López *et al.*, (1996), evaluaron la digestibilidad aparente y consumo de una quínoa silvestre en alpacas (*Lama pacos*), conocida como “quinhuilla” (*Chenopodium album*), donde



obtuvieron valores para cenizas de 15,8%, valores que concuerdan con los obtenidos por las quínoas utilizadas en el presente estudio.

Ruiz *et al.*, (2003), evaluaron la aptitud forrajera de dos especies del género *Atriplex*, las cuales también pertenecen a la familia Chenopodiaceae, indicando valores muy altos de cenizas entre 25,2 a 28,9% para *A. nummularia* y *A. lampa* respectivamente.

Al respecto, Lailhacar *et al.*, (1993), al evaluar especies arbustivas del género *Atriplex* en el secano costero de la IV Región, indican valores de cenizas entre los 13,4 y 31,4% (*A. repanda* y *A. acanthocarpa* respectivamente), promediando para este género un 23 a 24% según época del año. Meneses y Squella (1996), reportan valores similares de cenizas para estas especies.

Al comparar estos valores de cenizas con los que presenta la estrata herbácea de la región, Torres (1999), evaluó el efecto de diferentes especies y procedencias forrajeras arbustivas del género *Atriplex* sobre el estrato herbáceo asociado, en cuanto a su composición botánica y calidad de forraje (*Erodium spp.*, *Medicago polymorpha*, *Oxalis micrantha*), reportando valores de cenizas promedio de 10,2%, y valores muy altos, cercanos al 20% para *Calandrinia coquimbensis*.

La quínoa presenta resistencia a varios factores adversos, incluidos heladas, salinidad de los suelos, altas temperaturas, alta insolación y resistencia a la sequía por nombrar las más importantes. Dentro de los mecanismos para contrarrestar estos factores, se puede mencionar el aumento de la concentración de cristales de oxalato de calcio alrededor de los estomas y sobre las hojas, los cuales provocan un mayor reflejo de la luz solar que permite no elevar la temperatura de la planta, y la mayor retención de humedad atmosférica en las hojas por parte de los cristales (Mujica *et al.*, 2001b). Esto, junto a la acumulación de nitratos, que se ven aumentados en plantas sometidas a condiciones de estrés (Gutiérrez *et al.*, 2004), afectan la cantidad de cenizas y reducen la calidad del forraje.

Los elevados valores de cenizas que presentan las chenopodiáceas, no serían limitantes serias para la utilización en la alimentación de caprinos en esta región, al considerarlos como un complemento al estrato herbáceo y no como un sustituto, donde los suelos ni las

aguas de bebida son salinos (Lailhacar *et al.*, 1993). Hay que considerar eso sí, que el mayor contenido de cenizas, principalmente como cloruro de sodio, incrementa el consumo de agua (Wilson y Dudzinki, 1973, citados por Meneses y Squella, 1996), hecho notorio principalmente en el caso de quínoa Mix, la que a su vez presentó la mayor cantidad de orina diaria producida por animal (Anexo 6), lo que podría ser una limitante en condiciones de semiaridez.

### **6.1.1.3 Proteína Cruda (PC).**

En cuanto al contenido de PC, la alfalfa presentó el mayor nivel de proteína (21,4%), seguido de la quínoa Mix (17,8%), no existiendo diferencias significativas entre ambos henos ( $p > 0,05$ ), siendo el menor nivel de proteína el que presentó la quínoa BO25 (11,5%), que presentó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con la alfalfa, y no así con la quínoa Mix (Tabla 3).

El contenido de PC de la alfalfa presentó valores más altos que los reportados por otros autores, que fluctúan entre 13 a 19% de PC para henos de alfalfa de distintos estados fenológicos (NRC, 2007), pero muy similares a los reportados por otros autores en estudios semejantes (López *et al.*, 1996; Robinson *et al.*, 2006).

En cuanto a los niveles de PC de los henos de quínoa, Mix presentó un 17,8% de PC, valor más alto que el presentado por BO25 (11,5%) (Tabla 3).

Estos valores se pueden considerar adecuados para este tipo de forraje, principalmente para quínoa Mix, considerando los valores que indica la NRC (2007) para distintos tipos de henos.

Bañuelos *et al.*, (1995), en un estudio de evaluación forrajera de quínoa en México, utilizaron 18 variedades de esta planta según grado de precocidad o maduración, obtuvieron valores de PC de 17,96 - 17,81 y 18,98% para variedades precoces, intermedias y tardías respectivamente, que concuerdan con los valores obtenidos en el presente ensayo, sobretodo, con los valores de PC del heno de quínoa Mix.

López *et al.*, (1996), reportaron valores de PC de 16,7% en heno de quinhuilla, cifra similar al heno de quínoa Mix.

Jasso *et al.*, (2002), obtuvieron valores de PC de forraje de quínoa, sometiéndolas a déficit de humedad en su desarrollo, entre 17,60 a 18,55% en etapa de panojamiento, y valores entre 15,01 a 16,95% en etapa de floración.

#### **6.1.1.4 Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).**

En cuanto al contenido de paredes celulares, se aprecia una tendencia a un mayor contenido de FDN para la quínoa BO25 (44,7%) por sobre la quínoa Mix y la alfalfa (37,7 y 36,4%, respectivamente), sin mostrar diferencias significativas entre ellas ( $p>0,05$ ). Los valores de FDN para la alfalfa son menores a los valores entregados para heno de alfalfa de inicio de floración (45% FDN) según NRC (2007), y de 50% de FDN informados por Meneses y Flores (1999); pero similares a los valores reportados para este heno en estudios realizados en la IV Región (Olivares, 2001).

En cuanto a los valores de FDN de la quínoa, López *et al.*, (1996), reportan valores de 49,6% FDN para heno de quinhuilla, valores muy similares a los encontrados para quínoa BO25, y muy superiores a quínoa Mix.

Este parámetro indica el estado fibroso del pasto, confirmando la inferioridad del heno de quínoa BO25 que es el que presenta el valor más alto, sumando a esto su bajo contenido proteico (Tabla 3).

La fibra detergente ácida (FDA) no mostró diferencias significativas entre los tres forrajes ( $p>0,05$ ), siendo de 30,5, 26,7 y 29,3% para alfalfa, quínoa Mix y quínoa BO25 respectivamente (Tabla 3).

Estos valores concuerdan con los descritos para alfalfa en estudios realizados en ésta zona (Martinoli, 2001; Olivares, 2001), y más bajos a los obtenidos por Meneses y Flores (1999), en la zona sur de la región, y a los indicados para estos forrajes por la NRC (2007). Al respecto, López *et al.*, (1996), indican valores de FDA de 32,4% para heno de quinhuilla, similares a los de la quínoa.

#### **6.1.1.5 Hemicelulosa (HEMI).**

En relación a la hemicelulosa, los valores obtenidos fueron de 5,8 - 11,0 y 15,3% para la alfalfa, quínoa Mix y quínoa BO25, respectivamente. El análisis estadístico mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) de ambas quínoas con la alfalfa, pero no entre ellas (Tabla 3).

Estos resultados muestran una tendencia similar a la FDN (aumento en el contenido de hemicelulosa en orden creciente para alfalfa, quínoa Mix y quínoa BO25), que explicaría el mayor contenido de FDN de la quínoa por sobre la alfalfa, pese a presentar niveles similares en cuanto a celulosa y lignina. Esto cobra mucha importancia considerando que la hemicelulosa posee una mayor digestibilidad en relación a los otros carbohidratos estructurales (Tabla 3, Tabla 7, gráfico 6).

Los valores de hemicelulosa de la alfalfa son más bajos a los reportados por López *et al.*, (1996) para henos de 1°, 3° y 4° corte (9,4 - 8,8 y 6,6%, respectivamente). En el caso de la quínoa, ambas variedades presentan también valores más bajos a los de la quihuilla (17,2%) informado por estos autores.

#### **6.1.1.6 Celulosa y Lignina.**

Estos dos componentes de las paredes celulares, no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tres forrajes utilizados. En cuanto a la celulosa, presentó concentraciones de 22,8; 18,9 y 21,2%, y para lignina de 7,9; 7,7 y 8,0% en alfalfa, quínoa Mix y quínoa BO25, respectivamente (Tabla 3).

Estos valores son muy similares a los informados para la alfalfa por Olivares (2001), para celulosa y lignina (20 y 7%), respectivamente, pero más bajos a los que presenta *Acacia saligna* (sobre 25% y sobre 11%) para celulosa y lignina respectivamente (Martinoli, 2001; Olivares, 2001).

Al comparar estos resultados con quihuilla, López *et al.*, (1996), indican valores para celulosa de 24,8%, y para lignina de 6,6%.

Se podría resumir con la evaluación de los henos, considerando sólo el análisis químico proximal, que el heno de menor calidad sería el de quínoa BO25 (bajo contenido de PC, altos niveles de cenizas y de paredes celulares), seguido del de quínoa Mix y la alfalfa en orden creciente.

La mejor calidad de la quínoa Mix, comparada con la quínoa BO25, podría explicarse en el origen de estos ecotipos. La quínoa Mix, proveniente del altiplano chileno, al ser establecida en una zona de características geográficas y climáticas muy similar a la de su origen - en cuanto a cantidad de precipitaciones (200 mm), humedad, e incluso, de altitud (1800 msnm) - presentó un crecimiento y desarrollo sin factores de estrés, sumado a esto un fotoperiodo muy distinto, con el consiguiente retardo en su maduración. Todo lo contrario ocurrió con el ecotipo “sureño” BO25, que al pasar de una zona de condiciones ambientales y fotoperiodo diferentes al del centro-norte de Chile, sí sufrió condiciones de estrés, acortando su ciclo normal de desarrollo, produciéndose cambios en sus características morfológicas (fenotípicas), y por ende, de un cambio en su composición química (Martínez, comunicación personal<sup>5</sup>; Mujica *et al.*, 2001b).

Esta diferencia en calidad, también podría explicarse por la gran variabilidad genética que presenta la quínoa. A diferencia de los cereales (poaceae), la quínoa es una planta dicotiledónea, allotetraploide ( $2n=4x=36$ ), lo que explica su alta variabilidad genotípica (Bhargava *et al.*, 2006; Del Castillo *et al.*, 2008). Quínoa Mix, proviene del altiplano chileno, y es una planta morfológicamente muy distinta a la quínoa BO25 que proviene del sur de Chile, en cuanto a la altura de la planta, precocidad y proporción tallo/hojas, lo que podría explicar la diferencia en la composición nutricional.

---

<sup>5</sup> Enrique Martínez M., Doctor en Ecología Funcional Pontificia Universidad Católica de Chile, Biólogo Marino Universidad de Concepción, Investigador CEAZA-Universidad de La Serena.

### 6.1.2 Composición química comparativa entre lo ofrecido y rechazado.

La composición química de los forrajes, comparados con sus respectivos rechazos (sobras), respecto de MS, PC, MSD, FDN y FDA, se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Composición química (%) de dietas y sobras de los tres forrajes empleados en el ensayo de digestibilidad *in vivo* en caprinos (valores promedios; base seca).

	Heno de Alfalfa		H. de Quínoa Mix		H. de Quínoa BO25	
	Ofrecido	Sobras	Ofrecido	Sobras	Ofrecido	Sobras
<b>MS</b>	87,7	84,4	87,9	86,6	87,4	86,8
<b>PC</b>	21,4	14,9	17,8	19,6	11,5	13,5
<b>MSD</b>	72,9	59,3	73,2	75,2	71,5	72,8
<b>FDN</b>	36,4	51,1	37,7	38,2	44,7	40,5
<b>FDA</b>	30,5	43,2	26,7	26,3	29,3	25,4

MS= Materia Seca; PC= Proteína Cruda; MSD= Materia Seca Digestible; FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Ácido.

La evaluación del valor nutritivo indica que el heno de alfalfa rechazado fue de menor calidad nutritiva que el del ofrecido, principalmente en el menor contenido de PC y MSD, y el mayor nivel de FDN y FDA (Tabla 4).

En el caso de la quínoa, para ambas variedades, la composición química del forraje rechazado fue muy similar al del ofrecido, incluso hay un leve aumento en el contenido de PC, MSD, para ambos forrajes, y una pequeña disminución en el contenido de FDN y FDA para la quínoa BO25 (Tabla 4).

Estos resultados indicarían que los animales seleccionaron el alimento a consumir, dejando en el caso de la alfalfa, los residuos de menor calidad nutritiva (paja, tallos, hojas en mal estado), y a diferencia de las quínoas, que fue un residuo en composición muy similar a lo ofrecido (Tabla 4), lo cual indicaría que fue un alimento menos palatable y de menor calidad, y por lo tanto rechazado, que podría explicarse en parte por factores antinutricionales que se describen para esta especie, como oxalatos, nitratos y principalmente de saponinas, las cuales poseen un fuerte sabor amargo, y estarían presente

incluso en tallos y hojas en etapas fenológicas previas a la maduración de la semilla (Fontúrbel, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2004).

Lo anterior se corrobora con el mayor rechazo de las quínoas por parte de los animales utilizados en el ensayo, lo cual se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Cantidad de Alimento ofrecido y rechazos diarios base materia seca (g) de tres forrajes utilizados en el ensayo de digestibilidad *in vivo* en caprinos (valores promedios  $\pm$  d.s, n=9).

