



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

EVALUACIÓN DEL CONSUMO Y PREFERENCIA POR FRUTOS DE ESPINO (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) EN BORREGAS SUFFOLK DOWN, EN RELACIÓN AL ESTADO DE DESARROLLO Y FORMA DE PRESENTACIÓN DE LOS FRUTOS.

VALENTINA PAZ ARMIJO CERDA

SANTIAGO, CHILE
2015



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

EVALUACIÓN DEL CONSUMO Y PREFERENCIA POR FRUTOS DE
ESPINO (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) EN BORREGAS SUFFOLK DOWN,
EN RELACIÓN AL ESTADO DE DESARROLLO Y FORMA DE
PRESENTACIÓN DE LOS FRUTOS.

DRY MATTER INTAKE AND PREFERENCE OF FOUR TYPES OF
PRESENTATION OF *Acacia caven* PODS OFFERED TO SUFFOLK
DOWN LAMBS.

VALENTINA PAZ ARMIJO CERDA

SANTIAGO, CHILE
2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÓNOMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO Y PREFERENCIA POR FRUTOS DE
ESPINO (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) EN BORREGAS SUFFOLK DOWN,
EN RELACIÓN AL ESTADO DE DESARROLLO Y FORMA DE
PRESENTACIÓN DE LOS FRUTOS.**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Agrónoma

VALENTINA PAZ ARMIJO CERDA

PROFESOR GUÍA	CALIFICACIONES
Sr. Alfredo Olivares E. Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.	7.0
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Hector Uribe M. Médico Veterinario, M.S., Ph. D.	6.5
Sra. Paola Silva C. Ingeniero Agrónomo Mg. Sc, Dr.	6.3

Santiago, Chile
2015

AGRADECIMIENTOS

En forma especial agradezco:

Primero que a todos, a mi Matilde Isidora por llegar a mi vida y llenarla de sentido. Por ser la razón por la cual me levanto todas las mañanas con alegría de vivir juntas cada minuto. “Siempre juntas!”. Cada día de mi vida, daré todo de mí, para que no te falte nada y siempre te sientas amada y apoyada, incluso en la distancia.

Segunda que a todos, a mi tía Keka, a mi tío Mario y a mis primas. Pero por sobre todo a mi tía Keka: “tía, no sabe cuánto ha influido positivamente en mi vida y en la de muchas personas. Es un ser humano excepcional, es la mujer maravilla, su fortaleza viene de su corazón y en su corazón está Dios a quién ha convencido con su ejemplo, de que el amor es el principal alimento para vivir y de que con eso, a nosotras, nada nos vence”. Usted es mi inspiración, cada vez que me siento vencida, pienso en su fortaleza, y vuelve la alegría a mi vida. Usted me enseñó que cada fracción de segundo es el minuto para entregar amor, aunque a veces sea difícil ponerlo en práctica. Tía, Dios le debe el milagro.

Tío, lo mismo para Usted, gracias por demostrarme que el amor incondicional existe y que nosotras las niñas, nos merecemos a un hombre tan bueno como Usted.

A mis papás, a mi hermano por el apoyo en las trincheras, por el amor incondicional, aunque no necesariamente estén de acuerdo con mis decisiones. Por ser los segundos papás de Matilde y por habernos dado un hogar.

Por confiar en mí, agradezco a los profesores que guiaron esta memoria, motivándome con su pasión por la investigación en el área de estudio, dándome apoyo en los momentos difíciles con su infinita condición de seres humanos, con su gentileza, paciencia, compromiso, amistad y dedicación en mí, primero como persona y luego como futura profesional. En el transcurso del desarrollo de esta memoria, en mi vida personal hubieron varios momentos difíciles que me impulsaron a renunciar, y en ellos encontré el empuje necesario para terminar. Sin dudar, en mi ejercer profesional replicaré las habilidades blandas que me mostraron en el trayecto de la vida que recorrí junto a ellos y siempre llevaré en mi corazón su sello. No está demás decir que creo que su estilo de investigación más holístico que merológico, es la evolución que debe hacer la ciencia agronómica, sobre todo en este siglo donde la sustentabilidad de la actividad humana está cobrando real importancia. Espero que en el futuro el espíritu de los egresados, ingenieros agrónomos, académicos e investigadores de la Universidad de Chile vaya en una dirección más holística, que integre conceptos de impacto ambiental, social, agro-ecología, sustentabilidad, producción orgánica, etc. Y ojalá, la institución invierta más tiempo en trabajar las habilidades blandas para mejorar el perfil del egresado en las distintas facetas que deba desempeñar.

A Don Alfredo por traspasarme lo que más pudo de su experiencia y su visión holística.

A Luis Felipe por ser mi amigo, colega, compañero, cómplice, mi amor, también el amor de Matilde y mi futuro.

A mis tatas, a los que están y a los que están en el cielo, por protegerme, aconsejarme, por transmitirme el amor que únicamente transmite un tata o una lela y por darme orgullo de descender de ellos, al contarme sus experiencias de vida, la forma en la cual ellos y nuestros antepasados han superado las asperezas de la vida. Me dan orgullo e inspiración para ser fuerte. Por ser los terceros papás de Matilde.

Al Valín por ser mi super padrino, por estar ahí cuando necesito sus consejos. A mi tío Lucho y mi tía Margarita, por estar ahí en cada momento importante de mi vida.

A mis primas por ser como mis hermanas de sangre y mis amigas. A la Cami por estar pendiente siempre de nosotras, a la Caro por ser muy buena amiga y consejera, y a la Cony por existir y compartir nuestras experiencias de ser mamás y estudiantes, y por darle una prima, prima! a la Matilde (y por reírse como yo). A la Olaya por ser como una hermana mayor que apareció en la distancia y el tiempo. A la Katy y a la Marce, porque aunque nos veamos poquito, cuando nos vemos nos divertimos mucho. Al Osvadito y a la Cata, que los vi nacer y han crecido demasiado rápido.

A mis amigas, por el acompañamiento, seguimiento, consejos, regaños, por el cariño, por ser super tías de la Matilde, por reírnos del paso del tiempo, por respetar mi individualidad y no juzgarme y porque aunque pase mucho tiempo sin vernos, cuando nos juntamos es puro amor. Esta dedicatoria es para Carolina Sepúlveda, Edén Jofré, Ángeles Cepeda, Catalina Cuevas, Javiera Bravo y la Natalia Rojas.

A Fernando, papá de Matilde, que también fue parte de este proceso y le deseo lo mejor. Que es la mitad de la felicidad de mi Matilde.

A MAPAU: Estudiantes con hijos de la Universidad de Chile. A la Eli, a la Carola, las niñas de la Cato, por darme la oportunidad de replicar su iniciativa, y brindarme la posibilidad de aportar a la comunidad de estudiantes que tienen hijos, con mejores condiciones para terminar sus estudios y evitar la deserción, y llenar mi necesidad de cumplir un rol social durante mis estudios superiores. A Natalia Rojas por terminar siendo mi amiga, a Iván por demostrar su empatía y compartir su experiencia y habilidades gestoras para contribuir a la causa, a la Nico y a la Diana por continuar el legado de la noble causa.

A Dios o al Universo por ser tan bondadoso conmigo y por haberme enseñado a amar, y a entender que, no importan como se de la vida, hay que hacer que los esfuerzos valgan la pena.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	6
Lugar del ensayo	6
Materiales	6
Métodos	6
Metodología etapa pre-experimental	6
Cosecha de vainas	6
Preparación de los tratamientos	7
Selección de los animales	7
Periodo de acostumbramiento	7
Tratamientos	7
Metodología etapa experimental	8
Variables medidas	9
Análisis de composición química de los frutos	10
Análisis estadístico	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Calidad y composición química de los frutos	12
Preferencia y consumo de los suplementos	13
CONCLUSIONES	19
BIBLIOGRAFÍA	20

RESUMEN

Las especies arbustivas y arbóreas son indispensables en los sistemas ganaderos en base a praderas en zonas áridas y semi-áridas, donde los animales ramonean y consumen los frutos de aquellas especies para cubrir sus requerimientos. El objetivo de este estudio fue detectar preferencia de consumo de frutos de espinos, ofrecido en dos formas de presentación (molido y peletizado) y cosechado en dos momentos de cosecha fruto (verde y maduro).

