

Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería Agronómica.



Utilización del bagazo de la industria artesanal de cerveza
en alimentación caprina. Evaluación de parámetros
ruminales y digestibilidad del tracto total.

Nombre: Francisco Calcaterra

Nº de Legajo: 27319/7

DNI: 38.087.205

Dirección de correo electrónico: fcalcaterra3@gmail.com

Teléfono: 02477518689

Director: Dr. Rubén Arias

Co – Director: Ms. Ing. Agr. Carlos Ángel Cordiviola

Fecha: 03/09/2021

Índice:

1. Resumen	5
2. INTRODUCCIÓN.....	6
2.1. Producción caprina en Argentina	6
2.2. Sistemas de producción caprina:	6
2.3. Fisiología digestiva de los rumiantes	8
2.4. Tipos de alimentación caprina.....	9
2.5. Alternativas en la suplementación.....	12
2.6. Aprovechamiento de subproductos de la agroindustria como fuente de suplementación.....	13
2.6.1. Bagazo de cebada	14
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivo general:	17
3.2. Objetivos específicos:	17
4. HIPÓTESIS:	17
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1. Animales e instalaciones.....	18
5.2. Composición del alimento	18
5.3. Tratamientos	20
Experimento 1:.....	21
Experimento 2:.....	22
5.4. Análisis estadístico:.....	23
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7. CONCLUSIÓN	29
8. BIBLIOGRAFIA	30

Indice de Tablas:

Tabla 1. Composición química de los alimentos utilizados	35
Tabla 2. Consumo, digestibilidad total aparente y relación heno/BC según tratamiento.....	37

Indice de Figuras:

Figura 1. Clasificación de alimentos	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Degradabilidad ruminal del heno de CN según tratamiento.	38
Figura 3. Correlación entre la relación HCN/BC y degradabilidad ruminal del HCN	39
Figura 4. Degradabilidad del BC a las 24 h post incubación ruminal.....	40
Figura 5. Degradabilidad del BC a las 48 h post incubación ruminal.....	41
Figura 6. Degradabilidad ruminal según horas de incubación en cada tratamiento.....	42
Figura 7. Evolución del pH ruminal según hora y tratamiento.....	43

Abreviaturas:

Ácidos grasos volátiles (AGV)

Bagazo de cebada (BC)

Consumo total fibra detergente neutra (CTFDN)

Consumo total energía metabolizable (CTEM)

Consumo total materia seca (CTMS)

Energía digestible (ED)

Energía metabolizable (EM)

Explotaciones agropecuarias (EAPs)

Extracto etéreo (EE)

Extracto libre de nitrógeno (ELN)

Fibra Bruta (FB)

Fibra detergente acida (FDA)

Fibra detergente neutra (FDN)

Heno de campo natural (HCN)

Materia seca (MS)

Nutrientes digestibles totales (NDT)

Peso vivo (PV)

Proteína Bruta (PB)

Relación consumo heno de campo natural y bagazo de cebada en la dieta consumida (H/BC)

1. Resumen

El objetivo del siguiente trabajo fue evaluar la incorporación de bagazo de cebada (BC) en la alimentación de cabras cruzada criolla x Nubian. El estudio se realizó en la Unidad Experimental Caprina de la FCAyF de UNLP. Cuatro cabras fistuladas con cánulas específicas para pequeños rumiantes en un diseño experimental de cuadrado latino (4x4) recibieron cuatro dietas: (M₀)= Heno de Campo Natural (HCN) *ad libitum*, (M₁)= HCN *ad libitum* + 300 gr/día de BC en materia tal cual, (M₂)= HCN *ad libitum* + 600 gr/día de BC en materia tal cual, (M₃)= HCN *ad libitum* + 1200 gr/día de BC en materia tal cual. Se midió consumo de materia seca, pH ruminal, fibra, degradabilidad *in situ* y digestibilidad total de las dietas. En relación al consumo total de materia seca y de fibra detergente neutra (FDN) no difirió significativamente entre tratamientos ($p>0,05$). La ingesta de HCN verificó una tendencia hacia una disminución lineal con el incremento de BC en la dieta ($p=0,083$), el de energía metabolizable y proteína bruta aumentó linealmente ($p<0,05$). La digestibilidad total no registró diferencias ($p>0,05$) con cantidades crecientes del bagazo. La degradabilidad ruminal del HCN aumentó linealmente ($p<0,05$) a mayores cantidades de BC en la dieta. La degradabilidad ruminal del BC para las 24 y 48 h de incubación ruminal no arrojaron diferencias ($p>0,05$). El pH ruminal promedio del día no verificó diferencias ($p>0,05$) entre tratamientos. En síntesis, la incorporación de BC mejoró los niveles de energía y proteína bruta de la dieta permitiendo una mayor degradabilidad ruminal del HCN.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Producción caprina en Argentina

En la República Argentina existen, según el último censo, 2.573.681 caprinos, la mayoría de ellos de tipo criollo, habiendo un total de 31.896 explotaciones agropecuarias (EAPs) (CNA, 2018).

La actividad referente a la cría y explotación del ganado caprino la realizan en su totalidad pequeños productores por dos motivos fundamentales:

- El ganado caprino se adapta a cualquier terreno, permitiendo el comienzo de actividades generadoras de ingreso en ambientes hostiles al surgimiento de otras actividades económicas.
- La cría y explotación del ganado caprino es considerada agresiva hacia el medio ambiente, por lo que generalmente no se realiza esta actividad en los buenos campos (PROCAL II, 2011).