	<b>Heno de Alfalfa</b>	<b>H. de Quínoa Mix</b>	<b>H. de Quínoa BO25</b>
<b>Ofrecido (g)</b>	671,9 $\pm$ 107	648,9 $\pm$ 105,3	641,9 $\pm$ 165,4
<b>Rechazado (g)</b>	27,1 $\pm$ 22,3 <sup>a</sup>	87,5 $\pm$ 81,5 <sup>a,b</sup>	110,9 $\pm$ 61,3 <sup>b</sup>
<b>% rechazo</b>	4,5 <sup>a</sup>	14,4 <sup>a,b</sup>	20,5 <sup>b</sup>

Letras distintas (a,b) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) dentro de las filas.

El mayor rechazo de alimento fue para la quínoa BO25 (110,9 g/día) que representa un 20,5% del total de lo ofrecido; seguido de la quínoa Mix (87,5 g/día) con un 14,4% de lo ofrecido, y del heno de alfalfa (27,1 g/día) con un 4,5% de lo ofrecido. El porcentaje de rechazo fue diferente ( $p \leq 0,05$ ) entre el heno de alfalfa y la quínoa BO25, pero no significativo ( $p > 0,05$ ) con la quínoa Mix (Tabla 5).

Hay que considerar también, que el forraje de ambas quínoas estuvo almacenado aproximadamente un año en dependencias de la Universidad de La Serena, a diferencia del heno de alfalfa, que fue un forraje hecho poco tiempo antes de la evaluación con los caprinos, por lo cual se esperaba un deterioro fisicoquímico de los fardos, y por ende, de una disminución en su calidad nutricional. Lo anterior, sumado a los factores antinutricionales y a la composición nutricional de la quínoa, afectó en gran medida su consumo y el consiguiente mayor rechazo de este forraje.

## 6.2 CONSUMO DE ALIMENTO.

El consumo diario de materia seca expresada en gramos (g) de alimento, porcentaje del peso vivo P.V (kg MS/100 kg PV/d) y en relación con el peso metabólico (g MS/kg<sup>0,75</sup>/d) de los días correspondientes al período experimental, se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6:** Consumo de alimento diario base materia seca (g, kg/100 kg PV y g/kg<sup>0,75</sup>) de tres forrajes utilizados en el ensayo de digestibilidad *in vivo* en caprinos (valores promedios  $\pm$  d.s; n=9).

	Heno de Alfalfa	Heno Quínoa Mix	Heno Quínoa BO25
<b>Consumo (g)</b>	645 $\pm$ 123	553 $\pm$ 154	536 $\pm$ 221
<b>% P.V</b>	4,4 $\pm$ 0,3	4,1 $\pm$ 1,0	3,6 $\pm$ 0,7
<b>P.M*</b>	85,6 $\pm$ 6,5	77,7 $\pm$ 18,4	70,2 $\pm$ 17,5

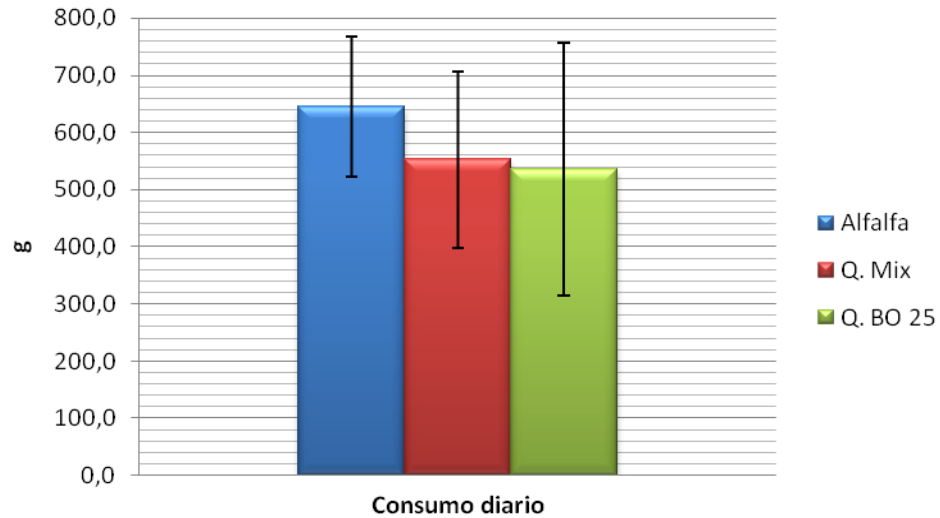
\*P.M= Peso metabólico (kg<sup>0,75</sup>).

P.V= Peso vivo.

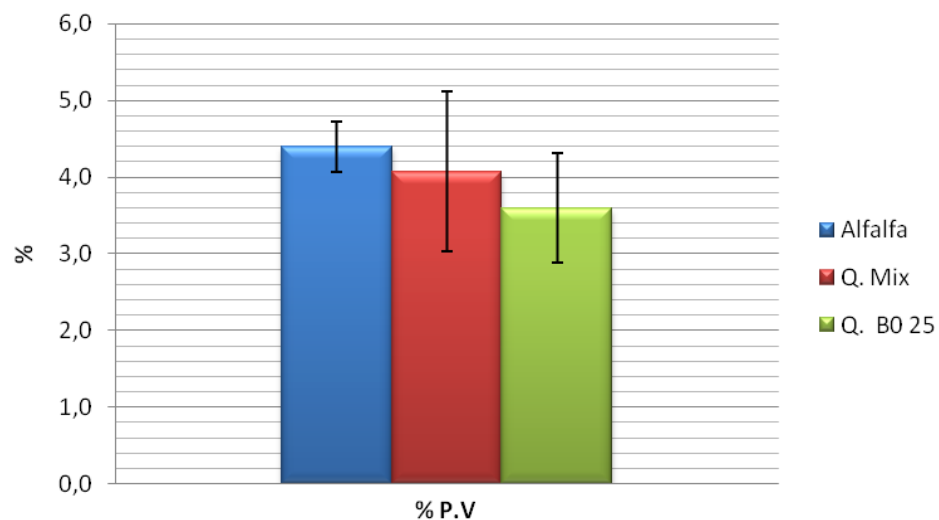
El consumo voluntario de estos forrajes no presentó diferencias ( $p>0,05$ ) en todas las formas de expresión calculadas para cada forraje. Se presentó una tendencia a un mayor consumo de heno de alfalfa, seguido en orden decreciente por el heno de quínoa Mix y del heno de quínoa BO25, con valores promedios diarios de 645, 553, 536 g, porcentaje peso vivo de 4,4 - 4,1 - 3,6%, y en relación al peso metabólico de 85,6 - 77,7 - 70,2 g/kg<sup>0,75</sup>, respectivamente (Tabla 6, gráfico 1, gráfico 2 y gráfico 3).



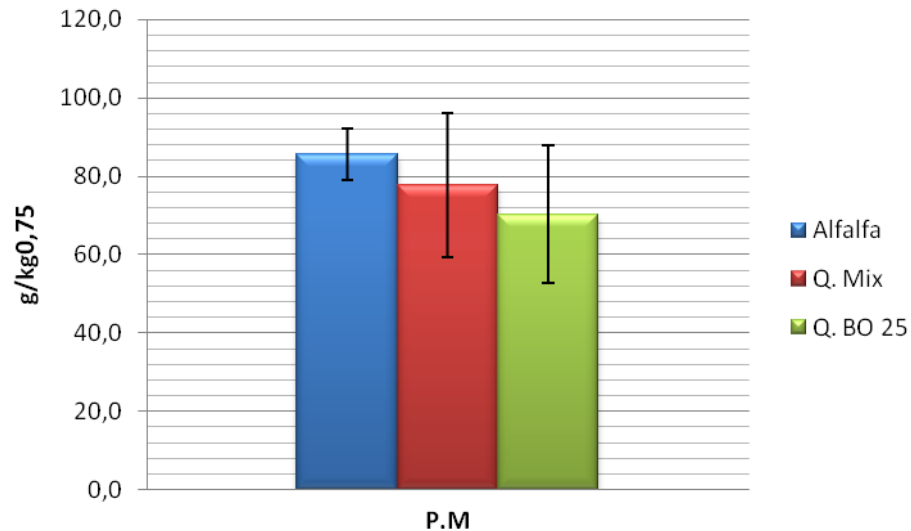
**Gráfico 1:** Consumo de alimento diario base materia seca expresado en gramos (g) de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s).



**Gráfico 2:** Consumo de alimento diario base materia seca expresado en % P.V de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s).



**Gráfico 3:** Consumo de alimento diario base materia seca expresado en  $\text{g/kg}^{0,75}$  de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s).



El consumo voluntario en relación a la ingesta diaria de MS, tanto para la alfalfa (645 g), quínoa Mix (553 g) y quínoa BO25 (536 g), concuerda con los valores entregados por la NRC (2007) para caprinos de 15 kg de peso para manutención (540 g), incluso para lograr ganancias de peso entre 25 a 100 g/d (450 a 590 g) (Tabla 6, gráfico 1).

En cuanto al consumo voluntario en relación al peso vivo (PV), tanto para la alfalfa (4,4%), quínoa Mix (4,1%) y quínoa BO25 (3,6%), también concuerdan con los valores entregados por la NRC (2007) para caprinos de 15 kg de peso tanto para manutención (3,58%), como para ganancias de peso entre 25 a 100 g/d (2,97 y 3,96%) (Tabla 6, gráfico 2).

En hembras de reemplazo de entre 12 a 17 kg peso, alimentadas con raciones basadas en alfalfa en la región, Ruilova (1998) obtuvo consumos de MS entre 519 a 949 g/día.

Meneses y Flores (1999), indican consumos diarios MS de *Acacia saligna*, como suplemento post pastoreo en crías de reemplazo (20 kg peso vivo), de 0,320 kg, los cuales son inferiores a los de este estudio.

López *et al.*, (1996), obtuvieron consumos de forrajes inferiores al 2% del peso vivo/d en alpacas para heno de alfalfa y heno de quihuilla. Expresados por unidad de tamaño

metabólico, el consumo base seco alcanzó valores entre 48,6 a 54,6 g/kg<sup>0,75</sup> de alfalfa, y de 37,6 g/kg<sup>0,75</sup> para la quihuilla.

Álvarez *et al.*, (2005), utilizando caprinos adultos castrados de 58 kg peso vivo promedio, en un ensayo de digestibilidad en jaulas metabólicas, reportan consumos diarios de MS de 338 g/animal/d de *Atriplex halimus*, y expresados en relación al peso metabólico (PM), indican consumos de 17 g/kg<sup>0,75</sup> de *Atriplex*.

Nouel *et al.*, (2006), utilizando cabras criollas en confinamiento, con peso promedio de 20,5 kg, y con dietas basadas en paja de arroz amonificada y distintos niveles de inclusión de leguminosas arbóreas (*Acacia ssp.* y *Leucaena leucocephala*), indican consumos de MS entre 1050 y 882 g/animal/día, respectivamente, y consumos entre 92 y 110 g/kg<sup>0,75</sup> de MS.

En relación al peso metabólico (PM), Robinson *et al.*, (2006), obtuvieron consumos en caprinos, de 61,6 g/kg<sup>0,75</sup> de heno de alfalfa y 31,0 g/kg<sup>0,75</sup> de heno de planta C<sub>3</sub> (*Festuca arundinacea*), los cuales son menores a los reportados en este estudio tanto para alfalfa (85,6 g/kg<sup>0,75</sup>) y de quínoa, que también es una planta C<sub>3</sub>, con 77,7 y 70,2 g/kg<sup>0,75</sup> para quínoa Mix y BO25, respectivamente.

El menor consumo de la quínoa (Tabla 6), estaría dado por la menor calidad nutricional de estos forrajes en comparación con la alfalfa, en cuanto al menor contenido proteico, mayor contenido de cenizas y paredes celulares, principalmente en el ecotipo BO25. Lo anterior, junto a una menor palatabilidad producto de los factores antinutricionales mencionados en el ítem anterior, principalmente de saponinas (Fontúrbel, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2004), y al mayor contenido de fibra del alimento, el cual aumenta el tiempo de rumia y de digestión (McDonald *et al.*, 2006), hacen que disminuya como consecuencia, la ingesta diaria de alimentos.

### 6.3 DIGESTIBILIDADES APARENTES.

**Tabla 7:** Digestibilidades aparentes (%) de las principales fracciones nutritivas presentes en los tres forrajes evaluados en el estudio (valores promedios  $\pm$  d.s, n=9).