En este estudio se ofreció frutos de espinos en 4 tratamientos (dos formas de presentación y dos momentos de cosecha) en un ensayo de cafetería o de selección de alimentos, a 6 ovejas Suffolk Down ($43,3 \pm 0,8$ kg) elegidas al azar, de aproximadamente 1 año de edad. Durante 6 días, a modo de acostumbamiento, las borregas se privaron de alimentación durante la noche (18:00 a 09:00 h), y fueron suplementadas en la mañana (09:00 a 10:00 h). El resto del día se mantuvieron en un potrero con pradera anual de clima mediterráneo y agua a libre disposición. De cada tratamiento se les proporcionó 200 g de cada forma de presentación de frutos de espinos simultáneamente en cuatro comederos distintos durante 1 hora al día. Después de la etapa de acostumbamiento, se tomó registro de los consumos durante 5 días consecutivos para determinar consumo relativo y preferencia entre tratamientos. Con respecto a la calidad de los frutos, el maduro mostró tener una mayor calidad a pesar de su mayor nivel de fibra de detergente neutro (FDN) con respecto al fruto verde ya que, posee mayores niveles de energía metabolizable y digestibilidad. El análisis de medias repetidas en el tiempo mostró que el tratamiento seleccionado positivamente fue el fruto de espinos maduro presentado molido (calculado por el índice de Jacobs). El consumo absoluto y el consumo proporcional de los suplementos fabricados con frutos maduros de espinos fueron mayores que el consumo de los suplementos basados en frutos verdes, independiente de la forma de presentación. El análisis de componentes principales mostró que existe una estrecha relación entre el rechazo a los frutos verdes y el contenido de fenoles totales.

Se concluye que las ovejas prefirieron los frutos maduros por sobre los frutos verdes de acuerdo a los niveles de polifenoles totales y a la calidad del fruto.

Palabras clave: consumo, espinos, suplementación, cafetería, selección.

ABSTRACT

Shrubs and trees species are indispensable in livestock systems based on grasslands in desert and semi-desert lands, where animals browse and consume the fruits of those species to meet their requirements. The aim of this study was to detect selectivity of *Acacia caven* fruits, offered in two forms of presentation (grinding and pelletizing) and harvested at two harvest times (green and ripe fruit).

In this study *Acacia caven* fruits in 4 treatments (two forms of presentation and two harvest times) in a choice feeding experiment were offered to 6 randomly selected Suffolk Down sheep of about 1 year old (43.3 ± 0.8 kg). During six days, for habituation, the sheep were deprived of feed during the night (18:00 to 9:00 h) and were supplemented in the morning (9:00 to 10:00 h). The rest of the day they were kept on a pasture with annual Mediterranean grasslands and water *ad-libitum*. In each treatment 200 g of each presentation of *Acacia caven* fruit were given simultaneously on four different feeders during 1 hour per day. After habituation, feed intake was recorded for 5 consecutive days to determine the relative intake and preference among treatments. Ripe fruit showed higher quality despite their higher level of neutral detergent fiber (NDF) compared to green fruit due to their higher levels of metabolizable energy and digestibility. Repeated measurement statistical analysis showed that the best selected treatment was ripe *Acacia caven* fruits presented as grinding (index calculated by Jacobs). The absolute and proportional intake supplements made from ripe fruits of *Acacia caven* was higher than the intake of supplements based on green fruit, independent of the fruit presentation. Principal components analysis showed that there is a close relationship between rejection of green fruits and total phenolic content.

It was concluded that the sheep preferred ripe fruits over green fruits due to phenolic content and fruit quality.

Key words: intake, *Acacia caven*, supplement, choice feeding experiments, selectivity.

INTRODUCCIÓN

Las características y comportamiento de las praderas naturalizadas de la zona mediterránea semiárida presentan un alto grado de dependencia de las condiciones ambientales, especialmente del régimen pluviométrico anual e interanual. Tal que, los diferentes tipos de años en términos de cantidad y distribución de las precipitaciones influyen, en la emergencia, establecimiento y en su grado de desarrollo posterior; y por consiguiente, en su productividad y composición botánica (Santibáñez *et al.*, 1983; Olivares, 1986).

El secano interior de la Región Metropolitana se caracteriza por presentar cortos periodos vegetativos y largos periodos secos. Según Olivares *et al.* (1998), hay al menos siete meses con humedad insuficiente para sustentar el crecimiento de las plantas y este periodo puede durar hasta diez meses en años secos. Adicionalmente, existen años de distribución temprana y otros de distribución tardía, por lo cual, la ocurrencia de la primera precipitación efectiva es fundamental para dar inicio a la temporada agrícola ganadera, ya que ésta hace variar el período de emergencia-establecimiento y la tasa de crecimiento de las especies de la pradera (Olivares *et al.*, 1998). Según Olivares *et al.* (1998), las precipitaciones podrían iniciarse entre marzo y mayo y, en consecuencia, la partida del crecimiento de las praderas que proveen de forraje al ganado. Esta variabilidad en la distribución de las precipitaciones resulta ser un problema para los sistemas ganaderos establecidos en esta zona ya que, por ejemplo, las precipitaciones tempranas generan falsas partidas del crecimiento de las praderas que afectan negativamente al banco de semillas, donde las plántulas mueren y no hay forma de recuperación (Olivares *et al.*, 1998); y por otro lado, las precipitaciones tardías provocan incertidumbre de contar con disponibilidad de alimento para los animales durante las etapas críticas. Una etapa crítica en un sistema ganadero se caracteriza por requerir gran cantidad y buena calidad de forraje disponible (por ejemplo, el último tercio de gestación) y, es por esta razón, que durante los últimos años se han estudiado diversas formas de mejorar la productividad y sustentabilidad de las explotaciones ganaderas del secano interior de la zona central de Chile.

Ante tal problemática, en diversos estudios se ha observado que un sistema productivo es más sustentable cuando, además del estrato herbáceo se incluyen arbustos y árboles, que son especies que entregan forraje en el momento en que la pradera carece de calidad (Olivares, 1986). Éstos pueden ser consumidos directamente por los animales en las etapas críticas o cumplir una función en el ecosistema. El desarrollo de ecosistemas pluriestratificados hace posible incrementar la productividad en la medida que se aproveche el efecto sinérgico que se crea cuando aumenta la interacción positiva en las zonas de contacto entre dos o más estratos diferentes (Olivares, 2006). Por ejemplo, en zonas más húmedas y/o frías, el estrato arbóreo es importante pues su presencia influye en la tasa de crecimiento de la pradera y en consecuencia, en el ahorro de energía en termorregulación de los animales, especialmente en los períodos más fríos, sobre todo en áreas donde los vientos son fríos y contribuyen a la deshidratación.

En el secano interior y secano costero de la zona central de Chile, el estrato arbóreo está constituido principalmente por la especie *Acacia caven* (Mol.) Mol., perteneciente a la familia Fabaceae, muy resistente a sequía que ha sido ampliamente estudiado sobre terrenos de pastoreo cuantificando el beneficio de su presencia sobre la pradera y también sobre el animal. Por ejemplo, Olivares (2006) señala que el espino crea condiciones microambientales que posibilitan mejor y mayor disponibilidad de materia seca en la pradera y además podría constituirse en un factor determinante en el comportamiento ambiental de los animales haciendo posible aumentos de peso vivo de los individuos y, al mismo tiempo, ahorro significativo de agua de bebida, elemento que en la mayoría de los terrenos de pastoreo es escaso.

El espino produce frutos (vainas) durante el período seco de la pradera anual, periodo comprendido entre los meses de febrero a abril en Chile, meses donde coincidentemente la pradera presenta una baja calidad y progresiva baja disponibilidad dado que no hay crecimiento. Esto convierte a los frutos en un alimento atractivo y aprovechable para la suplementación animal. En un estudio realizado por Degen *et al.* (2010), se demostró que las especies del género *Acacia* son preferidas antes que especies del género *Atriplex* a pesar de contener mayores concentraciones de taninos en comparación a las otras especies.