2.2. Sistemas de producción caprina:

Según el diseño y las características generales de cada sistema de producción podemos encontrar los siguientes casos:

Sistemas extensivos: Son la mayoría, se encuentran en los terrenos menos productivos y emplean grandes superficies. La tecnificación es escasa o nula y es común encontrar sobrepastoreo, esto último ha ocasionado una gran erosión del suelo y degradación de la vegetación. La escasez de alimentación induce otras características del sistema como son: estacionalidad en la época

de empadre, venta de los cabritos al destete, nula o muy baja disponibilidad de leche para la venta, y escasa reposición de vientres, manteniendo el plantel con animales viejos para mantener el número de la majada general, siendo éstos animales improductivos de baja condición corporal, baja eficiencia de conversión y baja fertilidad, haciendo disminuir la productividad general. Estos sistemas componen la mayor parte del inventario y la producción nacional. Los sistemas orientados a producir carne en las zonas áridas, semiáridas y el trópico seco son principalmente de este tipo (Gioffredo y Petryna., 2010).

Sistemas semi-intensivos. Se localizan en regiones con mayor productividad, en donde se combina el pastoreo y ramoneo en algunas épocas del año, con el aprovechamiento de residuos de cosecha y de la vegetación de áreas marginales. Es frecuente que los recursos económicos que generan estos sistemas permitan que se tecnifiquen e integren en forma apreciable, lo cual aunado a la calidad de la nutrición permite una productividad por animal más elevada que los sistemas extensivos, y programar la actividad reproductiva a través del año, sin aumentar mucho los costos de producción. La caprinocultura de gran parte de la región templada del país es de este tipo (Gioffredo y Petryna., 2010).

Sistemas intensivos. Emplean mucho capital y poco terreno, con una administración eficiente y alta tecnificación. Es común que estén bien integrados en la transformación de sus productos, teniendo generalmente tamaño de rebaños que exceden el mínimo para mantener los gastos familiares básicos. Se ubican en regiones cercanas tanto a sus fuentes de insumos como

a sus mercados. Aunque constituyen una minoría de la caprinocultura, hay ejemplos en el norte y centro del país. (Gioffredo y Petryna., 2010).

2.3. Fisiología digestiva de los rumiantes

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies no-rumiantes. La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales. Los microorganismos responsables de la digestión fermentativa incluyen bacterias, protozoos y hongos. La importancia nutricional de las bacterias radica en que realizan la mayor parte de la actividad celulolítica del rumen, y por otro lado son capaces de sintetizar proteínas a partir de compuestos nitrogenados no proteicos, especialmente amoníaco. Una forma general de clasificar las bacterias es en celulolíticas que son aquellas que fermentan celulosa, hemicelulosa y pectinas y dan como producto final ácidos grasos volátiles (AGV) (especialmente acetato). Y por otro lado están las amilolíticas que fermentan almidón y producen AGV (especialmente propionato) (Relling & Mattioli 2013).

El tipo de hidrato de carbono predominante en la dieta condiciona el desarrollo del tipo de flora adecuada para su fermentación y el ajuste del pH a su rango ideal (6 a 6,9). El pH ruminal debe regularse para efectivizar la degradación ruminal del alimento y para ello el rumiante pone en juego tres factores

moderadores del pH ruminal: la saliva, la producción y absorción de AGV y la velocidad de absorción de éstos últimos. La mayor parte de las proteínas que llegan al intestino son propias del soma bacteriano independientemente del aporte proteico de la dieta ya que los microorganismos ruminales degradan más de la mitad las proteínas consumidas. Además de la proteína bacteriana en el intestino se absorbe proteína pasante que es aquella que paso por el rumen sin ser degradada por los microorganismos (Relling & Mattioli 2013).

2.4. Tipos de alimentación caprina

Los alimentos se pueden clasificar en:

2.4.1. Forrajes: Son productos de origen vegetal llamados también voluminosos porque tienen bajo peso por unidad de volumen. Esta clasificación incluye productos de gran variabilidad físico-química. La mayoría de los forrajes incluidos en esta categoría tienen altos tenores de fibra bruta (FB), más del 18 %.

Pasturas frescas: Son el alimento natural de los herbívoros en pastoreo, base de la ganadería de nuestro país. Se dividen en especies: naturales y cultivadas, anuales y perennes, siendo las familias más importantes: gramíneas y leguminosas.

Conservados: Son aquellos alimentos a los cuales se los somete a un proceso de transformación físico o químico para una mejor preservación, dentro de este grupo tenemos:

- **Henos:** Son los forrajes deshidratados naturalmente (curado al sol) o en forma artificial para lograr su conservación y ser usados en momentos de

escasez de alimento o de suplementación estratégica. Estos pueden ser de diversos recursos forrajeros: campo natural, pasturas o verdes.

- *Ensilaje*: Es el material producido por una fermentación anaeróbica controlada con elevado porcentaje de humedad.

- *Pajas, rastrojos y diferidos*: Gran cantidad de residuos de cosechas están disponibles especialmente de los cultivos anuales. En forma general se caracterizan por poseer: bajos % PB la cual tiene baja digestibilidad y altos tenores de carbohidratos estructurales muy lignificados.