	<b>Heno de Alfalfa</b>	<b>Heno Quínoa Mix</b>	<b>Heno Quínoa BO25</b>
<b>MS</b>	70,1 $\pm$ 3,3	71,5 $\pm$ 5,8	67,3 $\pm$ 6,1
<b>PC</b>	83,5 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	78,3 $\pm$ 4,4 <sup>b</sup>	71,2 $\pm$ 5,4 <sup>c</sup>
<b>FDN</b>	49,3 $\pm$ 5,7 <sup>a</sup>	62,3 $\pm$ 7,7 <sup>b</sup>	57,3 $\pm$ 8,0 <sup>a,b</sup>
<b>FDA</b>	51,1 $\pm$ 5,5	46,7 $\pm$ 10,8	50,0 $\pm$ 9,4
<b>HEMI</b>	39,6 $\pm$ 6,8 <sup>a</sup>	73,8 $\pm$ 5,3 <sup>b</sup>	71,3 $\pm$ 5,4 <sup>b</sup>
<b>CELU</b>	57,5 $\pm$ 4,8	63,0 $\pm$ 7,5	56,4 $\pm$ 8,2

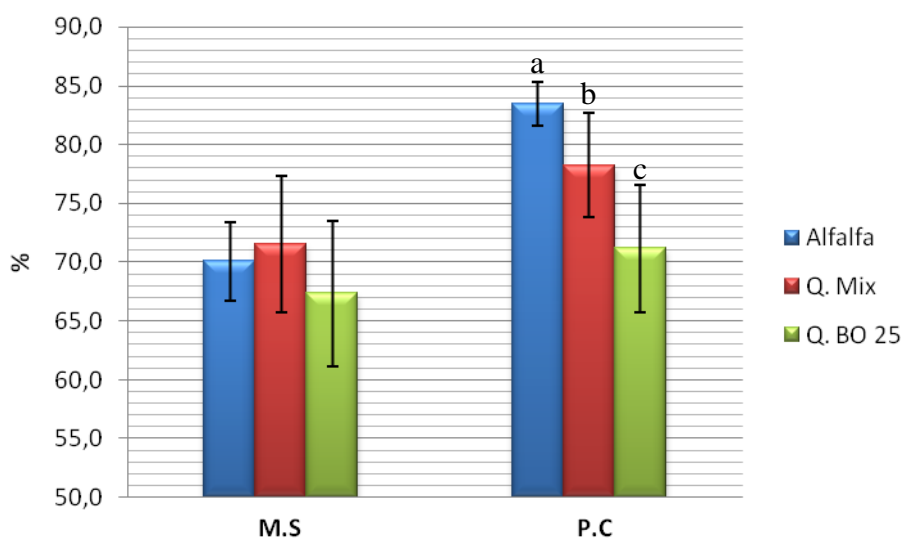
Letras distintas (a,b,c) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) dentro de las filas.

La digestibilidad de la MS en los tres forrajes estudiados fue similar ( $p > 0,05$ ) y fue de: 70,1% para la alfalfa; 71,5% quínoa Mix, y 67,3% quínoa BO25 (Tabla 7, gráfico 4).

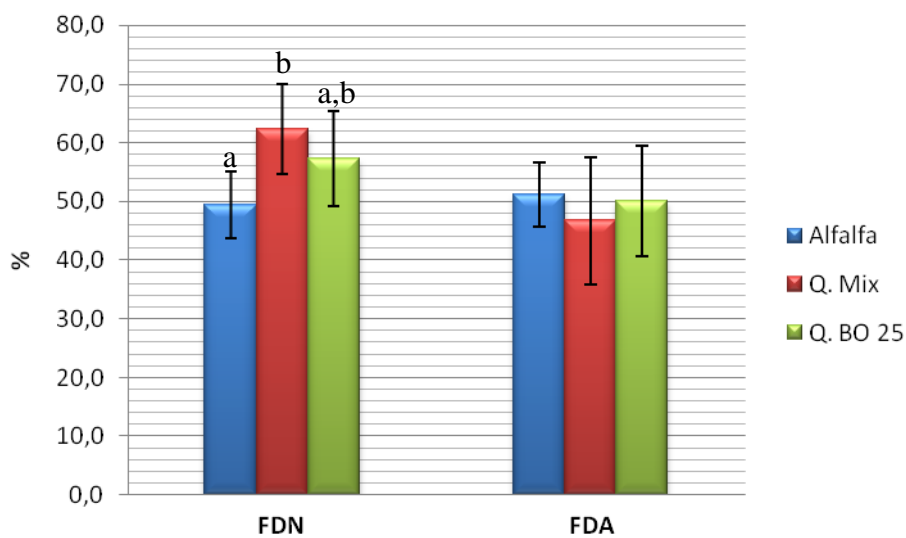
La digestibilidad de la PC presentó diferencias significativas entre los tres forrajes estudiados ( $p \leq 0,05$ ), siendo mayor en el heno de alfalfa (83,5%), seguidos en orden decreciente por el heno de quínoa Mix (78,3%) y el heno de quínoa BO25 (71,2%) (Tabla 7, gráfico 4).

En el caso a la digestibilidad de la FDN, se pudo observar que el mayor coeficiente de digestibilidad lo presentó el heno de quínoa Mix (62,3%), seguido del heno de quínoa BO25 (57,3%), no siendo significativas las diferencias entre ellos ( $p > 0,05$ ), y la menor digestibilidad de la FDN la presentó el heno de alfalfa (49,3%), la que no es diferente ( $p > 0,05$ ) de la quínoa BO25, pero sí con la quínoa Mix ( $p \leq 0,05$ ) (Tabla 7, gráfico 5).

**Gráfico 4:** Digestibilidades aparentes (%) de MS y PC de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s).

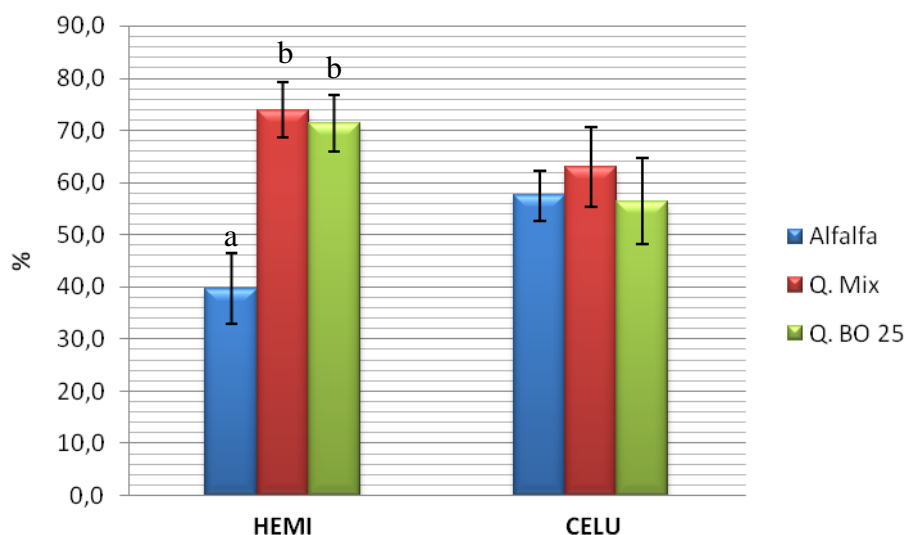


**Gráfico 5:** Digestibilidades aparentes (%) de FDN y FDA de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s).



En cuanto a la digestibilidad de la FDA (51,1% alfalfa, 46,7% quínoa Mix y 50,0% quínoa BO25), no se observan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tres forrajes (Tabla 7, gráfico 5).

**Gráfico 6:** Digestibilidades aparentes (%) de HEMI y CELU de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s).



Con respecto a la digestibilidad de la hemicelulosa, se puede observar que las mejores digestibilidades se presentaron en los henos de quínoa Mix (73,8%) y BO25 (71,3%), no existiendo diferencias ( $p>0,05$ ) entre ellas. El heno de alfalfa es el que presentó la menor digestibilidad (39,6%), siendo significativa ( $p\leq 0,05$ ) su diferencia con los henos de quínoa Mix y BO25 (Tabla 7, gráfico 6).

La digestibilidad de la celulosa mostró tendencia a ser mayor en el heno de quínoa Mix (63,0%), seguido del heno de alfalfa (57,5%) y del heno de quínoa BO25 (56,4%), sin presentar diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre ellos (Tabla 7, gráfico 6).

En alpacas estabuladas y alimentadas con heno de quinhuilla, López *et al.*, (1996), obtuvieron digestibilidades para MS (67,4%), PC (73,8%), FDN (60,3%), FDA (55,0%), HEMI (70,3%) y CELU (64,9%), los que resultan muy similares a los obtenidos en este trabajo por los caprinos. Álvarez *et al.*, (2005) indican coeficientes de digestibilidad en caprinos para materia seca (CDMS) y proteína bruta (CDPB) de 37,7% y 34,1% respectivamente para *Atriplex*.

Nouel *et al.*, (2006), reportan en caprinos alimentados con raciones que incluyeron follaje de especies leguminosas arbóreas tropicales (*Acacia ssp.* y *Leucena leucocephala*), valores de digestibilidad aparente para materia seca (MS) entre 76,9 a 82,7%, de 74,6 a 79,9% para FDN, de 67,4 a 80,3% para FDA, y entre 77,8 a 94,35% para hemicelulosa. Los autores atribuyen las altas digestibilidades al bajo nivel de factores antinutricionales (taninos, alcaloides y saponinas) y al efecto por el proceso de secado al sol del forraje.

Robinson *et al.*, (2006), obtuvieron en caprinos, digestibilidades de la materia seca (CDMS) de 68,9% y 64,5% para alfalfa y Festuca (C<sub>3</sub>), los cuales son levemente inferiores comparados a los obtenidos en este ensayo para alfalfa (70,1%) y para la quínoa Mix (71,5%) y quínoa BO25 (67,3%).

#### 6.4 BALANCE DE NITRÓGENO.

**Tabla 8:** Balance de nitrógeno (g-N/d) y energía de la orina (Mcal/kg P.V/24hrs) de los tres forrajes evaluados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s, n=9).

	Heno de Alfalfa	Heno quínoa Mix	Heno quínoa BO25
<b>Consumo g/d</b>	22,1 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>	15,7 $\pm$ 4,4 <sup>b</sup>	9,8 $\pm$ 4,1 <sup>c</sup>
<b>Heces g/d</b>	3,7 $\pm$ 0,9	3,5 $\pm$ 1,3	2,7 $\pm$ 0,9
<b>Orina g/d</b>	6,5 $\pm$ 2,6 <sup>a,b</sup>	7,7 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 2,4 <sup>b</sup>
<b>Retención g/d</b>	11,9 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	4,5 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>	3,1 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>
<b>N retenido/N consumido %</b>	53,8 $\pm$ 6,6 <sup>a</sup>	28,7 $\pm$ 12,2 <sup>b</sup>	31,6 $\pm$ 10,6 <sup>b</sup>
<b>Mp (Mcal/kg P.V/d)</b>	0,08 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,14 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	0,08 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>

Letras distintas (a,b,c) indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) dentro de las filas.

Mp (Mcal/kg P.V./d): Energía de la orina producto de la oxidación incompleta de las proteínas, estimada a partir de la concentración de urea según la metodología descrita por Cortés (1985) para pequeños mamíferos.

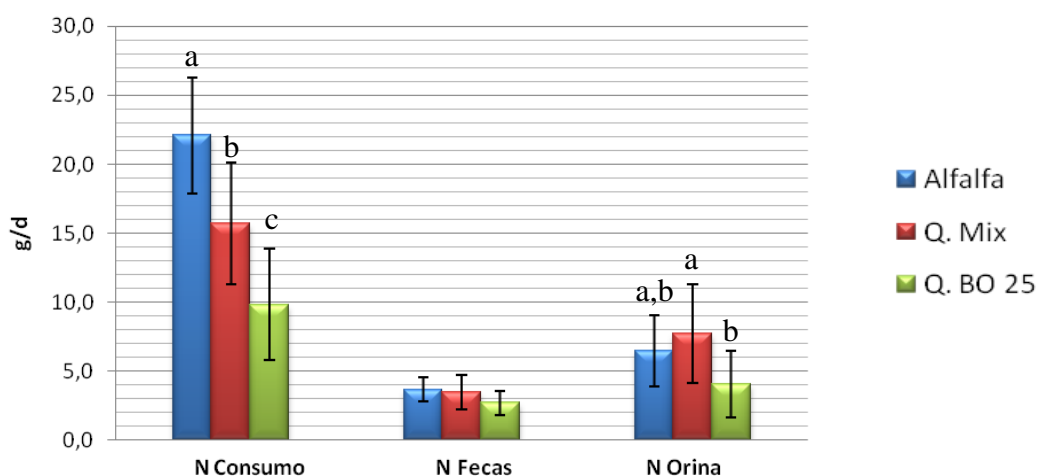
El consumo de nitrógeno diario presentó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los tres forrajes evaluados (22,1 g/d alfalfa, 15,7 g/d Mix y 9,8 g/d BO25) (Tabla 8, gráfico 7).

La excreción de nitrógeno fecal, no mostró diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los tres forrajes (3,7 g/d alfalfa, 3,5 g/d Mix y 2,7 g/d BO25) (Tabla 8, gráfico 7).

El contenido de nitrógeno urinario fue más alto para el heno de quínoa Mix (7,7 g/d), seguido del heno de alfalfa (6,5 g/d), no existiendo diferencias significativas entre ambos ( $p>0,05$ ). El menor contenido de nitrógeno urinario lo presentó el heno de quínoa BO25 (4,1 g/d), que fue diferente ( $p\leq 0,05$ ) con el heno de quínoa Mix, y similar al del heno de alfalfa ( $p>0,05$ ) (Tabla 8, gráfico 7).

Estas pérdidas urinarias provienen principalmente de los alimentos, pero siempre existe una fracción originada en el cuerpo, llamado nitrógeno urinario endógeno (Maynard *et al.*, 1981).