En Chile, los estudios se han enfocado en los espinos por ser una de las especies forestales nativas más ampliamente distribuida a lo largo de todo Chile, lo cual implica que, es la mejor adaptada. Estudios realizados por Figueroa (2009), determinaron que la harina de cotiledón de semilla de espino posee un 49,7 % de proteína, 16,6 % de lípidos y 5,9 % de fibra cruda (Ballester, 2011). Gómez (2011) analizó la composición química del fruto maduro chancado de espino teniendo como resultado 12,8% de proteína bruta, una digestibilidad aparente de un 72,4% y con un 31% fibra de detergente neutro (FDN), porcentaje menor en comparación con otras especies del género lo que lo convierte en un buen suplemento para rumiantes. Cabe mencionar que, previo a éstos estudios, Mlambo *et al.*, (2008), destacó que la única limitante en la utilización de semillas y frutos de especies del género *Acacia* es su contenido de taninos en hojas y vainas, porque podrían presentar una posibilidad de toxicidad (características comunes entre las especies pertenecientes a la familia de las Fabaceae) sobre el 5% de la dieta (Piluzza *et al.*, 2013). Sin embargo, el fruto de espino, al presentar características nutricionales favorables, se puede considerar un suplemento a utilizar como apoyo en hembras rumiantes en último tercio de gestación (Gómez, 2011), donde la alimentación de las madres cobra especial importancia, ya que, por ejemplo en ovinos, la suplementación influirá directamente en el peso de los corderos al destete (Treacher y Caja, 2002; Pond *et al.*, 2003), sobre todo si la pradera es deficiente en calidad.

Gómez (2011), en su ensayo de suplementación, presentó el fruto de espino "chancado" dado que las vainas poseen ciertas restricciones de consumo en cuanto a la dureza de su "cáscara". Según Gómez (2011), el fruto de espino chancado facilita la digestión de las semillas, las cuales en su mayoría se parten, asegurando la entrega de proteína a las ovejas.

Si bien existen antecedentes de que especies del género *Acacia* son preferidas entre rumiantes menores, y que los frutos del espino son de mejor calidad en relación a otras especies del género, pensando en un uso más comercial del fruto de espino como ingrediente de un suplemento alimenticio, es que se pensó probar en un ensayo de cafetería (o de selección) qué forma de presentación del fruto sería la más preferida.

La aceptación de los frutos, podría estar supeditada al menor o mayor nivel de contenido de polifenoles, y éste a su vez, a la madurez del fruto; ya que, éstos que influyen en la palatabilidad (Robbins *et al.*, 1987b). Además, se podría esperar que el fruto maduro posea una mayor calidad que el fruto verde dado su mayor desarrollo del embrión en la semilla. Y por otro lado, el alimento peletizado podría tener una mayor aceptabilidad que el fruto molido dado que, las cabras prefieren alimentos secos, presentados en forma "peletizada" que los que se presentan finamente molidos, como son las harinas porque son muy sensibles a la irritación del aparato respiratorio, producto de la acción de estas partículas sólidas finamente molidas (Morand-Fehr, 2003).

Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio es detectar preferencia de consumo por un alimento experimental (en base a fruto de espino) en particular, ofrecido en distintas formas de presentación (molido y peletizado) y cosechado en dos momentos de cosecha (frutos verdes y maduros).

Hipótesis 1: El fruto maduro tiene mayor aceptabilidad que el fruto verde.

Hipótesis 2: El alimento peletizado tiene mayor aceptabilidad que el fruto molido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del ensayo

El estudio se realizó en un sector del Programa de Rumiantes Menores y Pastizales de Secano de la Estación Experimental Germán Greve Silva, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en la comuna de Maipú, Región Metropolitana (33° 28' S y 70° 51' O). Los análisis químicos proximales del fruto se realizaron en el laboratorio de la Universidad Austral de Chile y el análisis químico de fenoles en el laboratorio del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos.

Materiales

Los materiales que se utilizaron durante el estudio:

- Sacos de 50 kg.
- Estufa con aire forzado.
- Peletizadora de matriz plana.
- Molino de martillo.
- Balanza.
- 6 ovejas Suffolk Down.
- Galpón con 6 corrales.
- 24 comederos de madera (20x50x8cm).
- 6 baldes de 20 L cada uno, como bebederos.
- 4 tipos de suplemento en base a frutos de espino.

Métodos

El estudio se dividió en 2 etapas: pre-experimental, de cosecha de frutos, preparación de suplementos, selección de animales y de acostumbramiento, y una etapa experimental de registro.

Metodología etapa pre-experimental

Cosecha de vainas

Se cosecharon frutos de espino (materia prima) en distintos momentos de madurez durante la misma temporada en la Estación Germán Greve Silva. El fruto verde se cosechó durante los meses de Enero y Febrero 2013, mientras que el fruto maduro fue cosechado entre los meses de Marzo y Abril 2013.

Preparación de los tratamientos

En cuanto a la preparación de los suplementos, tanto el fruto cosechado verde como el fruto cosechado maduro se secaron en una estufa a 30 °C durante 48 h con el objetivo de homogenizar las muestras. Luego de este secado previo, se molió a un tamaño de partícula de 2 mm, y luego en el caso del pelet, se peletizó. Cabe señalar que para el proceso de peletizado se utilizó agua como aglomerante a razón de 30/70 (agua/harina); la mezcla se homogenizó y procesó con una peletizadora de matriz plana, con pellets de 6 mm de diámetro por 3 cm de largo.

Selección de los animales

Se seleccionaron seis borregas Suffolk Down de aproximadamente un año de edad y peso promedio de $43,3 \pm 0,8$ kg del rebaño ovino, como representantes del grupo de rumiantes de la Estación Experimental Germán Greve Silva.

Periodo de acostumbramiento

En el periodo de acostumbramiento se sometió a las 6 ovejas seleccionadas a las condiciones del ensayo ofreciéndoles durante 6 días los 4 tratamientos en los corrales con el fin de acostumbrar a las ovejas a la nueva alimentación y además, a estar lejos del rebaño para así evitar cuadros de estrés en la etapa siguiente.

Desde esta fase las borregas se privaron de alimentación durante la noche (18:00 a 09:00 h), y fueron suplementadas en la mañana (09:00 a 10:00 h). El resto del día se mantuvieron en un potrero con pradera anual de clima mediterráneo y agua a libre disposición. De cada tratamiento se les proporcionó 200 g de cada forma de presentación de frutos de espino simultáneamente en cuatro comederos distintos durante 1 hora al día.

Tratamientos

- FVM: fruto verde molido.
- FVP: fruto verde peletizado.
- FMM : fruto maduro molido.
- FMP : fruto maduro peletizado.