2.4.2. Concentrados: Comprende esta clasificación los granos, subproductos de molinería, grasas, aceites y otros disponibles en menor cantidad y restringidos a determinadas áreas geográficas. Pudiéndose mencionar los granos de gramíneas y oleaginosas, las distintas grasas y aceites y el nitrógeno no proteico siendo el más importante la urea.

2.4.3. Subproductos de la agroindustria: De la producción y procesamiento de los alimentos por el hombre se originan numerosos subproductos y residuos que pueden y deben ser destinados a la alimentación animal. Un número importante de los mismos tienen características nutritivas diferentes según el origen y el tipo de proceso industrial. En general presentan la particularidad de ser muy concentrados en uno o más nutrientes (proteínas, lípidos) por lo que se deben analizar cuidadosamente para poder combinarlos en forma correcta, con otros alimentos en dietas equilibradas.

Como ejemplo se pueden mencionar aquellos que provienen de la fabricación de la cerveza siendo los más comunes la hez de malta (seca y húmeda) y los

granos de destilería, principalmente cebada mezclada con maíz. Estos subproductos son en general muy palatables, ricos en proteína con una degradabilidad intermedia. Debieran participar en un 20 % de la ración.

2.4.4. Suplementos: son específicos para cubrir ciertos requerimientos pueden ser minerales (calcio, fosforo, sodio, hierro, cobre por nombrar algunos) o vitamínicos (vitamina A, B, K entre otras).

2.4.5. Aditivos: Los aditivos son ingredientes que se incluyen generalmente en pequeñas cantidades para conseguir un propósito específico. Pudiendo mencionarse antibióticos, saborizantes, conservantes, ionóforos entre otros (Parsi et al. 2001).

Forrajes	Frescos	Pasturas perennes	Gramíneas	C3
				C4
		Anuales	Leguminosas	Templadas
				Tropicales
	Conservados	Henos		
		Silajes		
		Henolajes		
	Rastrojos			
	Diferidos			
Concentrados	Granos	Cereales		
		Oleaginosas		
	Grasas y aceites			
	Nitrógeno no proteico			
Subproductos de la agroindustria	Origen vegetal	Industria aceitera		
		Industria molinera		
		Industria frutihortícola		
		Industria azucarera		
		Industria cervecera		
		Industria vitivinícola		
		Industria de la golosina y panadería		
	Industria maderera y papelera			
	Origen animal	Industrias lácteas		
		Industria pesquera		
Industria frigorífica				
	Industria avícola			
	Suplementos minerales			
	Suplementos vitamínicos			
Aditivos	Buffer			
	Antibióticos			
	Saborizantes			
	Antioxidantes y conservantes			

Figura 1. Clasificación de alimentos

2.5. Alternativas en la suplementación

Suplementar es la acción de administrar un alimento o mezcla de alimentos, o nutriente que se agregan a otro que se llama dieta base. Por ejemplo, a animales pastoreando (la dieta base es el pasto), se les administra una cantidad fija de un concentrado (suplemento).

Los objetivos de la suplementación son incrementar la producción animal, cubrir los requerimientos básicos de los animales (proteína, minerales, etc), cubrir los requerimientos en momentos de emergencias (sequías, inundaciones, etc.), incrementar las ganancias individuales, aumentar la carga animal y mejorar la producción por ha.

La oferta de suplementos es elevada y se puede clasificar en:

a) *Mineral*: Es una suplementación específica para cubrir requerimientos. Por ejemplo, el uso de sal común con una fuente de fósforo y calcio, en zonas con deficiencias.

b) *Energético*: granos de cereales, pulpa de citrus, y silajes de maíz o sorgo.

c) *Energético-proteico*: afrecho de trigo y arroz, semilla de algodón, bagazo de cebada (elaboración artesanal).

d) *Proteico*: harina de algodón, harina de girasol, hez de malta (elaboración industrial), expeller de girasol, harina de pluma (Kucseva & Balbuena. 2012).

La suplementación puede ejercer dos efectos principales: uno de ellos es la adición, que se basa en el aporte de nutrientes ausentes en la base forrajera y el restante es la sustitución, por cual se genera una reducción en el consumo

de forraje en pie que es sustituido por el suplemento. Estos efectos dependen de la cantidad y composición del sustituto aprovisionado. Se considera que aportes diarios menores al 0,5 % del peso vivo (PV) poseen efectos aditivos, entre el 0,5 y 1,5 % comienzan a aparecer los efectos sustitutivos, y más allá del 1,5 % de PV el efecto es únicamente sustitutivo, de manera que según el objetivo buscado debe respetarse la cantidad de sustituto utilizado, ya que de lo contrario se puede producir un incremento indeseable de los costos (Rodríguez, 2005).

2.6. Aprovechamiento de subproductos de la agroindustria como fuente de suplementación.

El notable desarrollo de la agricultura nacional, acompañado por un fuerte incremento en la industrialización de las materias primas ha generado un abanico muy amplio de alimentos alternativos. Estos subproductos poseen alto valor nutricional debido a que en los procesos de extracción industrial se concentran en ellos uno o más compuestos químicos, tales como proteínas, lípidos y carbohidratos fibrosos. Incluso, muchos pueden constituir fuentes alternativas de energía (Gallardo, 2014). Los principales subproductos son:

- *Provenientes de la molienda de cereales:* afrechillo de trigo, gluten feed (Gallardo, 2014).
- *Subproductos de la destilería:* hez de malta (bagazo de cebada, sémola de maíz, arroz quebrado, dependiendo del origen), residuos de bio-etanol (burlandas) (Gallardo, 2014).