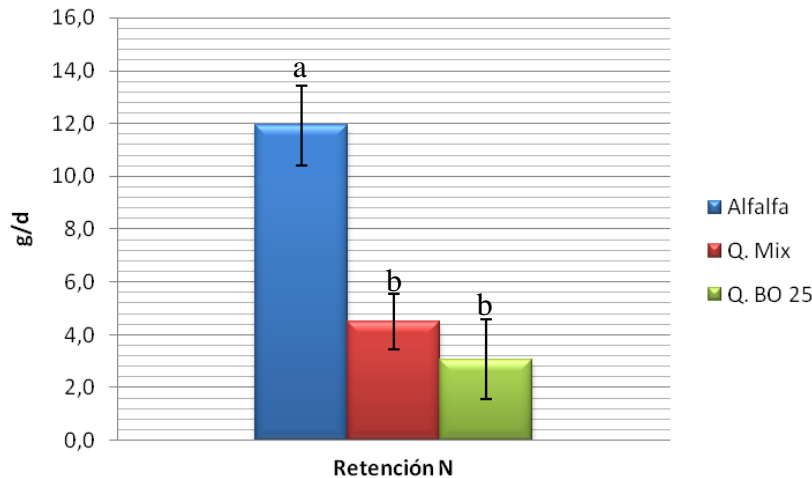
**Gráfico 7:** Gramos de N del alimento consumido, de fecas y de orina de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s, n=9).



En relación con la retención de nitrógeno, se observa que el heno de alfalfa presentó la mayor retención (11,9 g/d), y superior al de quínoa Mix (4,5 g/d) y la quínoa BO25 (3,1 g/d) ( $p\leq 0,05$ ). En cuanto a estas últimas, la quínoa Mix presentó tendencia a una retención más alta que la quínoa BO25, pero sin evidenciar diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre ellas (Tabla 8, gráfico 8).



**Gráfico 8:** Retención de N (N consumo – N fecas – N orina) de los tres forrajes utilizados en el ensayo (valores promedios  $\pm$  d.s, n=9).



Robinson *et al.*, (2006), reportan en caprinos, una ingesta de nitrógeno diaria de 39,7 g/d para heno de alfalfa y de 10,1 g/d para el heno de festuca. Los valores de la ingesta de N reportados por estos autores son muy superiores a los encontrados en este estudio para la alfalfa, que presento una ingesta de 22,1 g/d, no así para ambas quínoas, donde la quínoa BO25 tuvo una ingesta de N de 9,8 g/d, muy similar a la festuca, y la quínoa Mix con 15,7 g/d, superior a lo reportados para plantas C<sub>3</sub>.

En cuanto a la retención de N, Robinson *et al.*, (2006), indican valores de 11,7 y 2,9 g/d para alfalfa y festuca respectivamente; valores muy parecidos a los encontrados en este trabajo para alfalfa (11,9 g/d), y superiores para las quínoas sobre la festuca (4,5 y 3,1 g/d para quínoa Mix y BO25 respectivamente).

En machos enteros mestizos Venezolanos (Raza Alpina Francesa y Criolla) entre 26 y 35,5 kg peso vivo, García *et al.*, (1987), reportan valores de balance de nitrógeno para tres tipos de dietas isenergéticas con distintas proporciones de ingredientes (melaza, harinas de yuca y de algodón, y bagacillo de caña) y distinto contenido proteico (6,23 – 8,18 y 9,57% PC), de -0,2; 2,3 y 4,8 g-N/d/animal, respectivamente, siendo estos dos últimos valores similares a los presentados por las quínoas, y muy inferiores a la alfalfa.

El mayor valor del balance de nitrógeno, en los animales alimentados con alfalfa por sobre la quínoa, se explicaría por la mejor calidad nutricional de este forraje, principalmente por su mayor contenido de PC, mayor consumo y digestibilidad de este nutriente, lo cual está relacionado con los pesos vivos y ganancias de peso de los animales (Tabla 9).

Con las muestras de orina obtenidas, se aprovechó de estimar el contenido de energía urinaria. La orina contiene energía, lo que constituye una pérdida más de aquella consumida por los animales, la que representa del orden del 4 a 5% de la energía bruta consumida en bovinos, siendo estas pérdidas resultantes de la excreción de productos nitrogenados oxidados en forma incompleta, principalmente de urea (Cortés, 1985; Maynard *et al.*, 1981).

En relación a la estimación de la pérdida energética en la orina, se obtuvieron valores de 0,08; 0,14 y 0,08 Mcal/kg P.V/día para alfalfa, Mix y BO25, respectivamente, presentando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) de la quínoa Mix con la alfalfa y BO25, pero no entre estas últimas (Tabla 8).

En cambio, Maynard *et al.*, (1981), con trabajos de varios autores, indican pérdidas de energía en la orina de 0,196 y 0,042 Mcal/kg/MS para un alimento de buena calidad (heno de soya) y uno de baja calidad (paja de soya) respectivamente, explicando la menor pérdida urinaria de la paja respecto del heno por su menor contenido de proteína, nutriente que se oxida en forma menos completa en el metabolismo que en la bomba calorimétrica.

## 6.5 PESOS VIVOS Y GANANCIA DE PESO.

Se realizaron evaluaciones de peso vivo y de condición corporal al inicio y final de cada período experimental para cada animal. Los resultados promedios para cada tratamiento se muestran en la Tabla 9.

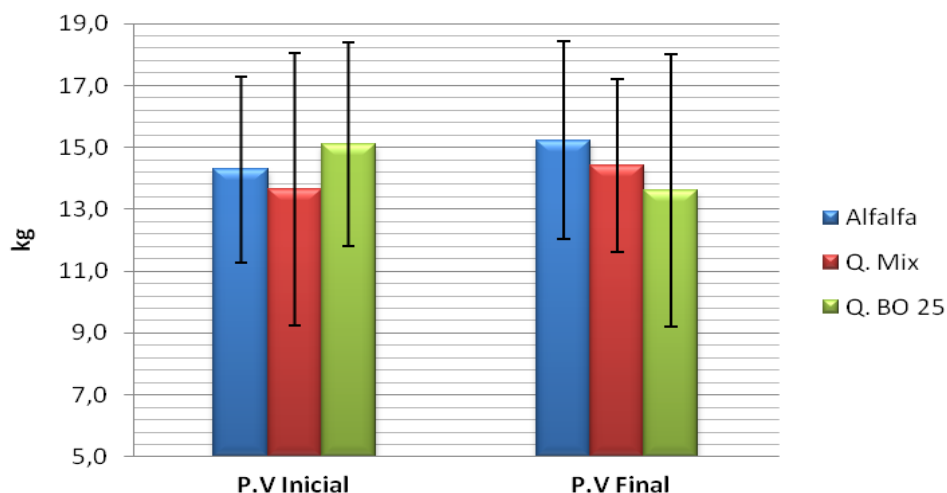
**Tabla 9:** Pesos vivos inicial y final de cada tratamiento (kg), pesos vivos promedios por cada período experimental (kg), ganancia de peso total en el período (kg) y ganancia diaria de peso (g), y condición corporal (valores promedios  $\pm$  d.s, n=9).

	<b>Heno de alfalfa</b>	<b>Heno quínoa Mix</b>	<b>Heno quínoa BO 25</b>
<b>PV inicial (kg)</b>	14,3 $\pm$ 3,0	13,6 $\pm$ 4,4	15,1 $\pm$ 3,3
<b>PV final (kg)</b>	15,2 $\pm$ 3,2	14,4 $\pm$ 2,8	13,6 $\pm$ 4,4
<b>PV Promedio (kg)</b>	14,8 $\pm$ 3,1	14,0 $\pm$ 3,6	14,4 $\pm$ 3,9
<b>GTP (kg)</b>	0,9 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	0,8 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	-1,5 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>
<b>GDP(g/d)</b>	67 $\pm$ 48 <sup>a</sup>	56 $\pm$ 139 <sup>a</sup>	-107 $\pm$ 89 <sup>b</sup>
<b>CC inicio</b>	2,6 $\pm$ 0,4 <sup>a,b</sup>	2,3 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	3,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>
<b>CC final</b>	3,0 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	2,8 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	2,2 $\pm$ 0,6 <sup>b</sup>
<b>CC Promedio</b>	2,8 $\pm$ 0,2	2,5 $\pm$ 0,3	2,6 $\pm$ 0,3

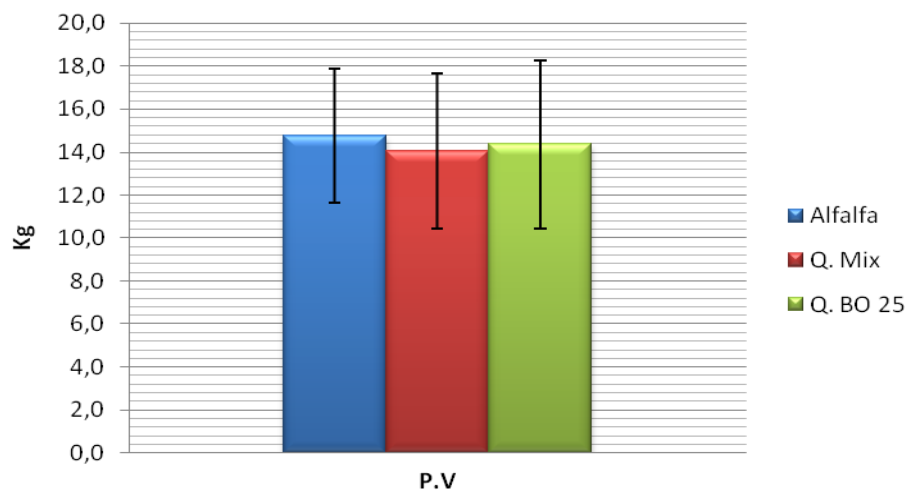
Letras distintas (a,b) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) dentro de las filas. PV= Peso Vivo; GTP= Ganancia Total de Peso; GDP= Ganancia Diaria de Peso; CC= Condición Corporal

El peso vivo promedio no mostró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con el consumo de los tres forrajes y fue de 14,8; 14,0 y 14,4 kg para alfalfa, Mix y BO25, respectivamente (Tabla 9, gráfico 10), aunque hay que mencionar que con el heno de quínoa BO25 hubo una tendencia a la disminución del peso promedio entre inicio y final del tratamiento (Tabla 9, gráfico 11, gráfico 12).

**Gráfico 9:** Pesos vivos promedio al inicio y final de cada tratamiento (valores promedios  $\pm$  d.s).



**Gráfico 10:** Pesos vivos en cada tratamiento del ensayo expresados en kg (valores promedios  $\pm$  d.s).

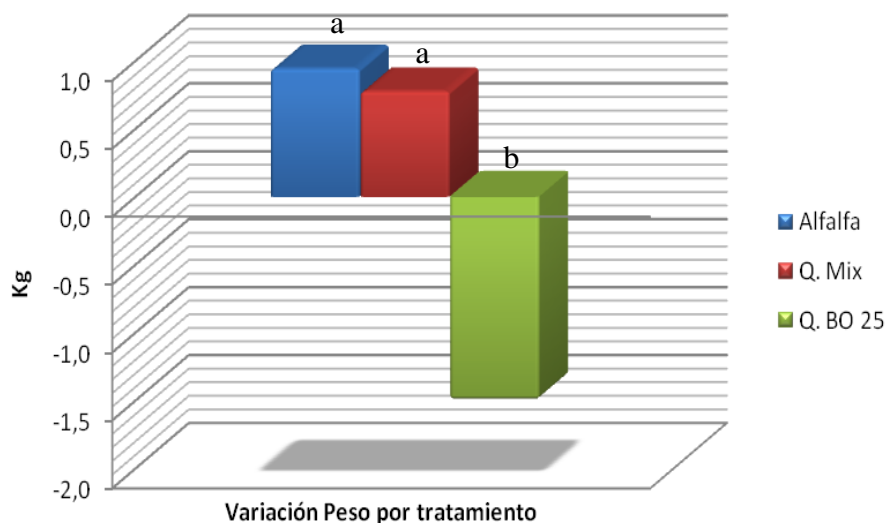


### 6.5.1 Ganancia de peso.

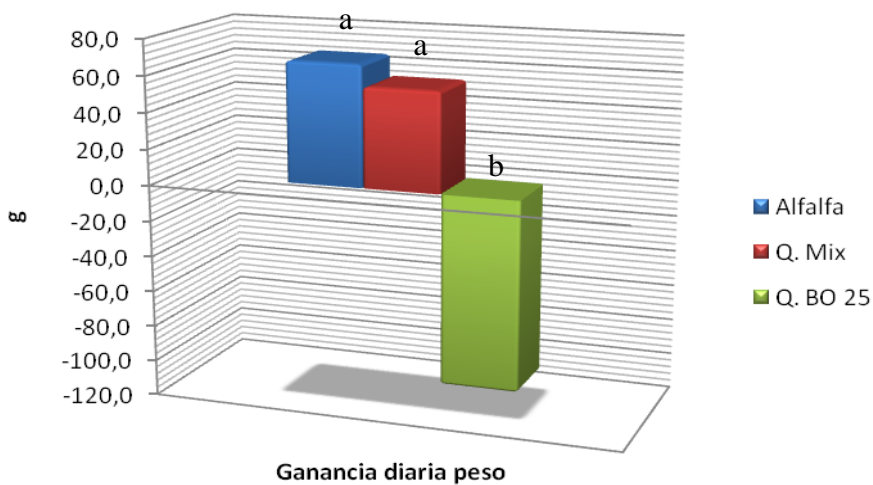
En cuanto a la ganancia de peso, en sus dos formas de expresión (GTP y GDP), siguió la misma tendencia, con ganancias positivas para alfalfa (0,9 kg GTP y 67 g/d GDP) y quínoa Mix (0,8 kg GTP y 56 g/d GDP) sin mostrar diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ellas. La quínoa BO25 tuvo ganancias negativas (-1,5 kg GTP y -107 g/d GDP), valores

estadísticamente significativos ( $p \leq 0,05$ ) en comparación a la alfalfa y quínoa Mix (Tabla 9, gráfico 11, gráfico 12).