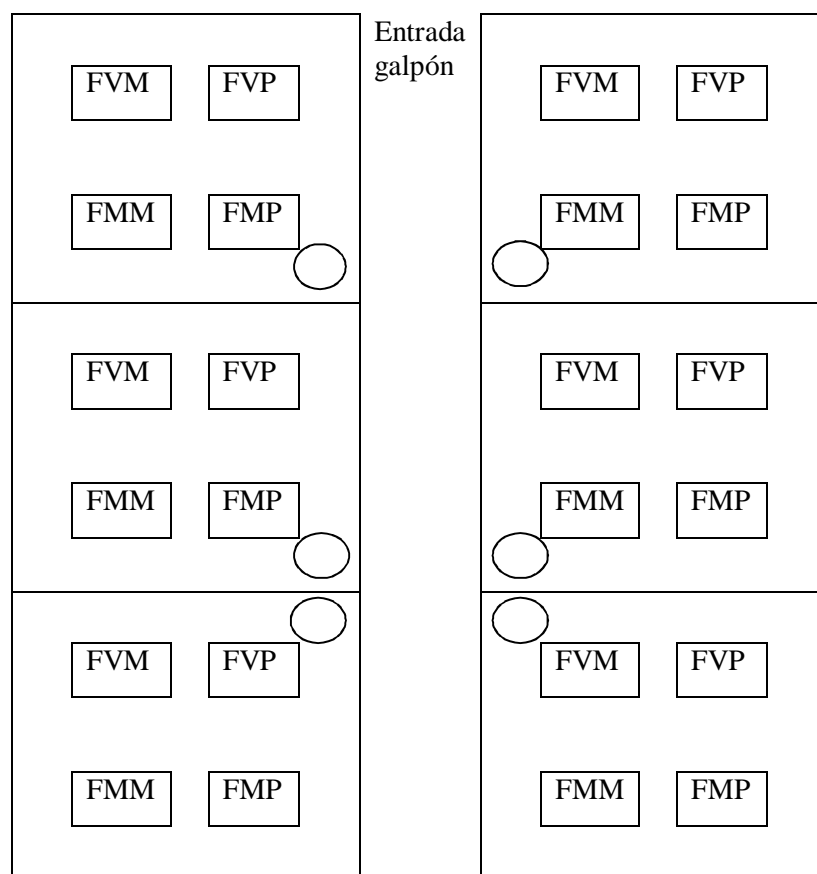


Figura 1. Ejemplo de la distribución de los comederos y bebederos en los corrales.

Metodología etapa experimental

En la etapa experimental se continuó practicando las condiciones de la etapa pre-experimental, pero además se midió la cantidad del remanente de cada suplemento para determinar la cantidad consumida por cada borrega. Cabe destacar que, diariamente el suplemento se rotó en los comederos de forma de evitar el acostumbramiento y, por otro lado, los animales ingresaron diariamente a los corrales en forma aleatoria.

En total se sometieron al ensayo de cafetería 6 borregas, donde cada animal se consideró como una repetición. Normalmente, en ensayos de cafetería se usan 6 (Atwood *et al.*, 2006; Duncan y Young, 2002; Rodríguez *et al.*, 2008; Scharenberg *et al.*, 2007; van Dorland *et al.*, 2008) y 8 repeticiones (Dikmen *et al.*, 2009; Distel *et al.*, 2007; Provenza *et al.*, 1996; Yurtseven y Öztürk, 2009).

Variables medidas

Las variables medidas fueron:

- Consumo (g): se midió por tratamiento a través de la diferencia entre la oferta de alimento (200 g) y el remanente que quedó en cada comedero luego del tiempo de exposición.

A partir de las mediciones de consumo diario por animal, se calculó el consumo proporcional de cada suplemento con respecto al consumo total de suplementos y el índice de selectividad de Jacobs (Jacobs, 1974), para determinar la preferencia por cada tipo de presentación:

- Consumo proporcional: se calculó por tratamiento, y correspondió a la división entre el consumo particular de un alimento (FVM, FMM, FVP, FMP) y el consumo total (CT= FVM+ FMM+FVP+FMP)

- Índice de selectividad: El índice de selectividad (D_i) de Jacobs (Jacobs, 1974), se utilizó para determinar la preferencia de las borregas por un suplemento usando la siguiente relación:

$$D_i = (DR_i - RA_i) / (DR_i + RA_i - 2RA_i DR_i)$$

Donde,

DR_i (consumo proporcional) es la relación entre el consumo de materia seca (DMI) de un alimento en particular (DMI_i) y el consumo total de todos los alimentos ofrecidos (DMI_p).
 $DR_i = DMI_i / DMI_p$.

RA_i (abundancia relativa) es la relación entre la cantidad ofrecida de un alimento en particular (DMO_i) y la cantidad total ofrecida de todos los alimentos (DMO_p):
 $RA_i = DMO_i / DMO_p$.

El índice de selectividad de Jacobs es simétrico en torno a "0" (no hubo selectividad) y se mueve en un rango entre "-1" (máxima selectividad negativa o rechazo) y "+1" (máxima selectividad positiva o preferencia). Alimentos con índices negativos indican que su consumo proporcional es menor a la proporción ofrecida; alimentos con índices iguales a "0" indican que su consumo proporcional es similar a la proporción ofrecida y alimentos con índices positivos indican que su consumo proporcional es mayor a la proporción ofrecida (Kam *et al.*, 1997, citado por Degen *et al.*, 2010).

Análisis de composición química de los frutos

Se realizó un análisis de la composición química de los frutos de espino cosechados verdes y maduros que incluyó materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, proteína bruta, energía bruta, energía metabolizable, valor D y fenoles totales.

- Materia seca (% MS): se determinó secando la muestra en estufa a 105°C hasta tener un peso constante.

- Materia orgánica digestible en la materia seca (% Valor D¹): mediante el método de digestibilidad *in vitro* con licor ruminal de Tilley y Terry, modificado por Göering y Van Söest (1970).

- Digestibilidad de los alimentos: fue calculada a partir del valor D.

- Proteína bruta (% PB): se obtuvo por determinación del contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl (Blaedel y Meloche, 1963) y el producto de N * 6,25 se obtuvo la PB. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

- Fibra detergente neutro (% FDN): se determinó en un destilador de fibra VELD por el método de Göering y Van Söest (Göering y Van Söest, 1970).

- Fibra detergente ácido (% FDA): se determinó por el método de Göering y Van Söest (Göering y Van Söest, 1970), de igual forma como se realizó para el análisis de fibra detergente neutro.

- Energía bruta (MJ kg⁻¹): se determinó por combustión de la muestra en presencia de oxígeno usando un calorímetro de bomba balístico GALLENKAMP (Givens, 1986).

- Energía metabolizable: se estimó mediante regresión a partir del valor D (Garrido y Mann, 1981).

- Polifenoles totales: se determinaron previa precipitación diferencial cuantitativa (PVP-2) y ensayados, según se describe en el procedimiento interno del Laboratorio de Análisis de Antioxidantes del INTA (MME-Pro-001), el cual se basa en el método de Wu *et al.* (2004).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue un diseño completamente aleatorizado, analizado en base a un modelo de medidas repetidas en el tiempo, cuyos tratamientos fueron cuatro: fruto verde molido (FVM); fruto verde peletizado (FVP); fruto maduro molido (FMM) y fruto maduro peletizado (FMP). La unidad experimental fue la oveja con un total de 6 repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron mediante ANDEVA de medidas repetidas con un nivel de significancia del 5%. Se utilizó el test de comparaciones múltiples de Tukey para la separación de medias.

Luego, una vez que se verificó que no existían diferencias significativas entre las formas de presentación de los frutos, sino más bien, por el estado de desarrollo del fruto, se realizó un análisis de componentes principales (análisis cuantitativo) de las diferentes variables de calidad de las harinas para determinar qué factores fueron los que más influyeron sobre la preferencia de los animales (Balzarini, *et al.*, 2008). Para esto, se utilizó el promedio del índice de Jacobs de ambas formas de presentación para cada estado de desarrollo como variable de clasificación. Este promedio fue comparado con cada variable de calidad de los frutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad y composición química de los frutos

Los resultados del análisis químico de las harinas de fruto de espino utilizadas para la confección de los suplementos, muestran que no existieron diferencias significativas ($P>0,05$) entre frutos maduros y frutos verdes para los valores de fibra detergente ácido, proteína bruta y energía bruta. La harina proveniente de frutos de espino maduros presentó una mayor proporción de materia seca, un mayor contenido de fibra detergente neutro, energía metabolizable y valor D (Cuadro 1). Los frutos verdes presentaron mayor concentración de polifenoles totales que los frutos maduros ($P\leq 0,05$).

Cuadro 1. Composición química de frutos de espino (promedio \pm DE) cosechados en dos momentos de su ciclo de desarrollo.