- *Subproductos de la extracción de aceites comestibles y biodiesel:* cascarilla de soja, harinas y expeller de oleaginosas, soja, girasol y otros (Gallardo, 2014).

- *Subproductos de la industria vitivinícola:* orujo de uva (Arias et al., 2017).

- *Subproductos de las producciones hortícolas:* ensilado de destrío de tomate (Dandlen, 2020).

Por lo antes dicho podemos ver que podría ser conveniente la incorporación de suplementos a base de residuos o subproductos de la agricultura, ganadería y agroindustria ya que permiten:

a) Aumentar la producción de carne o leche, de origen animal, para ser utilizado en la alimentación humana. Este tema tiene un rol muy importante por el incremento de la población mundial.

b) Mejorar significativamente el resultado económico de los sistemas ganaderos, haciéndolo más sustentables en el tiempo.

c) Reducir los riesgos de contaminación ambiental al evitar que esos residuos o subproductos sean arrojados a las aguas (ríos, lagunas, mares), el suelo o el aire.

d) Utilizar insumos que no compitan con la alimentación y nutrición humana. (Fernández Mayer, 2014).

2.6.1. Caracterización del bagazo de cebada

De los posibles subproductos que se podrían utilizar para suplementar están aquellos de la industria cervecera, que resultan del proceso de la elaboración (selección de la cebada, germinación, malteado, elaboración del mosto y

fermentación). Estos presentan excelentes especificaciones de calidad en cuanto a proteína y energía, razón por la cual son empleados en la industria de los alimentos para consumo animal (Morales Vallecilla, 2014).

Su contenido de proteína cruda, aminoácidos, fibra, grasa, vitaminas y minerales; permiten emplearlas de acuerdo con los requerimientos nutricionales específicos tanto para no rumiantes (aves, cerdos, caballos y perros), como para rumiantes (ganado de leche y/o carne, ovejas y cabras) (Morales Vallecilla, 2014).

En el proceso de elaboración se producen cantidades importantes de un residuo insoluble, conocido localmente como bagazo de cebada. Este subproducto representa el 85% de los residuos y es en promedio el 31% del peso original de la malta utilizada durante el proceso. Es un producto húmedo cuyo contenido en materia seca es de un 20-25% (Davis, 2008). El bagazo de cebada es un subproducto rico en proteína, siendo su contenido proteico medio de un 24-26% sobre materia seca. El extracto etéreo representa un 6%. Es un subproducto rico también en fibra, con un contenido en fibra detergente neutro (FDN) del 44% y en fibra detergente ácido (FDA) del 20%, aunque se trata de una fibra muy poco efectiva (18%). El contenido en lignina es de un 5% y el de cenizas de un 7%. En el residuo mineral se destaca el contenido en fósforo (P) (6 g/kg), siendo más bajo (3 g/kg) el contenido en calcio (Ca). El contenido en energía metabolizable es de 2,86 Mcal/kg. La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación de un 7%/hora. Se trata pues de un alimento de elevado contenido proteico, siendo ésta una proteína que escapa, en buena parte, de la degradación ruminal, es utilizado en

la alimentación de rumiantes, especialmente vacas lecheras, debido a su alto contenido de fibra (FEDNA, 2004). Según datos obtenidos por el INTA Balcarce (Fernández, 2010), bagazos derivados de la elaboración industrial de cerveza, arrojaron valores de MS, PB y EM de 16%, 30,5% y 2,39 Mcal, respectivamente.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general:

- Evaluar el efecto de la incorporación de bagazo de cebada en la alimentación de cabras cruza criolla x Nubian.

3.2. Objetivos específicos:

1. Determinar la composición química de los alimentos de las dietas probadas.
2. Evaluar el consumo de la materia seca total de la dieta asignada, del bagazo de cebada y del forraje (heno de campo natural).
3. Determinar la digestibilidad del tracto total de la materia seca consumida.
4. Evaluar el efecto de la incorporación del bagazo de cebada sobre el pH ruminal.
5. Determinar la degradabilidad *in situ* del bagazo de cebada y del heno de campo natural.

4. HIPÓTESIS:

- El bagazo de cebada es un suplemento apto para ser incorporado en la alimentación caprina, por elevar el tenor proteico y energético de una dieta a base de heno de campo natural.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Animales e instalaciones

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Caprina de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Se utilizó como suplemento a la dieta base de las cabras, bagazo de cebada (*Hordeum vulgare*), residuo de la producción local de cerveza artesanal.

Cuatro cabras cruza (criolla x Nubian), no gestantes, secas, de 5 años de edad, de $41,200 \pm 0,594$ Kg de PV promedio y fistuladas con cánulas específicas para pequeños rumiantes fueron incorporadas a un diseño experimental de cuadrado latino (4x4) con una (1) repetición y 7 días de *wash out* entre períodos. Las cabras fueron alojadas en compartimentos individuales (0,80m x 1,50m) con piso rejilla de madera (listones), comederos, pasteras y bebederos automáticos tipo chupete. Se tomaron los registros del peso de los animales al comienzo de cada período.

5.2. Composición del alimento

La composición nutricional de los alimentos fue determinada en el laboratorio de Bioquímica y Fotoquímica de FCAyF (Tabla 1).