**Gráfico 11:** Ganancia de peso (kg) en cada tratamiento (valores promedios  $\pm$  d.s).



**Gráfico 12:** Ganancia de peso diaria (g) en cada tratamiento (valores promedios  $\pm$  d.s).



Las ganancias de peso, diarias y totales en el período, están relacionadas con la ingesta diaria de MS, valores que concuerdan para alfalfa y quínoa Mix (645 g/día ingesta MS y 67 g/día ganancia de peso; y 553 g/día ingesta MS y 56 g/día ganancia de peso,

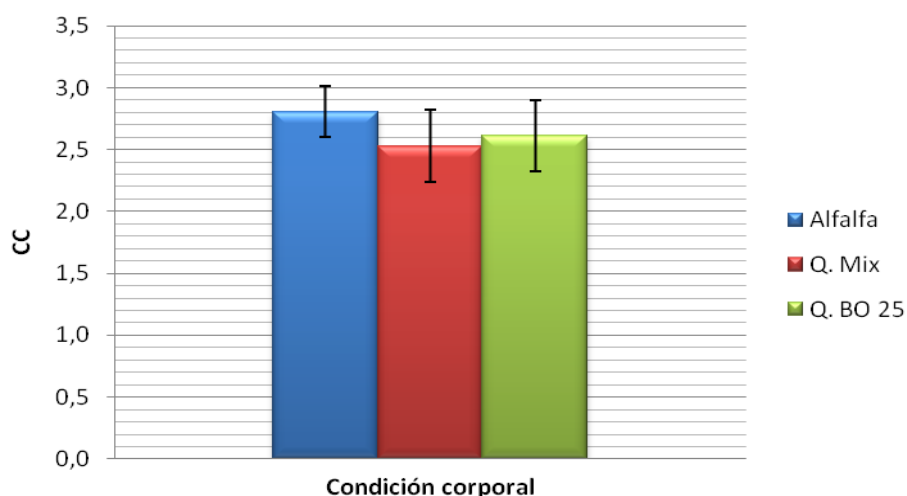
respectivamente) con los reportados por la NRC (2007) para caprinos en crecimiento de pesos similares a los del presente estudio, para ganancias de peso entre 25 a 100 g/día, con consumos sobre 450 g/MS/día. En el caso de quínoa BO25, los animales presentaron pérdida de peso (ganancias negativas), pese a tener consumos de 536 g/MS/día (Tabla 9, gráfico 11, gráfico 12).

Las mayores ganancias de peso logradas por los animales alimentados con alfalfa y quínoa Mix, y la pérdida de pesos en los animales alimentados con quínoa BO25, estaría dada por la calidad nutritiva de los forrajes, como queda de manifiesto en el análisis químico proximal, donde la quínoa BO25, demostró ser el forraje de menor calidad por su menor contenido de PC, EM, y altos valores de cenizas y de paredes celulares.

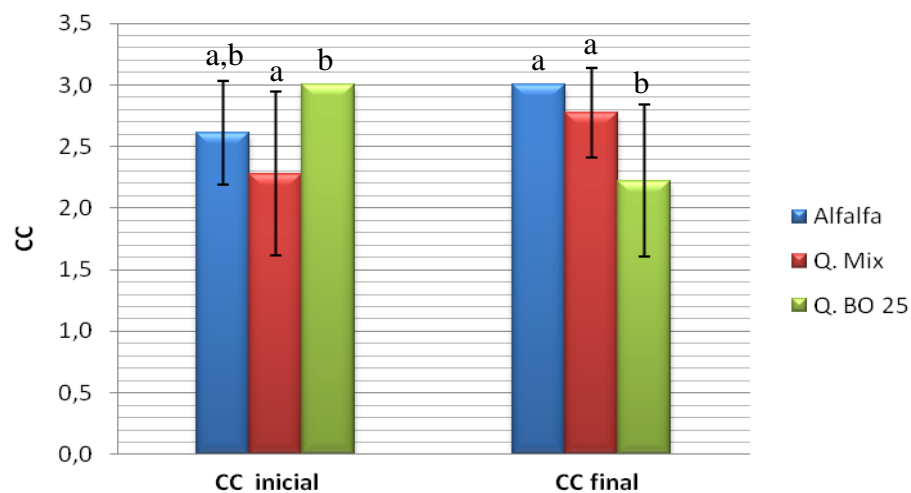
En hembras caprinas de reemplazo, Ruilova (1998) obtuvo promedios de ganancia diaria de peso (g) entre 70 a 90 g en dietas basadas en alfalfa. Estos valores son más altos a los obtenidos en el presente ensayo, incluso para el heno de alfalfa.

### 6.5.2 Condición corporal.

**Gráfico 13:** Condición corporal promedio (valores promedios  $\pm$  d.s).



**Gráfico 14:** Condición corporal al inicio y final de cada tratamiento (valores promedios  $\pm$  d.s).



Este indicador no evidenció diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para la condición corporal promedio (CC) en los tres tratamientos, con valores de 2,8 – 2,5 y 2,6 CC para alfalfa, Mix y BO25 respectivamente (Tabla 9, gráfico 13).

Al analizar la condición corporal al inicio y final de cada tratamiento, se observa que, para la alfalfa como quínoa Mix, aumentó su valor al final del período (2,6 a 3,0 CC en los animales alimentados con alfalfa, y 2,3 a 2,8 CC en quínoa Mix); a diferencia de la quínoa BO25, disminuyó su valor respecto a la condición inicial (3,0 a 2,2 CC) (Tabla 9, gráfico 14), siguiendo la misma tendencia que tuvieron los pesos vivos y la ganancia de peso.

Al comparar estos valores de condición corporal, con un estudio realizado en la región con crías caprinas de edad similar a la de los caprinos utilizados en el presente ensayo, Meneses y Flores (1999), obtuvieron valores en crías de reemplazo suplementadas con *Acacia saligna* de 2,35 a 2,48 CC, y alimentadas sólo con pradera natural entre 2,33 a 2,40 CC, similares a los obtenidos en este estudio para quínoa.

## 7. CONCLUSIONES

- ✓ La alfalfa demostró ser mejor recurso forrajero que la quínoa en su composición química proximal, debido a su mayor contenido de proteína, y menores contenidos de cenizas y paredes celulares (FDN). Dentro de los ecotipos de quínoa utilizados, el ecotipo del altiplano chileno “Mix” fue el que presentó los mejores indicadores de composición química, con un mayor contenido proteico, a pesar que, en este aspecto, no mostró diferencias significativas con la alfalfa.
- ✓ El consumo voluntario promedio de MS no mostró diferencias significativas en los tres forrajes utilizados en el ensayo, aunque se evidenció una tendencia a un consumo, en orden decreciente, de alfalfa, quínoa Mix y quínoa BO25, lo cual se ve corroborado con el mayor rechazo de la quínoa, siendo muy superior para el ecotipo BO25.
- ✓ Según la composición química de las sobras, en ambas quínoas se pudo apreciar que era muy similar al alimento ofrecido, lo cual indica que los animales rechazaron cierta cantidad del alimento completo; a diferencia de la alfalfa, en la cual las sobras fueron de menor calidad.
- ✓ Los coeficientes de digestibilidad aparente siguieron la misma tendencia de la composición química de los forrajes, siendo muy superiores para la alfalfa en cuanto a PC, pero superiores para ambas quínoas, en cuanto a la digestibilidad de la FDN y hemicelulosa.
- ✓ El balance de nitrógeno, fue positivo en los tres forrajes, aunque con valores significativamente superiores para la alfalfa.
- ✓ El peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) promedio no presentaron diferencias significativas entre los tres tratamientos, aunque se destaca una pérdida de peso total diaria y del período, para los animales alimentados con BO25.



- ✓ Estos resultados muestran una mejor aptitud forrajera para quínoa Mix comparada con BO25, debido en parte a su mejor adaptación a las condiciones ambientales de la región, a su mayor consumo y a su mayor valor nutricional.
- ✓ Con estos resultados se puede considerar a la quínoa, y a su variedad Mix, como una buena alternativa de alimentación para el ganado caprino, principalmente en zonas áridas donde escasea el forraje, considerándola como un complemento a la pradera natural.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- **ABDRAIMOV, S.A.; KRILOVA, N.P.** 1993. Significación de la *Kochia Prostrata* en la mejora de los pastos áridos (Kazajstan). Arch. Zootec. 42 (156): 85-87.
- **ALCAÍNO, E.; BENEDETTI, S.; PERRET, S.; VALDEBENITO, G.** 1995. *Acacia saligna* una especie multipropósito: su potencial forrajero en la provincia del Choapa, IV Región. Ciencias Forestales 10(1-2): 73-84.
- **ÁLVAREZ, S.; BARRIGA, M.; BECERRA, J.; MARTÍNEZ, L.; FACARA, F.; PASTOR, B.; LAZO, H.** 1998. Algunos parámetros morfológicos y grado de apertura estomática en hojas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Bios 2: 42-51.
- **ÁLVAREZ, S.; MÉNDEZ, P.; DÍAZ, C.; FRESNO, M.** 2005. Valoración nutritiva de forrajes adaptados a zonas áridas y su utilización en la alimentación del ganado caprino. **In:** XLV Reunión Científica de la SEEP: “Producciones agroganaderas: Gestión y conservación del medio natural”. Gijón, España. 30 mayo – 3 junio 2005. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). pp. 229-235.
- **ANAYA, M.** 1996. La *Kochia scoparia* L. Schrad (Coquia). Una opción forrajera para zonas áridas y semiáridas de México. **In:** Estudio de caso de especies vegetales para las zonas áridas y semiáridas de Chile y México. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Serie Zonas Áridas y Semiáridas 10: 46-110.
- **AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS.** 1990. Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15ª ed. AOAC. Virginia, USA. 134 p.
- **AYALA, G.; ORTEGA, L.; MORON, C.** 2001. Valor nutritivo y usos de la quinua. **In:** Mujica, A.; Jacobsen, S.E.; Izquierdo, J.; Marathee, J.P. (Eds.). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro. FAO, UNA-Puno, CIP, Santiago, Chile. pp. 246-279.
- **AZÓCAR, P.; LAILHACAR, S.** 1990. Bases ecológicas para el desarrollo agropecuario de la zona de clima mediterráneo árido de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Centro de estudios de Zonas Áridas (CEZA). Terra Arida 8: 221-302.
- **AZÓCAR, P.; MIRA, J.; ROJO, H.** 1994. Alimentación del ganado caprino en zonas áridas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales,

Centro de Estudios de Zonas Áridas (CEZA), Departamento de Producción Animal. Coquimbo, Chile. 135 p.

- **AZÓCAR, P.** 2001. Utilización de paletas de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) en la alimentación de rumiantes. *Avances en Producción Animal* 26: 3-14.
- **AZÓCAR, P.** 2003. Opuntia como alimento para rumiantes en Chile. [en línea]. **In:** Mondragón, C.; Pérez, S. (Eds.). El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Estudio FAO: Producción y protección vegetal – 169. Roma, Italia. <<http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0a.htm#BM10>> [consulta: 27-04-2009].
- **AZÓCAR, P.** 2006. Praderas de la zona forrajera del secano norte. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Animal. Santiago, Chile. Circular de extensión técnico ganadero 32: 12-25.
- **BAÑUELOS, O.; MENDOZA, G.; RODRÍGUEZ, J.; MUÑOZ, A.** 1995. Evaluación forrajera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Montecillo, México. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 12(1): 71-79.
- **BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D.** 2006. *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. *Ind. Crops Prod.* 23: 73–87.
- **BOLADOS, L.; CAMARGO, R.; MENESES, R.** 1997. Estudio y análisis de los antecedentes de inversión en la ganadería menor de la Región de Coquimbo: Documento preliminar. La Serena, Chile. Secretaría Regional Ministerial de Agricultura. 28 p.
- **BRAVO, G.; PRITZKE, A.** 2007. La quinua en la cultura mapuche. **In:** Delatorre, J.; Salinas, A.; Olave, J.; Delfino, I. (Eds.). Libro de Resúmenes Congreso Internacional de la Quínoa. Iquique, Chile. 23-26 octubre 2007. Universidad Arturo Prat, Depto. Agricultura del Desierto y Biotecnología – Centro de Investigación el Hombre del Desierto (CIHDE). p. 76.
- **BRENES, E.; CRESPO, G.; MADRIGAL, K.** 2001. Proyecto “El cluster de la quinua en Bolivia: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas”. La Paz, Bolivia. Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE). 54 p.
- **CAMPOS, L.** 2008. Análisis de rubro caprino (leche y carne) en el sector de la agricultura familiar campesina. [en línea]. <[http://www.indap.gob.cl/ganadero/images/analisis\\_rubro\\_caprino\\_afc.pdf](http://www.indap.gob.cl/ganadero/images/analisis_rubro_caprino_afc.pdf)> [consulta: 10-04-2009].