	Momento de cosecha	
	Fruto verde	Fruto maduro
Materia seca (%)	53,8 \pm 1,2 ^a	95,1 \pm 1,7 ^b
Fibra detergente neutro (%)	30,9 \pm 0,6 ^a	34,8 \pm 1,6 ^b
Fibra detergente ácido (%)	26,9 \pm 0,6 ^a	27,5 \pm 1,8 ^a
Proteína bruta (%)	15,8 \pm 0,4 ^a	15,4 \pm 0,8 ^a
Energía bruta (MJ/kg MS)	19,8 \pm 0,2 ^a	20,3 \pm 0,6 ^a
Energía metabolizable (MJ/kg MS)	8,1 \pm 0,1 ^a	9,2 \pm 0,5 ^b
Valor D ¹ (%)	51,3 \pm 0,9 ^a	59,2 \pm 3,3 ^b
Polifenoles totales (mg EAG/100 g Mta.)	3,88 \pm 0,24 ^a	3,41 \pm 0,35 ^b

Valores con diferente letra en la misma fila son estadísticamente diferentes ($P\leq 0,05$).

¹ Materia orgánica digestible en la materia seca.

El valor nutricional de los frutos de espino, tanto cosechados verdes como maduros, es similar al obtenido en frutos de otras especies del género *Acacia* (Mlambo *et al.*, 2008; Yayneshet *et al.*, 2008). En diversos estudios, se ha observado que los valores promedio de FDN de los frutos de diferentes especies de *Acacia* son superiores al 35% y el contenido de proteína bruta es inferior al 15% (Mlambo *et al.*, 2008; Sanon *et al.*, 2008, Velázquez *et al.*, 2005), mientras que los frutos de *Acacia caven* poseen valores de FDN inferiores al 35% y porcentajes de proteína bruta superior al 15%, independiente del momento de cosecha. Dado esto, y en base a los valores de energía metabolizable y valor D, es posible señalar que los frutos de espino pueden constituir un suplemento de buen valor nutritivo.

Al comparar los momentos de cosecha, se pudo observar que los frutos maduros poseen mejores características nutricionales que los frutos verdes (a excepción del valor de FDN). Si bien es cierto se podría esperar que el grado de madurez afecte el valor nutricional de los frutos, el mayor nivel de desarrollo de la semilla y, por tanto, su mayor proporción con respecto a la vaina del fruto, podría explicar los resultados obtenidos en el presente ensayo. Según los análisis químicos realizados por Figueroa (2009), los cotiledones de la semilla de espinoso poseen un 49% de proteína, a diferencia de lo observado en el fruto completo, cuyos valores son cercanos al 15% (Cuadro 1). Así, queda de manifiesto que la calidad como suplemento que poseen los frutos, depende del aporte que pueda hacer la semilla con respecto al total.

Preferencia y consumo de los suplementos

El consumo absoluto de los diferentes suplementos presentó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). El consumo de los suplementos basados en frutos verdes, tanto molidos como peletizados, fue menor que los suplementos basados en frutos maduros (Cuadro 2). No existió un efecto significativo de la forma de presentación de las harinas (molidas versus peletizadas) en el consumo de los suplementos.

Al expresar estos resultados como consumo proporcional con respecto al total de los suplementos ofrecidos, se observó que el consumo de los suplementos basados en frutos verdes fue de 19% para el suplemento molido y 14% para el suplemento peletizado. Estos valores fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$) en comparación a los suplementos basados en fruto maduro (35% y 32%, para el suplemento maduro molido y maduro peletizado, respectivamente) (Cuadro 2).

El índice de selectividad de Jacobs mostró que los suplementos basados en frutos verdes fueron rechazados por los animales (-0,3 y -0,4, para el suplemento verde molido y verde peletizado, respectivamente); mientras que el suplemento basado en fruto maduro molido fue levemente preferido (0,12) y el suplemento basado en fruto maduro peletizado no presentó una selectividad determinada (indiferente).

Cuadro 2. Consumo de materia seca, consumo proporcional de cada suplemento e índice de selectividad de Jacobs (promedio \pm EE) de cuatro formas de presentación del fruto de espino ofrecido a ovejas.

	Tratamientos			
	FVM ¹	FVP ²	FMM ³	FMP ⁴
Consumo del suplemento (g MS)	17,5 \pm 2,3 ^a	13,3 \pm 1,3 ^a	43,5 \pm 5,8 ^b	44,8 \pm 8,8 ^b
Consumo proporcional del suplemento	0,19 \pm 0,03 ^a	0,14 \pm 0,02 ^a	0,35 \pm 0,04 ^b	0,32 \pm 0,04 ^b
Índice de selectividad de Jacobs	-0,30 \pm 0,09 ^a	-0,40 \pm 0,06 ^a	0,12 \pm 0,09 ^b	0,05 \pm 0,09 ^b

Valores con diferente letra en la misma fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$).

¹ Fruto verde molido; ² fruto verde peletizado; ³ fruto maduro molido; ⁴ fruto maduro peletizado.

El consumo y preferencia que realizan los herbívoros por determinado alimento, estaría influenciado por dos factores principales, el contenido nutricional y la presencia de elementos tóxicos en las plantas (Torregrossa y Dearing, 2009). Por ejemplo, al someter a ciervos a un ensayo de cafetería, los animales seleccionaron plantas con una mayor digestibilidad y un menor contenido de fenoles (Degen *et al.*, 2010).

En ecosistemas áridos y semiáridos, el forraje proveniente de hojas y frutos de árboles y arbustos forrajeros, normalmente posee contenidos elevados de compuestos fenólicos y taninos (Mlambo *et al.*, 2008). Estos últimos son un grupo heterogéneo de polímeros polifenólicos de peso molecular y complejidad variable. Los fenoles y taninos se sintetizan para satisfacer demandas comunes de las plantas, pero también como una respuesta a estreses bióticos y abióticos (Alonso *et al.*, 2007). Los taninos pueden ser clasificados en dos subgrupos, aquellos condensables (también llamados proantocianidinas) y taninos hidrolizables. Ambas clases tienen efectos benéficos o adversos, dependiendo de su concentración, estructura, fuente de origen en la planta y especie animal, su estado fisiológico y dieta (Piluzza *et al.*, 2013). Concentraciones definidas de taninos en el forraje (20-50 g kg⁻¹ de materia seca) pueden ser utilizadas para aumentar la eficiencia de la digestión de la proteína y la productividad en rumiantes alimentados con forraje y han sido utilizadas para desarrollar un sistema ecológicamente más sustentable para el control de enfermedades en pastoreo (Barry y McNabb, 1999).

Los taninos forman complejos con las proteínas que posee el forraje, impidiendo que ésta quede disponible para los microorganismos del rumen (Ben Salem *et al.*, 2000). En el estudio realizado por Gómez (2011), se observó que los frutos maduros de espino poseen 33 g de taninos condensables por kg de materia seca, valor inferior a lo detectado en hojas de otras especies de *Acacia* (Degen *et al.*, 2010).

Sin embargo, en plantas, los taninos condensables también cumplen otras funciones, por ejemplo, como factores protectores frente a una posible depredación por herbívoros (Barbehenn y Constabel, 2011). La presencia de altos niveles en la dieta puede afectar a los herbívoros mediante la reducción de la digestibilidad de la proteína (Rhoades y Cates, 1976; Robbins *et al.*, 1987a) o mediante una toxicidad sistémica (Dollahite *et al.*, 1966; Martin *et al.*, 1987). Desde un punto de vista evolutivo, los herbívoros, exitosamente han desarrollado mecanismos para superar estos efectos adversos, por ejemplo, herbívoros a pastoreo consumen dietas virtualmente “libres” de taninos y tienen una capacidad muy reducida para tolerar fenoles solubles, mientras que los herbívoros ramoneadores normalmente consumen una variedad de taninos contenidos en las plantas y están mejor preparados para tolerar fenoles (Robbins *et al.*, 1987b).