5.2.1. Determinación de materia seca (MS):

Muestras de 50 g de forraje, HCN y BC fueron secadas en estufa (SOMCIC, Argentina) 95-100°C (AOAC, 1995) durante 24 horas o hasta peso constante para la determinación de materia seca. El contenido de materia seca fue

calculado por diferencia de peso. Las determinaciones se realizaron por duplicado para cada tipo de dieta.

5.2.2. Determinación FDN y FDA:

A cada muestra previamente molidas con un molino de malla 1 mm se les determinó FDA y FDN. Se seguirá la técnica de (Van Soest, 1994) modificada por (Komarek & Robertson 1994), utilizando un equipo analizador de fibra marca Ankom modelo 200. Se utilizó α -amilasa termoestable (Sigma A3306) y sulfito de sodio para la determinación de FDN. Las determinaciones se realizaron por duplicado para cada tipo de dieta. Los resultados se expresaron en Kg/día.

5.2.3. Determinación de proteína bruta (PB):

Se realizó la determinación de nitrógeno total por el método de Kjeldahl-N, según AOAC (1995). Se calculó el porcentaje de proteína corrigiendo el valor por un factor de corrección de 6,25 para obtener el valor de PB. Las determinaciones se realizaron por duplicado para cada tipo de dieta.

5.2.4. Determinación energía metabolizable (EM):

La energía metabolizable se estimó de manera indirecta a través del análisis proximal de Weende (Henneberg & Stohnman 1865). Luego con el contenido de nutrientes digestibles totales (NDT) se calcula la energía digestible (ED).

Con este valor se procede a calcular el valor de energía metabolizable a través de la fórmula:

$$EM \text{ (Mcal/kg)} = 1.01 * ED \text{ (Mcal/kg)} - 0.45$$

La ecuación usada para hacer la conversión de NDT a EM se derivó de ensayos con dietas completas (NRC, 2001)

5.2.5. Determinación de Extracto etéreo (EE):

La extracción del éter es un procedimiento bastante simple que requiere un aparato tipo Soxhlet en el que el éter es hervido, condensado y se le permite pasar a través de la muestra del alimento. Se pone una muestra de 1 a 2 g en un filtro de papel y se los coloca en el extractor dentro de un cartucho de extracción. Se ponen 50 ml de Éter Etílico anhidro en un vaso de precipitado se coloca en el extractor y se calienta para que el éter al ser condensado gotee sobre el cartucho. Cuando esto se logra se prende el extractor que va a extraer 2 - 3 gotas / segundo por 16h. Luego se deja de calentar se coloca el cartucho en un vaso de precipitado y se calienta en horno a 100°C hasta peso constante.

$$\% \text{Extracto} = (\text{peso extracto} \times 100) / \text{peso de la muestra}$$

Peso extracto = peso del cartucho con muestra – peso del cartucho desengrasado (Galyean, 2010).

5.3. Tratamientos

Las dietas suministradas fueron:

(M0)= Heno de Campo Natural (HCN).

(M1)= HCN *ad-libitum* + 300 gr/día de BC en materia tal cual.

(M2)= HCN *ad-libitum* + 600 gr/día de BC en materia tal cual.

(M3)= HCN *ad-libitum* + 1200 gr/día de BC en materia tal cual.

Las dietas fueron formuladas para cubrir los requerimientos de mantenimiento de dichas cabras. Se implementó un período de quince días de acostumbramiento a cada dieta, previo a las determinaciones.

Experimento 1: Determinación de consumo de la materia seca total de la dieta asignada, del BC, del forraje y el efecto de la incorporación del BC sobre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca total consumida.

a) Determinación de consumo individual y materia seca (MS): Se calculó el consumo alimentario individual, mediante la diferencia entre lo entregado y lo rechazado expresado en Kg de MS. La MS ofrecida fue corregida a través de un incremento equivalente al rechazo del día anterior.

- *Consumo de materia seca total (CMST):*

Fue ajustado al 2,4% del peso vivo del animal para cubrir requerimientos de mantenimiento.

- *Consumo individual:*

Se determinó mediante la diferencia entre la cantidad de alimento entregado y el rechazado, durante los 4 días posteriores al período de acostumbramiento a

las diferentes dietas. Fue corregida a través de un incremento equivalente al rechazo del día anterior. El consumo fue expresado en Kg de MS/día (CMST).

b) Se estimó a partir de la tabla de composición nutricional de los alimentos (Tabla 1) el consumo de FDN, energía metabolizable (EM) y proteína bruta (PB).

c) Determinación de digestibilidad total aparente *in vivo*: Por cinco días consecutivos, posteriores al periodo de acostumbramiento, se colectó y se cuantificó la materia fecal excretada mediante un sistema de bolsa recolectora y arnés (Moore et al., 2002). Las mismas fueron vaciadas una vez al día pesando diariamente la totalidad de las heces y se calculó la digestibilidad total aparente *in vivo* de la MS consumida a partir de la diferencia entre lo ingerido y lo excretado en relación a lo ingerido, expresada en forma porcentual (%).