- **CAPOTE, J.; TEJERA, A.; AMILLS, M.; ARGÜELLO, A.; FRESNO, M.; LÓPEZ, J.L.** 2004. Influencia histórica y actual de los genotipos canarios en la población caprina americana. *Agri.* 35: 49-60.
- **CHAUHAN, G.; ESKIN, N.; TKACHUK, R.** 1999. Effect of saponin extraction on the nutritional quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Food Sci. Technol.* 36: 123-126.
- **CHILE. MINAGRI. MINISTERIO DE AGRICULTURA.** 2004a. Proyecto “Diseño, implementación y seguimiento plan integral de desarrollo del secano costero, IV Región de Coquimbo: Segundo informe”. La Serena, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Intihuasi - Gobierno Regional de Coquimbo. 91 p.
- **CHILE. MINAGRI. MINISTERIO DE AGRICULTURA.** 2004b. Proyecto “Aplicación centro tecnológico caprino 1999-2004: Informe final”. La Serena, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Intihuasi – Gobierno Regional de Coquimbo. 219 p.
- **CONAF. CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL – DEPARTAMENTO TÉCNICO IV REGIÓN.** 1998. Estadísticas de plantaciones de CONAF y privados en la IV Región. 1 p.
- **CONTRERAS, C.; MENESES, R.; ROJAS, A.** 2001. Razas caprinas para zonas áridas y semiáridas de Chile. *Tierra Adentro* 41: 41-43.
- **CORFO. CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN.** 2004. Concurso de proyectos de innovación precompetitiva e interés público “Cultivo doble propósito de *Chenopodium quinoa* (Quínoa) para el secano de la Región de Coquimbo: modelo grano para consumo humano y forraje para ganado caprino”. La Serena, Chile. Universidad de La Serena – Centro de Estudios Avanzados de Zonas (CEAZA). 39 p.
- **CORTÉS, A.** 1985. Adaptaciones fisiológicas y morfológicas de pequeños mamíferos de ambientes semiáridos. Tesis de Magíster. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias. 120 p.
- **CORTÉS, H.** 2007. Evaluación de diez ecotipos de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), establecidos en la costa y precordillera de la Región de Coquimbo, Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo. Ovalle, Chile. Universidad de La Serena, Facultad de Ciencias. 86 p.
- **COULTER, L.; LORENZ, K.** 1990. Quinoa composition, nutritional value, food applications. *Lebensmittelwissenschaft und technologie* 23(3): 203 - 207.

- **COSIO, F.** 1990. Sistemas de producción caprina para zonas áridas de Chile. *Terra Árida* 10: 77-104.
- **DAZA, A.** 1994. La importancia del ganado caprino. **In:** Daza, A.; Fernández, C.; Sánchez, A. (Eds). *Ganado Caprino: Producción, Alimentación y Sanidad*. Editorial Agrícola Española. Madrid, España. pp. 17-27.
- **DEL CASTILLO, C.; MAHY, G.; WINKEL, T.** 2008. La quinoa en Bolivia: une culture ancestrale devenue culture de rente “bio-équitable”. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12(4): 421-435.
- **ETIENNE, M.; CAVIEDES, E.; GONZÁLEZ, C.; PRADO, C.** 1982. Cartografía de la vegetación de la zona árida mediterránea de Chile. Transecto I: Puerto Oscuro, Combarbalá, Monte Patria, Ovalle, La Serena. *Terra Árida* 1(7): 73
- **FERRANDO, G.; RAGGI, A.** 1990. La lactancia en la cabra criolla chilena. *Terra Árida* 10: 35-43.
- **FONTÚRBEL, F.** 2003. Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (Chenopodiácea), debida a la presencia de las saponinas. [en línea]. *Ciencia Abierta* N° 21: 10 <<http://cabierta.uchile.cl/revista/21/articulos/pdf/paper6.doc>> [consulta: 02-09-2005].
- **GARCÍA, M.; AGUIAR, O.; MATERÁN, J.M.** 1987. Requerimientos de proteína para mantenimiento en caprinos. *Zootecnia Trop.* 5(1-2): 113 – 127.
- **GARCÍA, X.; MAGOFKE, J.C.** 1990. Contribución al mejoramiento genético de caprinos criollos. *Terra Árida* 10: 105-126.
- **GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J.** 1972. Análisis de fibra de forrajes. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. *Boletín* N° 10: 16-17.
- **GUTIÉRREZ, A.; SOTO, M.; LÓPEZ, C.; MENDOZA, G.D.; GARCÍA, A.; MENDOZA, M.C.** 2004. Nitratos, oxalatos y alcaloides en dos etapas fenológicas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en riego y temporal. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(4): 313-322.
- **GUTIÉRREZ, J.; SQUEO, F.A.** 2004. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas* 13(1): 36-35.
- **HERENCIA, L.; GONZÁLEZ, F.; URBANO, P.** 1996. La Quínoa: un cultivo para la zona mediterránea. *Agricultura: Revista Agropecuaria.* 65(763): 138-143.

- **HERENCIA, L.; URBANO, P.; ALIA, M.; GONZÁLEZ, J.** 1999. Cultivo de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en la región Centro. *Vida Rural España* 15: 8-12.
- **HINTON, D.** 2007. Supplementary feeding of sheep and beef cattle. 2ª ed. CSIRO Publishing. Melbourne, Australia. 91 p.
- **INE. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS.** 2007. VII Censo Agropecuario y Forestal 2006-2007: Resultados Preliminares. INE. Santiago, Chile. 422 p.
- **INFOR. INSTITUTO FORESTAL.** 2006. Superficie de plantaciones forestales IV a XI regiones: Actualización a diciembre de 2005. INFOR. Santiago, Chile. 40 p.
- **INIA. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS.** 1981. Arbustos forrajeros. Subestación Experimental Los Vilos. Boletín divulgativo N° 79. 25 p.
- **JARA, R.** 2000. Evaluación de esquemas de manejo en plantaciones productivas de *Acacia saligna*. Actas del seminario regional: Avances en la investigación de *Acacia saligna*, como opción productiva para la IV Región. La Serena, Chile. 72 p.
- **JADAN, A.** 1989. Quinoa processing by endogenous enzymes. V International congress of Engineering and Food. 143 p.
- **JACOBSEN, S.E.; MUJICA, A.; STLEN, O.** 1997. Tolerancia de la quinua a la sal durante la germinación. *Agron. Trop.* 48(3): 359-366.
- **JACOBSEN, S.E.; MUJICA, A.; JENSEN, C.R.** 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Rev. Int.* 19: 99-109.
- **JASSO, D.; SOLIZ, J.; RODRÍGUEZ, R.; ANGULO, J.L.** 2002. Quinoa para forraje: análisis de concentración y composición de saponinas. **In:** Resultados de proyectos de investigación 2002. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. pp. 147-154.
- **JOHNSON, D.L.** 1990. New grains and pseudograins. [en línea]. **In:** Janick, J.; Simon, J.E. (Eds.). *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. pp. 122-127. <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-222.html>> [consulta: 04-03-2009]

- **JOHNSON, D.L.; WARD, S.M.** 1993. Quinoa. [en línea]. **In:** Janick, J.; Simon, J.E. (Eds.). New crops. Wiley, New York. pp. 219-221. <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-222.html>> [consulta: 04-03-2009]
  
- **JORQUERA, C.** 2001a. Evolución agropecuaria de la Región de Coquimbo: Análisis contextual para la conservación de la vegetación nativa. **In:** Squeo, F.A.; Arancio, G.; Gutiérrez, J. (Eds.). Libro rojo de la flora nativa de la Región de Coquimbo y de los sitios prioritarios para su conservación. Universidad de La Serena. La Serena, Chile. pp. 225-237.
  
- **JORQUERA, C.** 2001b. La agricultura regional y el deterioro de la vegetación nativa: una visión actualizada. **In:** Squeo, F.A.; Arancio, G.; Gutiérrez, J. (Eds.). Libro rojo de la flora nativa de la Región de Coquimbo y de los sitios prioritarios para su conservación. Universidad de La Serena. La Serena, Chile. pp. 239-251.
  
- **KUMAR, A.; BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; SINGH, H.B.; OHRI, D.** 2006. Screening of exotic *Chenopodium quinoa* accessions for downy mildew resistance under mid-eastern conditions of India. Crop Prot. 25: 879-889.
  
- **KOZIOL, M.J.** 1993. Quinoa: A potential new oil crop. [en línea]. **In:** Janick, J.; Simon, J.E. (Eds.). New crops. Wiley, New York. pp. 328-336. <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-328.html>> [consulta: 04-03-2009]
  
- **LAILHACAR, S.; CARRASCO, A.; BADILLA, I.** 1983. Efecto del arbusto forrajero *Atriplex repanda* Phil. en algunas propiedades del suelo superficial. Terra Árida 2(1): 257-284.
  
- **LAILHACAR, S.** 1986. Recursos forrajeros utilizados en producción ovina. I. Zona de clima mediterráneo árido y semiárido (secano comprendido entre los valles transversales de Elqui y Aconcagua). **In:** García, G. (Ed.). Producción Ovina. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp. 25-58.
  
- **LAILHACAR, S.; PADILLA, F.; MUÑOZ, S.** 1993. Evaluación nutritiva de especies arbustivas del género *Atriplex* en el secano costero de clima mediterráneo árido de Chile. I. Germoplasma probado hasta 1985. Avances en Producción Animal 18(1-2): 121-130.
  
- **LAILHACAR, S.** 1994. Importancia del árbol y del arbusto en la productividad de las praderas de secano árido y semiárido de Chile. Universidad de Chile. Circular de Extensión 19: 1-11.

- **LAILHACAR, S.; TORRES, C.** 2000. Papel de los arbustos forrajeros en la ganadería del secano árido de la zona centro-norte. Universidad de Chile. Circular de Extensión 26: 1-12.
- **LINDEBOOM, N.** 2005. Studies on the characterization, biosynthesis and insolation of starch and protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Thesis Doctor of Philosophy. Saskatoon, Canada. University of Saskatchewan, Department of Applied Microbiology and Food Science. 152 p.
- **LÓPEZ, A.; CABRERA, R.; ROJAS, M.E.** 1996. Digestibilidad aparente de forrajes secos por la alpaca (*Lama pacos*). I. Henos de alfalfa (*Medicago sativa*) de tres calidades y heno de quinuilla (*Chenopodium álbum*). Avances en Ciencias Veterinarias 11(1): 5-9.
- **LORENZ, K.; COULTER, L.** 1991. Quinoa flour in baked products. Plants Foods for Man Nutrition 41(3): 213-225.
- **MAG. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA ACUACULTURA Y PESCA DEL ECUADOR.** 2006. Mercado externo de la quinoa. [en línea]. <[http://www.sica.gov.ec/cadenas/quinua/docs/mercado\\_externo.html](http://www.sica.gov.ec/cadenas/quinua/docs/mercado_externo.html)> [consulta: 18-03-2009].
- **MANTEROLA, H.; AZÓCAR, P.** 1990. Recursos y estrategias para mejorar la alimentación del ganado caprino en zonas áridas. Integración con la agricultura y sistemas silvoganaderos. Terra Árida 10: 135-169.
- **MANTEROLA, H.** 1999. Situación actual y perspectivas de la producción de leche y quesos con rumiantes menores en Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Animal. Santiago, Chile. Circular de extensión técnico ganadero 25: 43-71.
- **MARÍN, M.P.; BURROWS, J.; RAMOS, J.C.** 2001. Producción y calidad de leche caprina en rebaños bajo sistemas de manejo extensivo de la zona central de Chile. Arch. Zootec. 50: 363-366.
- **MARTÍNEZ, E.A.; SIERRALTA, L.** 1989. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Rev. Chil. Hist. Nat. 62: 279-282.
- **MARTÍNEZ, E.A.; DELATORRE, J.; VON BAER, I.** 2007a. Quínoa: las potencialidades de un cultivo subutilizado en Chile. Tierra Adentro 75: 24-27.
- **MARTÍNEZ, E.A.; NADAL, M.L.; VILLÁ, G.; VEAS, E.** 2007b. Fog-dew frequency during 2006/07 and fog wáter capture for cultivation of *Chenopodium quinoa* Willd in Cerro Grande, La Serena, Chile. **In:** Biggs, A.; Cereceda, P. (Eds.).



Fourth International Conference on Fog, Fog Collection and Dew. La Serena, Chile. 22-27 julio 2007. Pontificia Universidad Católica de Chile. pp. 229-232.

- **MARTÍNEZ, E.A.; VEAS, E.; JORQUERA, C.; SAN MARTÍN, R.; JARA, P.** 2009. Re-introduction of quinoa into arid Chile: Cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. *J. Agron. Crop Sci.* 195: 1-10.
- **MARTINOLI, G.** 2001. Evaluación del efecto de alimentación de caprinos estabulados durante su lactancia con *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. Tesis Ingeniero Agrónomo. Ovalle, Chile. Universidad de La Serena, Facultad de Ciencias. 126 p.
- **MAYA, Y.; ARRIAGADA, L.** 1996. Litterfall and phenological patterns of the dominant overstorey species of a desert scrub community in north-western Mexico. *J. Arid Environ.* 34: 23-35.
- **MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G.** 1981. Nutrición animal. 7ª ed. McGraw-Hill. Madrid, España. 605 p.
- **MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.; MORGAN, C.A.** 2006. Nutrición animal. 6ª ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 534 p.
- **MENESES, R.; SQUELLA, F.; MUÑOZ, J.** 1986. Manejo de arbustos forrajeros. *Investigación y Desarrollo Agropecuario La Platina* (33): 42-47.
- **MENESES, R.; SQUELLA, F.; CREMPIEN, C.** 1990. Sistema de producción ovina para la franja costera de la zona de clima mediterráneo árido de Chile. 1: Producción primaria. *Agricultura Técnica* 50(3): 243-251.
- **MENESES, R.; SQUELLA F.** 1996. Los arbustos forrajeros. **In:** Ruiz, I. (Ed.). *Praderas para Chile*. 2ª ed. INIA. Santiago, Chile. pp. 149-170.
- **MENESES, R.; FLORES, H.** 1999. Evaluación de *Acacia saligna* como forraje suplementario de caprinos de reemplazo y adultos en el último tercio de preñez y lactancia. *Agricultura Técnica* 59(1): 26-34.
- **MENESES, R.; PÉREZ, P.; PITTET, J.; GALLEGUILLOS, P.; MORALES, M.S.** 2001. Estrategia de alimentación durante la crianza de crías criollas. *Agricultura Técnica* 61(2): 171-179.
- **MONDACA, O.** 1990. Explotación caprina en la zona de clima mediterráneo árido de Chile. *Terra Árida* 10: 194-196.