La afinidad entre los taninos y las proteínas puede ser variable. Por ejemplo, las proteínas ricas en prolina se les ligan estrechamente, de hecho, las mucoproteínas salivares ricas en prolina (PRPs) se considera como una adaptación evolutiva de algunos herbívoros a dietas ricas en taninos (Barry, 1989). Algunas proteínas salivares como las proteínas ricas en prolina están presentes en los herbívoros ramoneadores y ausentes en los herbívoros a pastoreo. Ovejas y cabras poseen un perfil de proteínas salivares similares, sin embargo, las cabras poseen una gama más amplia y hay otras proteínas que sólo están presentes en ovejas; lo que podría ser revelador para un estudio futuro en el cual se identifique una función fisiológica de las proteínas salivares relacionada con diferencias en los comportamientos alimenticios de estas especies (Lamy *et al.*, 2008). En resumen, niveles de proteínas salivares que se unen a taninos, se asocian a los niveles de taninos en la dieta (Mehansho *et al.*, 1983; Mehansho *et al.*, 1987; Mehansho *et al.*, 1992; Austin *et al.*, 1989; Hagerman y Robbins, 1993; Fickel *et al.*, 1998; Makkar y Becker, 1998; Clauss *et al.*, 2003^a y 2003^b), lo cual está estrechamente relacionado con la evolución de los carnívoros a herbívoros (McArthur *et al.*, 1995) ya que, la presión de selección fomentó la presencia de proteínas salivares con una función de defensa en contra de compuestos antinutricionales y/o sustancias tóxicas presentes en las plantas.

Con respecto a la preferencia de las ovejas por los frutos maduros, como se muestra en el Cuadro 2, los frutos verdes poseen una mayor concentración de polifenoles totales. En el vino, los polifenoles flavan-3-ol monómeros y proantocianidinas proporcionan el amargor y la astringencia (Kennedy *et al.*, 2000). Lees *et al.* (1995), sugirió que, las plantas son capaces de “reciclar” el contenido de taninos condensables en las vacuola de hojas viejas entrando en senescencia, lo cual fue reafirmado por Mlambo *et al.*, (2008) quien aseveró que el mayor contenido de taninos en estructuras comestibles de los árboles y arbustos, se concentra en frutos verdes y hojas. En estudios hechos en uvas viníferas, se menciona que una significativa proporción de polifenoles se concentra en la semilla y que éstos sufren cambios de acuerdo al grado de madurez del fruto: los niveles disminuyen por efecto de la oxidación de flavanol-3-ol monómeros y procianidinas a través de la maduración, (Keneddy *et al.*, 2000). Esto podría indicar que los frutos verdes de espinillo podrían poseer un contenido mayor de taninos que los frutos maduros. Así, el menor contenido de taninos que presentarían los frutos maduros, junto con su mayor valor nutricional (Cuadro 1), explicarían el mayor consumo y preferencia de los suplementos fabricados con esta harina.

La Figura 2 muestra el resultado de un análisis de componentes principales donde el 79,1% de la variación total de la selectividad está explicado por las dos primeras componentes (CP1 Y CP2). Con este análisis se pudo detectar asociaciones entre el índice de selectividad y características constitutivas de los frutos verdes y maduros.

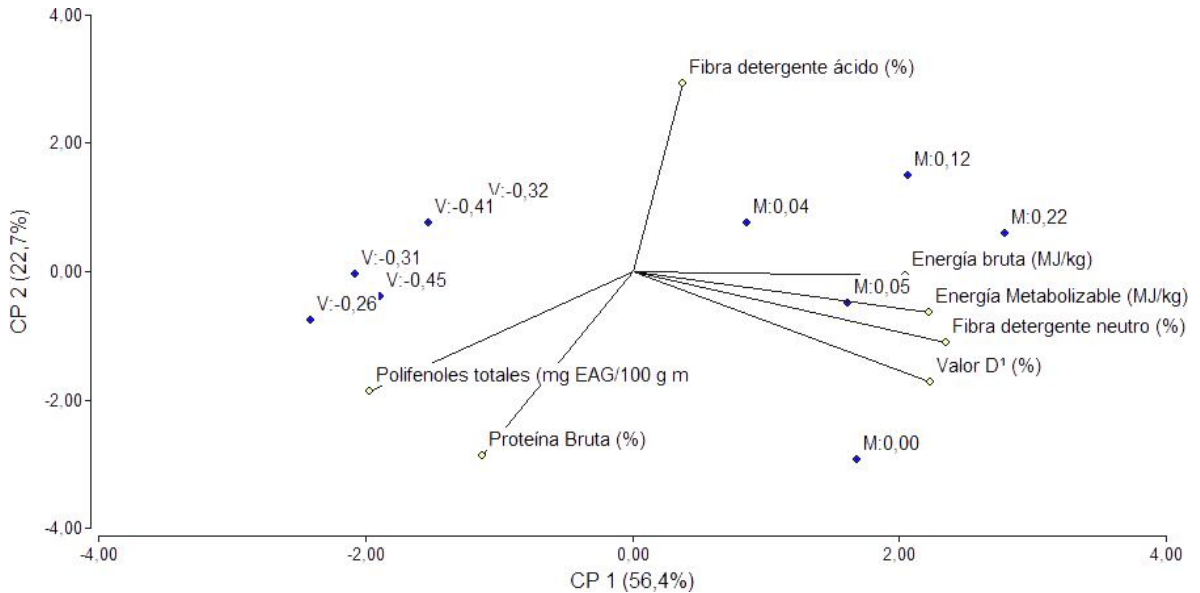


Figura 2. Influencia de la calidad del fruto en la preferencia (índice de Jacobs). V: fruto verde, M: fruto maduro.

A nivel de CP1, que es la componente que explica por sí sola el 56,4% de la variabilidad total, los casos con índices de Jacobs negativos se separan de los casos con índices de Jacobs positivos. Índices de Jacobs positivos se correlacionan positivamente con energía bruta, energía metabolizable, fibra detergente neutro y valor D, mientras que no se observó una asociación con fibra detergente ácido. Índices de Jacobs positivos se correlacionaron negativamente con polifenoles totales y proteína bruta.

Con respecto a la relación entre índices negativos de Jacobs con la proteína bruta en frutos verdes (Figura 2), si bien es cierto, se esperaría que la proteína estuviera relacionada con un aumento de consumo y aceptación, se debe tener precaución en las características de la proteína y además, en la entrega de la energía para que ésta pueda ser utilizada; ya que, podría generarse a un desbalance entre las concentraciones de energía y proteína a nivel ruminal, lo que provocaría una mayor excreción de nitrógeno en fecas y orina. Este fenómeno es aún más importante cuando se trabaja con alimentos ricos en taninos en donde la disponibilidad de proteínas a nivel ruminal, dependerá de la asociación tanino-proteína (Degen *et al.*, 2010). Éste fenómeno ha sido observado con dietas de *Atriplex spp.* donde se ha observado una pobre utilización de proteína bruta que fue excretada en la orina (Hassan y Abd El Aziz, 1979) y también, en cabras y ovejas con una dieta exclusiva de *A. saligna* y *A. salicina*, las cuales perdieron masa muscular y se encontraban en un balance negativo de nitrógeno (Degen *et al.*, 1997; El-Meccawi *et al.*, 2008). Esto último explicaría la asociación positiva entre fenoles totales y proteína cruda, ya que en frutos verdes posiblemente la proteína se encuentre mayormente ligada a taninos.

Dado que, los índices de Jacobs negativos se relacionan a los frutos verdes, se puede inferir que los animales rechazaron los frutos verdes de acuerdo a las mayores concentraciones de polifenoles totales.

En resumen, es posible concluir que la selección de los frutos maduros se debe a la mejor palatabilidad de ellos, explicada por el menor contenido de fenoles totales.

En relación al proceso de peletizado, no se observaron efectos benéficos de este procesamiento. El peletizado corresponde a la aglomeración de partículas finas de alimento mediante el uso de presión mecánica, humedad y calor (Abdollahi *et al.*, 2013) y su objetivo fundamental es aumentar el nivel de consumo y disminuir las pérdidas de alimento. Sin embargo, se han observado efectos negativos en la calidad del alimento sometido al proceso de peletizado, debido a cambios químicos y físicos que sufren las materias primas (Svihus, 2011). Por ejemplo, el proceso de peletizado provoca una disminución en la digestibilidad del almidón (Abdollahi *et al.*, 2013), lo que podría afectar el valor nutricional del suplemento. Además, los cambios físicos producto de una diferente presentación de las harinas (mayor dureza), podrían provocar una menor aceptación de los suplementos. En el presente estudio, no se observó un aumento o disminución de la aceptación de los frutos producto de este procesamiento, por lo que la utilización de la peletización podría justificarse sólo como un método para disminuir las pérdidas de alimento en los comederos.