Experimento 2: Efecto de la incorporación del bagazo de cebada y del HCN utilizado sobre el pH ruminal y la degradabilidad *in situ*.

a) Determinación de pH ruminal: Se extrajo fluido ruminal mediante cánula a las 0, 6, 12 y 24 horas posteriores al suministro de la ración. Se determinó el pH utilizando un peachímetro digital (Silver Cap pH 5045-3B) equipado con electrodo de punción y termo sonda calibrado con soluciones buffer a pH 4 y 7 y se calculó el valor promedio de pH ruminal.

b) Determinación de la degradabilidad ruminal “*in situ*”: se realizó mediante la técnica de Ørskov et al., (1980). Se utilizaron bolsas de poliéster, marca Ankom, de 10 x 10 cm, de 40 a 60 micras de tamaño de poro lo cual impide la salida del alimento sin afectar la libre entrada de los microorganismos. Dentro de las bolsas, se colocó 10 mg/cm² de muestra de HCN, como del BC para asegurar un contacto adecuado de la muestra con el fluido ruminal (Galyean, 2010). El HCN y el BC fueron incubados por un período de 48 h (Li et al., 2011). Transcurrido dicho periodo, el material se retiró del rumen para ser lavado durante períodos de 10 minutos, hasta que el fluido fuese transparente y secado en estufa a 90-95°C durante 24 horas (AOAC, 1995). La degradabilidad se determinó a partir de la diferencia de peso de la muestra antes y después de la incubación *in situ* en las bolsas de nylon.

5.4. Análisis estadístico:

Para evaluar el efecto de cantidades crecientes de BC, se utilizó el siguiente modelo:

$$Y = \mu + T + UE + P + e$$

Y: variable dependiente

μ : media general del ensayo

T: tratamiento

UE: unidad experimental

P: período

e: error

Los datos fueron analizados por el procedimiento MIXED SAS (SAS, 2004) para un cuadrado latino 4 × 4 replicado, utilizando un modelo mixto que incluyó

el efecto fijo del muestreo (tratamiento, período) y el efecto aleatorio del animal. Se usaron contrastes ortogonales para determinar efectos lineales (L), cuadráticos (Q) y cúbicos (C). Se utilizó el test Tukey para el análisis de comparación de medias. Se realizó una regresión lineal simple para determinar el grado de correlación entre la degradabilidad ruminal del HCN y la relación HCN/BC. Las diferencias se consideraron significativas para valores de $p < 0,05$, y tendencias para valores de p entre 0,05 y 0,10.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el análisis químico del BC (Tabla 1), se pudo observar que presentó excelente calidad en cuanto valores de proteína bruta, energía metabolizable y fibra. Si bien con algunas diferencias por lo reportado en FEDNA (2004) y el INTA Balcarce (Fernández, 2010), atribuible a una potencialmente menor hidrólisis del almidón en el residuo proveniente de un proceso artesanal de elaboración. Teniendo por un lado mayor porcentaje de materia seca, FDN, FDA, EE y ELN (28%, 56%, 43%, 6,25%, 53,35% respectivamente) y por el otro, menor cantidad de PB (19%). En relación a la EM, si tomamos los valores reportados por el INTA Balcarce, los resultados de energía obtenidos en este trabajo fue de un 13,89% más elevado, esto podría deberse al mayor contenido de ELN, expresando indirectamente a la fracción de almidón.

En el primer experimento, se observó que la relación al consumo total de materia seca y de FDN no difirió significativamente entre tratamientos ($p > 0,05$) (Tabla 2). La ingesta de HCN verificó una tendencia hacia una disminución lineal con el incremento de BC en la dieta ($p = 0,083$). El consumo de energía metabolizable y proteína bruta aumentó linealmente ($p < 0,05$) entre M_0 y M_3 . Respecto a la digestibilidad total de la dieta consumida no se registraron diferencias significativas ($p > 0,05$) con cantidades crecientes del BC. La relación HCN/BC disminuyó linealmente ($p < 0,05$) cuando las cabras consumieron mayores cantidades de BC.

En relación al consumo, resultó adecuado para ruminantes y sin limitantes en la ingesta, para las cantidades probadas en este trabajo. Además, por su bajo costo, permitiría mejorar significativamente el resultado económico haciendo más sustentables los establecimientos ganaderos y reducir los riesgos de

contaminación ambiental al evitar que esos residuos o subproductos sean arrojados a las aguas, al suelo o el aire (Fernández Mayer, 2014; Morales Vallecilla, 2014).

Si bien se verificó una tendencia a un menor consumo del HCN con cantidades crecientes de BC, la menor relación HCN/BC evidencia un efecto sustitutivo con aportes diarios de bagazo mayores al 1 % del PV (Rodríguez, 2005), además de que el consumo total de materia seca (CTMS) fue igual en todos los tratamientos.

Si bien no se detectaron diferencias significativas, la digestibilidad total de la dieta consumida (M₃) resultó un 16,89% superior a la testigo, sustentada por una mayor participación de BC en la dieta (fracción más digestible) y por una mejora en la degradabilidad del HCN.

En el segundo experimento, se observó que la degradabilidad del HCN post incubación ruminal, aumentó de manera lineal ($p < 0,05$) a mayores cantidades de BC en la dieta (Figura 1). Mediante el análisis de medias se pudo verificar que M₂ y M₃ difirieron significativamente ($p < 0,05$) de M₀ y M₁. Mediante un análisis de regresión simple entre la degradabilidad ruminal del HCN y la relación HCN/BC, existió una relación estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con un coeficiente de correlación igual a -0,63 lo que indica una relación moderadamente fuerte entre las variables, (Figura 2).