- **MONDRAGÓN, C.; PÉREZ, S.** 2003. Recursos genéticos y mejoramiento de opuntias para producción de forraje. [en línea]. **In:** El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Estudio FAO: Producción y protección vegetal – 169. Roma, Italia. <<http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s07.htm#BM07>> [consulta: 27-04-2009].
- **MORA, F.; MENESES, R.** 2003. Efecto del riego sobre el crecimiento y producción forrajera de *Acacia saligna* (Labill.) H. L. Wendl. en la zona árida de Chile. Revista Cerne 9(2): 255-260.
- **MORA, F.; MENESES, R.** 2004. Comportamiento de procedencias de *Acacia saligna* (Labill.) H. L. Wendl. en la Región de Coquimbo, Chile. Ciência Florestal 14(1): 103-109.
- **MORALES, C.** 2005. Pobreza, desertificación y degradación de tierras. **In:** Morales, C.; Parada, S. (Eds). Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas. Santiago, Chile. pp. 25-58.
- **MUELLER, J.** 1993. Los recursos genéticos caprinos locales y exóticos y su potencial. **In:** Iñiguez, L.; Tejeda, E. (Eds.). Memorias de un taller sobre metodología de la investigación: Resumen. Tarija, Bolivia. 16-19 agosto. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria y SR-CRSP. pp. 74-82.
- **MUJICA, A.** 1994. Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective. **In:** Bermejo, H; León, J. (Eds.). Plant Production and Protection Series N° 26. FAO, Rome, Italy. pp. 131-148.
- **MUJICA, A.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J.P.** 2001a. Origen y descripción de la quinua. **In:** Mujica, A.; Jacobsen, S.E.; Izquierdo, J.; Marathee, J.P. (Eds.). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro. FAO, UNA-Puno, CIP, Santiago. pp. 9-29.
- **MUJICA, A.; JACOBSEN, S.E.; IZQUIERDO, J.** 2001b. Resistencia a factores adversos de la quinua. **In:** Mujica, A.; Jacobsen, S.E.; Izquierdo, J.; Marathee, J.P. (Eds.). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) – Ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro. FAO, UNA-Puno, CIP, Santiago, Chile. pp. 162-183.
- **NOLTE, E.** 1990. El componente social en los sistemas de explotación caprina de las zonas áridas. Terra Árida 10: 197-202.
- **NOVOA, J.E.; LOPEZ, D.** 2001. IV Región: El escenario geográfico físico. **In:** Squeo, F.A.; Arancio, G.; Gutiérrez, J. (Eds.). Libro rojo de la flora nativa de la

Región de Coquimbo y de los sitios prioritarios para su conservación. Universidad de La Serena. La Serena, Chile. pp. 13-28.

- **NOUEL, G.; PRADO, M.; VILLASMIL, F.; RINCÓN, J.; ESPEJO, M.; SÁNCHEZ, R.; YÉPEZ, E.; SUÁREZ, E.** 2006. Consumo y digestibilidad aparente de raciones basadas en leguminosas arbóreas y paja de arroz amonificada suministradas a cabras en confinamiento. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14(4): 139-142.
- **NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** 1989. Lost Crops of the Incas: Little of the Andes with promise for worldwide cultivation. Report of an ad-hoc panel of the advisory committee on technology innovation board on science and technology for the international development. National Academy Press. Washington DC, U.S.A. 415 p.
- **NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Committee on nutrient of small ruminants board on agriculture and natural resources division on earth and life studies. The National Academies Press. Washington DC, U.S.A. 362 p.
- **OELKE, E.; PUTNAM, D.; TEYNOR, T.; OPLINGER, E.** 1992. Quinoa. [en línea]. **In:** Alternative Field Crops Manual. University of Wisconsin - Extension Cooperative Extension University de Minnesota: Center for alternative plant & Animal Products, Minnesota Extension Service. <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/quinoa.html>> [consulta: 14-04-2009]
- **OLIVARES, A.** 1983. Los arbustos del género *Atriplex* y su importancia como especies forrajeras. **In:** Actas del Encuentro del Estado de la Investigación sobre Manejo Silvopastoral en Chile. Talca, Chile. 3-4 noviembre 1983. Universidad de Talca, Departamento Ingeniería Forestal, Corporación Nacional Forestal VII Región. pp.5-13
- **OLIVARES, A.** 2006. Pastizales y producción animal en zonas áridas de Chile. Sécheresse 17: 257-64.
- **OLIVARES, Y.** 2001. Evaluación de *Acacia saligna* como forraje para hembras adultas alimentadas en estabulación durante el último tercio de preñez. Tesis Ingeniero Agrónomo. Ovalle, Chile. Universidad de La Serena, Facultad de Ciencias. 125 p.
- **ORMAZABAL, C.S.** 1991. Silvopastoral systems in arid and semiarid zones of Northern Chile. Agroforestry Systems 14(3): 207-217.

- **PATÓN, D.; OSORIO, R.; ÁZOCAR, P.; BOTE, D.; ROJO, H.; MATAS, A.; TOVAR, J.** 1997. Estimación de la fitomasa forrajera de especies arbustivas típicas del clima mediterráneo árido chileno mediante análisis multicriterio. Arch. Zootec. 46: 225-237.
- **PEÑA, A.** 1989. La utilización de los arbustos forrajeros en la IV Región (una visión general). Corporación Nacional Forestal. La Serena, Chile. 32 p.
- **PÉREZ, P.; MAINO, M.; SOTO, A.; PITTET, J.; PALOMINOS, X.** 1997. Características de la canal de cabritos Criollos: efecto de la alimentación y el sexo. Avances en Ciencias Veterinarias 12(1): 30-34.
- **PÉREZ, P.** 2004. Características de la producción ovina y caprina chilena. 4<sup>a</sup> ed. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias, Depto. Fomento Producción Animal. 17 p. (Serie Apuntes Docentes N° 34).
- **PERRET, S.; MORA, F.** 2000. *Acacia saligna*, leguminosa arbórea de uso múltiple para las zonas áridas y semiáridas en Chile. Documentos de divulgación. Instituto Forestal. La Serena, Chile. 16 p.
- **PRADO, F.E.; BOERO, C.; GALLARDO, M.; GONZÁLEZ, J.A.** 2000. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. Bot. Bull. Acad. Sin. 41: 27-34.
- **REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S.E.** 2001. Valor nutricional y usos de la quinua y la kañiwa. **In:** Jacobsen, S.E.; Mujica, A.; Portillo, Z. (Eds.). Memorias, Primer Taller Internacional sobre Quinua – Recursos Genéticos y Sistemas de Producción. Lima, Perú. 10-14 mayo 1999. UNALM, CIP. pp. 391-400.
- **REYNOLDS, S.; ARIAS, E.** 2003. Introducción. [en línea]. **In:** Mondragón, C.; Pérez, S. (Eds.). El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Estudio FAO: Producción y protección vegetal – 169. Roma, Italia. <<http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s04.htm#BM04>> [consulta: 27-04-2009].
- **RISI, J.; GALWEY, N.W.** 1984. The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. Ad. Appl. Biol. 10: 145-216.
- **RIVEROS, E.; GARCÍA DE CORTÁZAR, V.; GARCÍA, G.** 1990. Uso de cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como suplemento forrajero estival para ovinos en crecimiento. Avances en Producción Animal 15(1-2): 81-88.

- **RODRÍGUEZ, J.; BECKER, C.; GONZÁLEZ, P.; TRONCOSO, A.; PAVLOVIC, D.** 2004. La cultura diaguita en el valle del río Illapel. [en línea]. Chungará (Arica) v.36 supl.espect2 Arica sep. 2004, pp. 739-751. <[http://www.scielo.cl.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-73562004000400017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73562004000400017&script=sci_arttext)>. [consulta: 18-03-2009]
- **ROLANDO, N.** 2003. Diagnóstico y perspectivas de la situación agropecuaria de la Región de Coquimbo. **In:** Livenais, P.; Aranda, X. (Eds.). Dinámica de los sistemas agrarios en Chile árido: la región de Coquimbo. LOM ediciones. Santiago, Chile. pp. 219-239.
- **ROSAS, M.** 1989. El género *Atriplex* (*Chenopodiaceae*) en Chile. Gayana Botánica 46(1-2): 3-82.
- **ROBINSON, T.F.; SPONHEIMER, M.; ROEDER, B.L; PASSEY, B; CERLING, T.E; DEARING, M.D.; EHLERINGER, J.R.** 2006. Digestibility and nitrogen retention in llamas and goats fed alfalfa, C<sub>3</sub> grass, and C<sub>4</sub> grass hays. Small Rumin. Res. 64: 162-168.
- **RUILOVA, R.** 1998. Empleo de raciones basadas en alfalfa en alimentación de cabras de reemplazo. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 51 p.
- **RUIZ, M.; FERESIN, G.; TAPIA, A.** 2003. Aptitud forrajera de *Atriplex lampa* (Moquin) Dietrich y *Atriplex nummularia* Lindl. (*Chenopodiaceae*). [en línea]. Ambiental 2003. San Juan, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria EEA-INTA. <<http://www.inta.gov.ar/sanjuan/info/posters/ValorNutric.pdf>> [consulta: 18-10-2005].
- **SAN MARTÍN, R.** 2007. Uso de saponinas de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) contra el caracol (*Pomacea canaliculata*). **In:** Delatorre, J.; Salinas, A.; Olave, J.; Delfino, I. (Eds.). Libro de Resúmenes Congreso Internacional de la Quinoa. Iquique, Chile. 23-26 octubre 2007. Universidad Arturo Prat, Depto. Agricultura del Desierto y Biotecnología – Centro de Investigación el Hombre del Desierto (CIHDE). p. 20.
- **SAN MARTÍN, R.; NDJOKO, K.; HOSTETTMANN, K.** 2007. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. Crop. Prot. 27: 310-319.
- **SANTANDER, A.** 2003. Norte chico (Chile): Consumo de combustibles en el procesamiento de los minerales de cobre y su impacto sobre los recursos arbóreos y arbustivos: 1601-1900. **In:** Livenais, P.; Aranda, X. (Eds.). Dinámica de los

sistemas agrarios en Chile árido: la región de Coquimbo. LOM ediciones. Santiago, Chile. pp. 159-177.

- **SERRA, M.T.** 1997. *Acacia saligna*. **In:** Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Serie Zonas Áridas y Semiáridas 12: 169-178.
- **SOLÍZ, J.B.; JASSO, D.; RODRÍGUEZ, R.; ÁNGULO, J.L.; MÉNDEZ, G.** 2002. Quinoa saponins: Concentration and composition analysis. [en línea]. **In:** Janick, J.; Whipkey, A. (Eds.). Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. pp. 110-114. <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-110.html>> [consulta: 04-03-2009]
- **SOTO, G.** 1996. *Atriplex nummularia* Lindl. Una especie pionera para las zonas áridas de Chile. **In:** Estudio de caso de especies vegetales para las zonas áridas y semiáridas de Chile y México. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Serie Zonas Áridas y Semiáridas 10: 112-141.
- **SQUEO, F.A.; OLIVARES, N.; OLIVARES, S.; POLLASTRI, A.; AGUIRRE, E.; ARAVENA, R.; JORQUERA, C.; EHLERINGER, J.** 1999. Grupos funcionales en arbustos desérticos definidos en base a las fuentes de agua utilizadas. Gayana Botánica 56: 1-15.
- **STUARDO, M.; SAN MARTÍN, R.** 2007. Propiedades antifúngicas de las saponinas de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) contra *Botrytis cinerea*. **In:** Delatorre, J.; Salinas, A.; Olave, J.; Delfino, I. (Eds.). Libro de Resúmenes Congreso Internacional de la Quínoa. Iquique, Chile. 23-26 octubre 2007. Universidad Arturo Prat, Depto. Agricultura del Desierto y Biotecnología – Centro de Investigación el Hombre del Desierto (CIHDE). p. 17.
- **TAGLE, M.B.; PLANELLA, M.T.** 2002. La Quínoa en la zona central de Chile; Supervivencia de una tradición pre-hispana. Editorial IKU. Santiago, Chile. 117 p.
- **TILLEY, T.M.; TERRY, R.A.** 1963. A two stage techniques for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18: 104-111
- **TORREJÓN, F.; CISTERNAS, M.** 2002. Alteraciones del paisaje ecológico araucano por la asimilación mapuche de la agroganadería hispano-mediterránea (siglos XVI y XVII). Rev. Chil. Hist. Nat. 75: 729-736.
- **TORRES, C.** 1999. Efecto de distintas especies y procedencias arbustivas del género *Atriplex* sobre el estrato herbáceo asociado en el secano costero árido de la IV

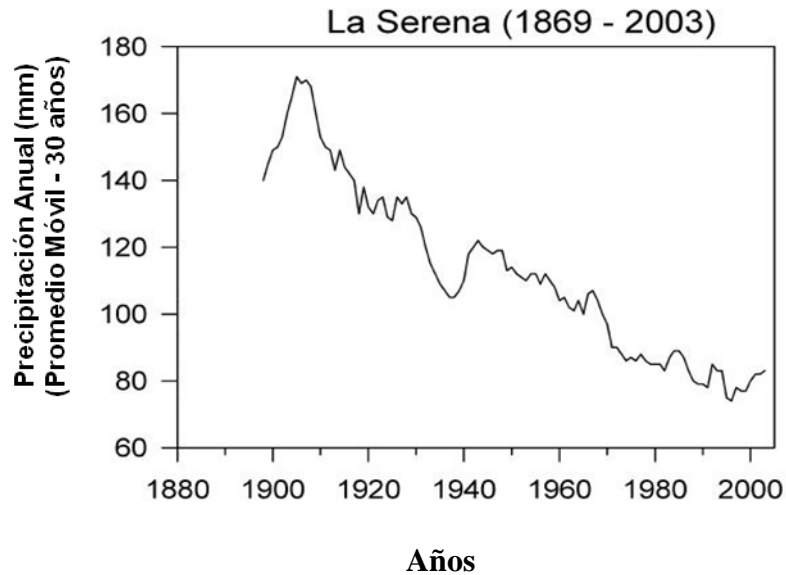
Región. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 116 p.