Al analizar el comportamiento de consumo y selectividad a través del ensayo (Figura 3), se pudo observar que los suplementos basados en frutos maduros presentaron una tendencia a incrementar su nivel de aceptación y consumo en la medida en que avanzó la fase experimental. Sin embargo, el consumo de los suplementos provenientes de frutos verdes, se estabilizó en valores cercanos a 15 – 20 gramos animal⁻¹ día⁻¹, mientras que los suplementos basados en frutos maduros presentaron un consumo superior a los 40 gramos animal⁻¹ día⁻¹, con una marcada tendencia a superar los 60 gramos animal⁻¹ día⁻¹ (Figura 3).

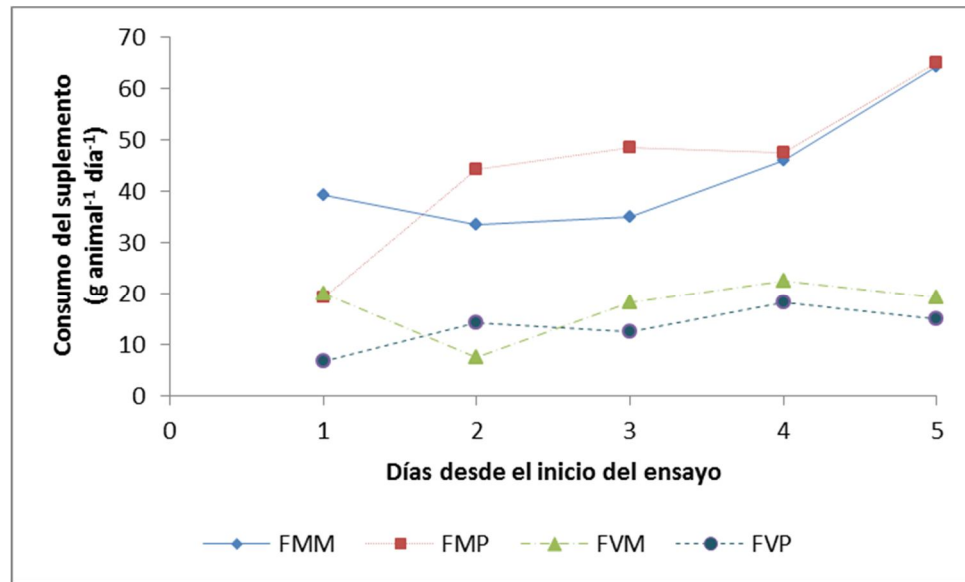


Figura 3. Consumo de los diferentes suplementos a través de la duración de la fase experimental.

Esto podría indicar que, en un futuro sería posible utilizar los frutos maduros de espino como suplemento para rumiantes menores y también, probar el efecto de la suplementación en rumiantes mayores.

CONCLUSIONES

En base a los resultados del ensayo, es posible concluir que:

- El valor nutricional de las harinas de frutos maduros es superior al valor nutricional de harinas obtenidas de frutos verdes de espino.
- El consumo absoluto y el consumo proporcional de los suplementos fabricados con frutos maduros de espino fue mayor que el consumo de los suplementos basados en frutos verdes, independiente de la forma de presentación.
- El proceso de peletización no aumenta la aceptación de las diferentes harinas, independiente del momento de cosecha de los frutos de espino.
- Los índices de Jacobs de los frutos maduros fueron superiores respecto a los frutos verdes independiente de la forma de presentación.
- Las ovejas prefieren los frutos maduros por sobre los frutos verdes de acuerdo a los niveles de polifenoles totales y a la calidad del fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdollahi, M.R., Ravindran, V. and Svihus, B. 2013. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Animal Feed Science and Technology* 179 (1-4): 1-23.
- Alonso, M., Oliveros, S. and Calcagno M. 2007. Phenolics and condensed tannins of high altitude *Pteridium arachnoideum* in relation to sunlight exposure, elevation, and rain regime. *Biochemical Systematics and Ecology* 35: 1–10.
- Atwood, S.B., Provenza, F.D., Villalba, J.J., and Wiedmeier, R.D. 2006. Intake of lambs offered ad libitum access to one of three iso-caloric and iso-nitrogenous mixed rations or a choice of all three foods. *Livestock Science* 101: 142–149.
- Austin, P., Suchar, L., Obbins, C. and Hagerman, A. 1989. Tannin binding proteins in the saliva of deer and their absence in the saliva of sheep and cattle. *Journal of Chemical Ecology* 15 (4): 1335– 1347.
- Ballester, P. 2011. Efecto de la suplementación con frutos de *Acacia caven* (Mol.) Mol. durante la lactancia de ovejas Suffolk, sobre el peso al destete de sus corderos. Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 45 p.
- Balzarini M., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A. y Robledo C. 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Barbehenn R. and Constabel C. 2011. Tannins in plant–herbivore interactions. *Phytochemistry* 72: 1551– 1565.
- Barry, T. 1989. Condensed tannins their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. In: Nolan J.V., Leng R.A. and Demeyer D.I. (eds) *The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion*, pp. 153–169. Armidale, NSW, Australia: Penambul Books.
- Barry T. and McNabb W. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British Journal of Nutrition* 81: 263–272.
- Bate-Smith, E. C. and Swan, T. 1953. Identification of leucoanthocyanins as tannins in foods. *Chemistry and Industry*. 397 p.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Ben Salem, L. and Tisserad, J. 2000. Deactivation of condensed tannins in *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage by polyethylene glycol in feed blocks: Effect on feed intake, diet digestibility, nitrogen balance, microbial synthesis and growth by sheep. *Livestock Production Science* 64: 51-60.

Blaedel, W. and Meloche, V. 1963. Elementary quantitative analysis, theory and practice. 2nd Edition. Harper and Row. New York.

Clauss, M., Lason, K., Gehrke, J., Lechner-Doll, M., Fickel, J., Grüne, T. and Streich, W. 2003a. Captive roe deer (*Capreolus capreolus*) select for low amounts of tannic acid but not quebracho: fluctuation of preferences and potential benefits. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 136:369–382.

Clauss, M., Lechner-Doll, M. and Streich, W. 2003b. Ruminant diversification as an adaptation to the physicommechanical characteristics of forage. A reevaluation of an old debate and a new hypothesis. *Oikos* 102:253–262.

Degen, A., Blanke, A., Becker, K., Kam, M., Benjamin, R. and Makkar, H. 1997. The nutritive value of *Acacia saligna* and *Acacia salicina* for goats and sheep. *Animal Science* 64:253-259.

Degen, A., El-Meccawi, S. and Kam, M. 2010. Cafeteria trials to determine relative preference of six desert trees and shrubs by sheep and goats. *Livestock Science* 132 (1-3): 19-25.

Dikmen, S., Ustuner, H., Turkmen, I.I. and Ogan, M., 2009. Fattening performance and feed source preference of native Awassi lambs fed individually in a cafeteria feeding system. *Tropical Animal Health and Production* 41: 485–491.

Distel, R.A., Rodríguez Iglesias, R.M., Arroquy, J. and Merino, J., 2007. A note on increased intake in lambs through diversity in food flavor. *Applied Animal Behaviour Science* 105: 232–237.

Dollahite, J., Housholder, G. and Camp, B. 1966. Effect of calcium hydroxide on the toxicity of post oak (*Quercus stellata*) in calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 148: 908-912.

Duncan, A.J. and Young, S.A., 2002. Can goats learn about foods through conditioned food aversions and preferences when multiple food options are simultaneously available?. *Journal of Animal Science* 80: 2091–2098.

El-Meccawi, S., Kam, M., Brosh, A. and Degen, A. 2008. Heat production and energy balance of sheep and goats fed sole diets of *Acacia saligna* and *Medicago sativa*. *Small Ruminant Research* 75: 199-203.