La degradabilidad ruminal del BC para las 24 y 48 h de incubación ruminal no arrojó efectos significativos ($p > 0,05$) entre los diferentes tratamientos, (Figura 3 y 4).

Mediante un análisis de medias de la degradabilidad ruminal a las 24 y 48 horas post incubación ruminal del bagazo, se verificó que M_1 y M_3 no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para los diferentes horarios de incubación. En M_2 se registró una mayor degradabilidad ruminal de BC ($p < 0,05$) a las 48 h respecto a las 24 h de incubación ruminal (Figura 5).

Los mayores niveles de bagazo (M_2 y M_3) en las dietas, posibilitaron una prolongación de la actividad degradativa sobre el propio BC hasta las 48 h de incubación ruminal (Figura 5). Probablemente esto se deba a una adecuada sincronización y mayor disponibilidad de energía y proteína a nivel ruminal para el desarrollo de la microflora (Molina et al., 2003; Aello & Di Marco, 2000).

Respecto al pH ruminal promedio del día, no se observaron diferencias ($p > 0,05$) entre tratamientos y no se verificaron disminuciones de pH por debajo de 6 en las horas muestreadas (Figura 6).

El mayor aporte de proteína y energía producto de la incorporación de BC en la dieta, mejoró la degradabilidad ruminal del HCN. Probablemente esto se deba a un efecto asociativo positivo, debido a una mejora nutricional a nivel ruminal y para la flora celulolítica en particular (Arias et al., 2019).

En coincidencia con Relling & Mattioli (2013) el tipo de hidrato de carbono predominante en la dieta condiciona el tipo de flora adecuada para su fermentación y el ajuste del pH ruminal, evidenciado en este trabajo por los valores de pH registrados entre 6,2 a 6,9 (Figura 6). Así mismo, en concordancia con Arias et al, (2015) trabajando en cabras con diferentes niveles de suplementación con grano, los pH más bajos se registraron a las 6 horas post alimentación en las dietas que recibieron mayor cantidad de BC. Del

análisis del pH se ratifican los comportamientos diferenciados de M_0 y M_1 en relación a M_2 y M_3 .

7. CONCLUSIÓN

Se puede concluir que la incorporación de bagazo de cebada en una dieta para caprinos a base de heno de campo natural, mejoró los niveles de energía metabolizable y proteína bruta debido a un efecto sustitutivo, posibilitando una mayor degradabilidad ruminal del heno utilizado.

8. BIBLIOGRAFIA

1. **Aello M., O. Di Marco.** 2000. Digestión y metabolismo ruminal. In Nutrición animal. (ed) Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina. pp: 65-99.
2. **AOAC,** 1995 Dry mater in Animal Feed. Method number 934.01. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. vol. I. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, pp, I (Chapter 4).
3. **Arias R.O; C. A. Cordiviola; M.G. Muro; M.S. Trigo; A.C. Cattáneo; F.S. Calonge; A. G. Antonini.** 2015. Ground and whole grain corn: effect on ruminal pH in goat's diets. International Journal of Sciences. Vol (4): 11-15.
4. **Arias R.O; M.G. Muro; M. Boccanera; M.S. Trigo; D. Boyezuk; C.A Cordiviola.** 2019. Aporte nutricional del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cabras cruza criollas x Nubian. Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata. Vol 118 (1): 137-144.
5. **Arias R.O; M.G. Muro; J.P. Chavez; M.S. Trigo; A. Antonini; C. A. Cordiviola.** 2017. Uso de subproductos de la industria vitivinícola en dietas para cabras: Efecto sobre la digestibilidad total aparente y la degradabilidad ruminal in situ. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata Vol 116 (1): 101-107
6. **CNA.** 2018. Censo Nacional Agropecuario 2018. Resultados preliminares.

7. **Dandlen, J.** 2020. Utilización del destrío de tomate en la alimentación caprina. (en línea) consultado el 27 de Julio del 2021 en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/90809/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. **Davis, D.** 2008. Sistemas de alimentación para optimizar la rentabilidad de rebaños lecheros de alta productividad en EEUU. (en línea) Consultado el 21 de agosto del 2020 en. http://www.produccionAnimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/81-alimentacion.pdf.
9. **FEDNA.** 2004. Fundación Española Para el Desarrollo de la Nutrición animal, ES. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de forrajes y subproductos 29 fibrosos húmedos. España. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, ES. 28 p.
10. **Fernández H.H.** 2010. Tabla de composición de alimentos para rumiantes INTA Balcarce consultado el 27 de Julio del 2021 en. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/46-Tabla.pdf
11. **Fernández Mayer, C.A.** 2014. Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina. Boletín Técnico N°20, ISSN 0327 – 8549.
12. **Gallardo Miriam.** 2014. Ganadería de Precisión: uso de los subproductos de la agroindustria 5º jornada nacional de forrajes conservados