- **URQUIETA, E.; MORA, F.; PERRET, S.** 2000. Determinación de zonas potenciales de crecimiento y caracterización edafoclimática de las principales plantaciones de *Acacia saligna* establecidas en la Región de Coquimbo. **In:** Actas del seminario regional: Avances en la investigación de *Acacia saligna*, como opción productiva para la IV Región. Instituto Forestal. La Serena, Chile. pp. 11-21
- **VAN SOEST, P.J.** 1982. Development of a compressive system of feed analyses and its application to forage. *J. Anim. Sci.* 26:119.
- **VILLARROEL, C.; MARTÍNEZ, L.; HERNANI, P.; LAZO, H.** 1998. Aclimatación al frío en cultivares del germoplasma peruano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Bios* 2: 56-63.
- **VINCKEN, J.P.; HENG, L.; DE GROOT, A.; GRUPPEN, H.** 2007. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry* 68: 275-297.
- **VON RUTTE, S.** 1998. Producción de quinua verde para forraje fresco y ensilaje para ganado. **In:** VI Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. Quito, Ecuador. 30 mayo – 2 junio 1998. CIID-Canadá, LATINRECO, FUNDAGRO, INIAP. pp. 9-11.
- **WRANN, J.** 1996. Experiencias de forestación en la zona árida y semiárida de Chile. **In:** Estudio de caso de especies vegetales para las zonas áridas y semiáridas de Chile y México. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Serie Zonas Áridas y Semiáridas 10: 2-43.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1: Disminución de las precipitaciones en la Región de Coquimbo.

Promedio móvil (30 años) de la pluviometría en la ciudad de La Serena (30° S, 71° O), periodo 1869 a 2003 (tomado de Martínez *et al.*, 2009)



### Anexo 2: Jaulas metabólicas utilizadas en el estudio.



2.1. Sistema de recolección de heces y de orina.



2.2. Comedero y bebedero.



### Anexo 3: Fardos de quínoa utilizados.



3.1. Enfardamiento de la quínoa, en el sector cordillerano “Las Ramadas de Tulahuén”, Comuna de Monte Patria.



3.2. Heno de quínoa BO25.



3.3. Heno de quínoa Mix

#### **Anexo 4: Test para determinación de compuestos nitrogenados en orina (Megazyme urea-amoniaco (Rápido)® 2005).**

La urea es una sustancia abundante en la orina, y el amoniaco se produce como consecuencia del catabolismo proteínico microbial. Este ensayo es específico para estas sustancias, y se pueden esperar resultados del 100%.

Materiales:

1. Kit Urea – Amoniaco rápido®.

2. Espectrofotómetro a 340 nm.

Metodología: (muestra y control) en orden lineal en tiempo.

1. Muestra de orina diluida en 100 ml de agua destilada (1 + 99).

2. Muestra en cubeta: 2 ml agua destilada + 0,10 ml muestra + 0,50 ml tampón NADPH/TEA.

3. Lectura absorción de las soluciones (A<sub>1</sub>).

4. Suspensión GIDH.

5. Lectura absorción de las soluciones (A<sub>2</sub>).

6. Suspensión ureasa.

7. Lectura absorción de las soluciones (A<sub>3</sub>).

Cálculo:

$$\Delta A_{\text{amoniaco}} = (A_1 - A_2) \text{ control} - (A_1 - A_2) \text{ muestra}$$

$$\Delta A_{\text{urea}} = (A_2 - A_3) \text{ control} - (A_2 - A_3) \text{ muestra}$$

La concentración de amoniaco y urea se puede calcular de la siguiente forma:

$$C = \frac{V \times MW}{\epsilon \times d \times v} \times \Delta A \quad [\text{g/L}]$$

Donde:

V = volumen final (ml)

MW = peso molecular del substance probado (g/mol)

$\epsilon$  = coeficiente de extinción de NADPH 340 nm

- $= 6300 \text{ (lx mol}^{-1} \times \text{cm)}$   
d = paso de luz (cm)  
v = volumen de la muestra (ml)

**Anexo 5: Estimación de la energía de la orina producto de la oxidación incompleta de las proteínas, estimada a partir de la concentración de urea según la metodología descrita por Cortés (1985).**

a) Proteínas metabólicas

En los mamíferos el principal producto excretado es la urea y prácticamente todo el nitrógeno proviene del metabolismo de las proteínas (Kleiber, 1961). De acuerdo a esto, y habiendo determinado las concentraciones de urea y los volúmenes urinarios, se calculó la cantidad de proteínas metabolizadas ( $Q_p$ ), utilizando el equivalente estándar para proteínas de origen vegetal (Bateman, 1970).

$$Q_p \text{ (g. prot/100 g. 24 h.)} = \text{g N-Urea} \times 6,25$$

En esta relación la proteína metabolizada se expresa por 100 g de peso corporal y por 24 horas.

b) Calor desprendido por el metabolismo de las proteínas ( $M_p$ )

El calor desprendido por la oxidación incompleta de las proteínas (urea excretada) se calculó de acuerdo al equivalente calórico dado por Schmidt-Nielsen (1976).

$$M_p \text{ (cal/100 g. 24 h.)} = Q_p \times 4300$$

**Anexo 6: Producción de orina promedio de cada animal por tratamiento (promedio de 5 días experimentales).**

<b>Producción orina (ml) por animal</b>			
<b>animal</b>	<b>alfalfa</b>	<b>Mix</b>	<b>BO25</b>
<b>1</b>	398	1150	426
<b>2</b>	553	948	396
<b>3</b>	374	1170	215
<b>4</b>	956	1963	1368
<b>5</b>	1159	1960	1662
<b>6</b>	694	374	1033
<b>7</b>	596	768	582
<b>8</b>	467	765	623
<b>9</b>	884	1603	1027
<b>Promedio</b>	676	1189	815

**Anexo 7: Pesos iniciales y finales, pesos promedios (PV), pesos metabólicos (PM), ganancias de pesos diarias y por tratamiento (Gdp y Gtp). Valores por animal y tratamientos.**

7.1. Pesos vivos, ganancias de peso y condición corporal T1 (Alfalfa).

<b>Peso animal T1 (alfalfa)</b>								
<b>animal</b>	<b>kg inicio</b>	<b>kg final</b>	<b>Gtp kg</b>	<b>Gdp g</b>	<b>PV</b>	<b>PM (kg<sup>3/4</sup>)</b>	<b>CC Inicio</b>	<b>CC Final</b>
<b>1</b>	11,0	12,0	1,0	71	11,5	6,2	2,5	3,0
<b>2</b>	10,6	11,5	0,9	64	11,1	6,1	2,0	3,0
<b>3</b>	12,5	12,0	-0,5	-36	12,3	6,6	3,0	3,0
<b>4</b>	18,5	19,5	1,0	71	19,0	9,1	3,0	3,0
<b>5</b>	18,5	19,5	1,0	71	19,0	9,1	3,0	3,0
<b>6</b>	16,0	18,0	2,0	143	17,0	8,4	2,0	3,0
<b>7</b>	13,0	14,5	1,5	107	13,8	7,2	2,5	3,0
<b>8</b>	13,2	14,0	0,8	57	13,6	7,1	3,0	3,0
<b>9</b>	15,2	16,0	0,8	57	15,6	7,9	2,5	3,0
<b>Promedio</b>	14,3	15,2	0,9	67	14,8	7,5	2,6	3,0
<b>Desvest</b>	3,0	3,2	0,7	48	3,1	1,2	0,4	0,0

7.2. Pesos vivos, ganancias de peso y condición corporal T2 (Mix).

peso animal T2 (Mix)								
animal	kg inicio	kg final	Gtp kg	Gdp g	PV	PM (kg <sup>3/4</sup> )	CC Inicio	CC final
1	9,0	12,0	3,0	214	10,5	5,8	1,5	3,0
2	8,5	11,4	2,9	207	10,0	5,6	1,5	3,0
3	9,0	12,0	3,0	214	10,5	5,8	1,5	3,0
4	18,4	18,5	0,1	7	18,5	8,9	3,0	3,0
5	19,3	18,5	-0,8	-57	18,9	9,1	3,0	3,0
6	18,6	16,0	-2,6	-186	17,3	8,5	3,0	2,0
7	12,5	13,0	0,5	36	12,8	6,8	2,5	2,5
8	12,0	13,2	1,2	86	12,6	6,7	2,0	3,0
9	15,5	15,2	-0,3	-21	15,4	7,8	2,5	2,5
<b>Promedio</b>	13,6	14,4	0,8	56	14,0	7,2	2,3	2,8
<b>Desvest</b>	4,4	2,8	1,9	139	3,6	1,4	0,7	0,4

7.3. Pesos vivos, ganancias de peso y condición corporal T3 (BO25).

peso animal T3 (BO25)								
animal	kg inicio	kg final	Gtp kg	Gdp g	PV	PM (kg <sup>3/4</sup> )	CC Inicio	CC final
1	12,0	9,0	-3,0	-214	10,5	5,8	3,0	1,5
2	11,5	8,5	-3,0	-214	10,0	5,6	3,0	1,5
3	12,0	9,0	-3,0	-214	10,5	5,8	3,0	1,5
4	19,5	19,0	-0,5	-36	19,3	9,2	3,0	3,0
5	19,5	20,0	0,5	36	19,8	9,4	3,0	3,0
6	18,0	17,0	-1,0	-71	17,5	8,6	3,0	2,5
7	13,5	12,5	-1,0	-71	13,0	6,9	3,0	2,5
8	13,5	12,0	-1,5	-107	12,8	6,8	3,0	2,0
9	16,5	15,5	-1,0	-71	16,0	8,0	3,0	2,5
<b>Promedio</b>	15,1	13,6	-1,5	-107	14,4	7,3	3,0	2,2
<b>Desvest</b>	3,3	4,4	1,3	89	3,9	1,5	0,0	0,6

## Anexo 8: Consumo de alimento promedio diario por animal (5 días experimentales)

### 8.1. Consumo de alimento promedio diario T1 (Alfalfa).

<b>consumo MS T1 (alfalfa)</b>			
<b>animal</b>	<b>g MS</b>	<b>kg/100kg PV</b>	<b>g/pv0,75</b>
<b>1</b>	552,3	4,8	88,4
<b>2</b>	505,6	4,6	83,2
<b>3</b>	495,6	4,0	75,6
<b>4</b>	789,0	4,2	86,7
<b>5</b>	777,0	4,1	85,4
<b>6</b>	728,9	4,3	87,1
<b>7</b>	588,0	4,3	82,1
<b>8</b>	583,5	4,3	82,4
<b>9</b>	782,9	5,0	99,7
<b>Promedio</b>	644,8	4,4	85,6
<b>Desvest</b>	123,3	0,3	6,5

### 8.2. Consumo de alimento promedio diario T2 (Mix).

<b>consumo MS T2 (Mix)</b>			
<b>animal</b>	<b>g MS</b>	<b>kg/100kg PV</b>	<b>g/pv0,75</b>
<b>1</b>	537,8	5,1	92,2
<b>2</b>	469,0	4,7	83,5
<b>3</b>	486,9	4,6	83,5
<b>4</b>	779,2	4,2	87,4
<b>5</b>	682,0	3,6	75,3
<b>6</b>	275,3	1,6	32,5
<b>7</b>	479,7	3,8	70,8
<b>8</b>	543,3	4,3	81,2
<b>9</b>	720,9	4,7	92,8
<b>Promedio</b>	552,7	4,1	77,7
<b>Desvest</b>	154,2	1,0	18,4

8.2. Consumo de alimento promedio diario T2 (Mix).

<b>consumo MS T3 (BO25)</b>			
<b>animal</b>	<b>g MS</b>	<b>kg/100kg PV</b>	<b>g/pv0,75</b>
<b>1</b>	295,4	2,8	50,7
<b>2</b>	282,8	2,8	50,3
<b>3</b>	247,7	2,4	42,5
<b>4</b>	812,0	4,2	88,2
<b>5</b>	763,3	3,9	81,3
<b>6</b>	744,8	4,3	87,0
<b>7</b>	521,1	4,0	76,1
<b>8</b>	503,9	4,0	74,4
<b>9</b>	652,8	4,1	81,6
<b>Promedio</b>	536,0	3,6	70,2
<b>Desvest</b>	221,2	0,7	17,5