Fickel, J., Goritz, F., Joest, B., Hildebrandt, T., Hofmann, R. and Breves, G. 1998. Analysis of parotid and mixed saliva in roe deer (*Capreolus capreolus L.*). *Journal of Comparative Physiology B* 168: 257–264.

- Figueroa, K. 2009. Caracterización de las propiedades tecnológicas de la harina de cotiledón de la semilla de espinillo (*Acacia caven* (Mol.) Mol.). Memoria de Título Ing. Agr., Facultad de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 30 p.
- Garrido, O. y Mann, E. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente de pastoreo a través del año. Memoria de título, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 59 p.
- Givens, I. 1986. New methods for predicting the nutritive value for silage: 5 p. *In*: Stark, A. y Wilkinson, P. (eds.). Development in silage. Chalcombe Publications, Marlow, Great Britain.
- Göering, H. and Van Soest, P. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook 379. ARS-USDA, Washington, D.C. 76 p.
- Gómez, D. 2011. Efecto de la suplementación con frutos de espinillo (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) en la condición corporal, peso vivo en último tercio de gestación y peso al nacimiento de corderos en ovejas suffolk. Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 32 p.
- Hagerman, A. and Robbins, C. 1993. Specificity of tannin-binding salivary proteins relative to diet selection by mammals. *Canadian Journal of Zoology* 71:628–633.
- Hassan, N. and Abd El Aziz, H. 1979. The effect of barley supplementation on nutritive value of saltbush (*Atriplex numularia*). *World review of animal production* 15:47-52.
- Jacobs, J. 1974. Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's selectivity index. *Oecologia* 14, 413–417.
- Kennedy, J., Troup, G., Pilbrow, J., Hutton, D., Hewitt, D., Hunter, C., Ristic, R., Iland, P. and Jones, G. 2000. Development of seed polyphenols in berries from *Vitis vinifera* L. cv Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6: 244-254.
- Lamy, E., da Costa, G., e Silva, F., Potes, J., Varela, A. and Sales E. 2008. Comparison of electrophoretic protein profiles from sheep and goat parotid saliva. *Journal of Chemical Ecology* 34: 388-397.
- Lees G., Gruber M. and Suttill N. 1995. Condensed tannins in sainfoin. Occurrence and changes during leaf development. *Canadian Journal of Botany* 73: 1540–1547.
- Makkar, H. and Becker, K. 1998. Adaptation of cattle to tannins: role of proline-rich proteins in oak-fed cattle. *Animal Science* 67: 277–281.

- Martin, J., Martin, M. and Bernays, E. 1987. Failure of tannic acid to inhibit digestion or reduce digestibility of plant protein in gut fluids of insect herbivores: Implications for the evolution of plant defense. *Journal of Chemical Ecology* 13:605-621.
- McArthur, C., Sansons, G. and Beal, A. 1995. Salivary proline-rich proteins in mammals: roles in oral homeostasis and counteracting dietary tannin. *Journal of Chemical Ecology* 21: 663–691.
- Mehansho, H., Hagerman, A., Clements, S., Butler, L., Ogler, J. and Carlson, D. 1983. Modulation of proline-rich protein biosynthesis in rat parotid glands by sorghums with high tannin levels. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A* 80: 3948–3952.
- Mehansho, H., Butler, L. and Carlson, D. 1987. Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interactions, induction and defense mechanism. *Annual Review of Nutrition* 7: 423–440.
- Mehansho, H., Asquith, T., Butler, L. G., Ogler, J. and Carlson, D. 1992. Tannin-mediated induction of proline-rich protein synthesis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 93–97.
- Mlambo, V., Mould, F., Sikosana, J., Smith, T., Owen, E. and Mueller-Harvey, I. 2008. Chemical composition and in vitro fermentation of tannin-rich tree fruits. *Animal Feed Science and Technology* 140: 402-417.
- Morand-Fehr, P. 2003. Dietary choices of goats at the trough. *Small Ruminant Research* 49 (3): 231-239.
- Olivares, A., Johnston, M. y Contreras, X. 1998. Régimen pluviométrico del secano interior de la Región Metropolitana. *Avances en Producción Animal* 23 (1-2): 35-43.
- Olivares, A. 1986. Manejo de praderas en regiones mediterráneas de pluviometría limitada. Pp. 109 – 124 *In: García, G. (Ed.). Producción ovina. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agronómicas. Santiago, Chile. 344 p.*
- Olivares, A. 2006. Relaciones entre el estrato arbóreo, el estrato herbáceo y la conducta animal en el matorral de *Acacia caven* (espinal). *Sécheresse* 17 (1-2): 333-339.
- Piluzza, G., Sulas, L. and Bullitta, S. 2013. Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass and Forage Science* 69 (1): 32–48.
- Pond, W., Church, D. y Pond, K. 2003. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda edición. Limusa Wiley. 635 p.*

Provenza, F.D., Scott, C.B., Phy, T.S. and Lynch, J.J., 1996. Preference of sheep for foods varying in flavors and nutrients. *Journal of Animal Science* 74: 2355–2361.

Rhoades, D. and Cates, R. 1976. Toward a general theory of plant antiherbivore chemistry, J.W. Wallace and R.L. Mansell (eds.). *Recent Advances in Phytochemistry*. Plenum, New York. pp. 168-213.

Robbins, C., Hanley, T., Hagerman, A., Hjeljord, O., Baker, D., Schwartz, C. and Mautz, W. 1987a. Role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in protein availability. *Ecology* 68:98-107.

Robbins, C., Mole, S., Hagerman, A. and Hanley, T. 1987b. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion? *Ecology* 68:1606-1615.

Rodríguez, A.B., Bodas, R., Prieto, N., Landa, R., Mantecón, A.R. and Giráldez, F.J., 2008. Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. *Livestock Science* 116: 118–125.

Sanon, H., Kaboré-Zoungrana, C. and Ledin, I. 2008. Growth and carcass characteristics of male Sahelian goats fed leaves or pods of *Pterocarpus lucens* or *Acacia senegal*. *Livestock Science* 117: 192-202.

Santibáñez, F., Silva, M., Sther, K y Mansilla, A. 1983. Control climático del crecimiento y la fenología de una pradera mediterránea anual. *Avances en Producción Animal*, 8 (1/2): 9-17.

Scharenberg, A., Arrigo, Y., Gutzwiller, A., Soliva, C.R., Wyss, U., Kreuzer, M. and Dohme, F. 2007. Palatability in sheep and in vitro nutritional value of dried and ensiled sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), and chicory (*Cichorium intybus*). *Archives of animal nutrition* 61: 481–496.

Svihus, B. 2011. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal* 67: 207–223.

Torregrossa, A.M. and Dearing, M.D., 2009. Nutritional toxicology of mammals: regulated intake of plant secondary compounds. *Functional Ecology* 23: 48–56.

Treacher, T. and Caja, G. 2002. Nutrition during lactation: 23 p. *In*: Freer, M. y Dove, H. (Eds.). *Sheep nutrition*. CABI Publishing – CSIRO Publishing. Wallingford, New York, Collingwood. 383 p.

van Dorland, H.A., Kreuzer, M., Leuenberger, H. and Wettstein, H.-R., 2008. Eating behaviour of dairy cows offered fresh or ensiled white clover, red clover and ryegrass to choose from or in a mixture. *Applied Animal Behaviour Science* 111: 205–221.

Velázquez, J., Perez-Grovas, R., Velasco, M. E., Zaragoza, L. y Rodríguez, G. 2005. Evaluación de vainas de quebracho (*Acacia farnesiana*) en alimentación de ganado lanar. *Archivos de Zootecnia* 54: 535-540.

Yayneshet, T., Eik, L. O. and Moe, S. R. 2008. Feeding *Acacia etbaica* and *Dichrostachys cinerea* fruits to smallholder goats in northern Ethiopia improves their performance during the dry season. *Livestock Science* 119: 31-41.

Yurtseven, S. and Öztürk, I., 2009. Influence of two sources of cereals (corn or barley) in free choice feeding on diet selection, milk production indices and gaseous products (CH₄ and CO₂) in lactating sheep. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 4: 76–85.

Wu, X., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S. and Prior, R. 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 4026-4037.