13. **Galyean, M. L.** 2010. Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research. Texas Tech Univ. Consultado el 21 de agosto del 2020 en http://apps.depts.ttu.edu/afs/home/mgalyean/lab_man.pdf. Último acceso Agosto 2018.
14. **Gioffredo J. J. & Petryna A.** 2010. Caprinos: generalidades, nutrición, reproducción e instalaciones. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Facultad de Agronomía y Facultad de Veterinaria. 20 pp.
15. **Henneberg W, Stohmann FCA.** *Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer.* Braunschweig , Schwetschke; 1863. p. 275.
16. **Komarek, A. R. & Robertson, J. B.** 1994. Comparison of the filter bag technique to conventional filtering in the Van Soest NDF analysis of 21 feeds. In National Conference of Forage Quality, Evaluation and Utilization.
17. **Kucseva Cesar Daniel & Balbuena Osvaldo.** 2012 Suplementación de bovinos para carne aspectos prácticos
18. **Li, Y. L., T. A. McAllister, K. A. Beauchemin, M. L. He, J. J. McKinnon & W. Z. Yang.** 2011. Substitution of wheat dried distiller's grains with soluble for barley grain or barley silage in feedlot cattle diets: Intake, digestibility, and ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 89:2491-2501.
19. **Molina, L.R., N.M. Rodríguez & L.C Goncalves.** 2003. Effect of tannin on in situ degradability of the dry matter and crude protein of six sorghum silage genotypes (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), harvested at dough stage. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia.* 55: 203-208.

- 20. Moore, J.A., M.H. Poore, J.M. Luginbuhl.** 2002. By-product feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment, and carcass characteristics. *Animal science journal*.80:1752-1758.
- 21. Morales Vallecilla, F.** 2014. Experiencias en el uso de residuos de la industria de cerveza en Colombia y Ecuador Boletín Técnico N°20, ISSN 0327 – 8549.
- 22. NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL).** 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Washington, DC., USA. National Academy Press. 381 p
- 23. Ørskov, E. R., F. D. De b Hovell & F. Mould.** 1980. The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production* 5: 195-213.
- 24. Parsi Jorge, Godio Leopoldo, Miazzo Raúl, Maffioli Roberto, Echevarría Alberto y Provensal Pedro.** 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas Cursos de Producción Animal, FAV UNRC.
- 25. PROCAL II.** 2011. Programa de Gestión de Calidad y Diferenciación de los alimentos. Caracterización del sector caprino en la Argentina [en línea]. PlaNet Finance. Consultado el 21 de Agosto del 2020 en http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/procal/estudios/04_Caprino/SectorCaprino_Argentina.pdf
- 26. Relling A & Mattioli G.** 2013. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. II Ed: Facultad de Ciencias Veterinarias. UNLP. 104 pp.

- 27. Rodríguez, D.** 2005. Estrategias para hacer más eficiente el consumo en bovinos de carne en pastoreo. www.produccion-animal.com.ar. Última actualización: 21.12.2018
- 28. SAS Institute Inc.** 2004. SAS On line Doc* 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute. Inc.
- 29. Van Soest, P.J.** 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press. 476 pp.

Tablas

Tabla 1. Composición química de los alimentos utilizados

Ítem	Bagazo de cebada	Heno de campo natural
MS (%)	28	88
PB (%)	19	5,8
FDN (%)	56	70
FDA (%)	43	43,9
EM (Mcal/KgMS)	2,72	1,5
EE (%)	6,25	1,2
ELN (%)	53,35	-

MS (%): materia seca expresada en porcentaje.

PB (%): proteína bruta expresada en porcentaje.

FDN (%): fibra detergente neutra expresada en porcentaje.

FDA (%): fibra detergente ácida expresada en porcentaje.

CTEM: Consumo total de Energía Metabolizable (Mcal/día).

EM (Mcal/KgMS): energía metabolizable expresado en Megacaloría/Kg MS.

EE: extracto etéreo expresado en porcentaje.

ELN: extractivo libre de nitrógeno

Tabla 2. Consumo, digestibilidad total aparente y relación heno/BC según tratamiento. Letras distintas indican diferencia significativa según el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$

Ítem	Dietas				EE	Contrastes			P-valor
	M ₀	M ₁	M ₂	M ₃		L	Q	C	
CTMS (Kg/día)	0,890 ^a	0,951 ^a	0,992 ^a	1,065 ^a	0,095	0,154	0,937	0,88	0,548
CMSH (Kg/día)	0,890 ^a	0,818 ^a	0,715 ^a	0,686 ^a	0,095	0,083	0,818	0,79	0,345
CTFDN (Kg/día)	0,640 ^a	0,676 ^a	0,675 ^a	0,716 ^a	0,068	0,426	0,973	0,78	0,866
CTEM (Mcal/día)	1,271 ^a	1,401 ^a	1,871 ^b	1,876 ^b	0,140	0,010	0,665	0,24	0,044
CTPB (Kg/día)	0,051 ^a	0,067 ^a	0,098 ^b	0,106 ^b	0,006	0,001	0,500	0,22	0,003
DTMS (%)	46,76 ^a	49,88 ^a	51,38 ^a	54,66 ^a	3,928	0,149	0,454	0,31	0,288
H/BC	-----	84/16 ^a	73/27 ^b	59/41 ^c	5,151	0,034	0,772	-----	0,003

M₀: 100% heno de campo natural (HCN) *ad libitum*.

M₁: 1% del PV de bagazo de cebada (BC) y HCN *ad libitum*.

M₂: 2% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

M₃: 3% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

CTMS (Kg): Consumo de materia seca total por día expresado en porcentaje del PV.

CMSH: Consumo de materia seca de HCN expresado en Kg por día.

CTFDN: Consumo total de FDN expresado en Kg por día.

CTEM: Consumo total de Energía Metabolizable (Mcal/día).

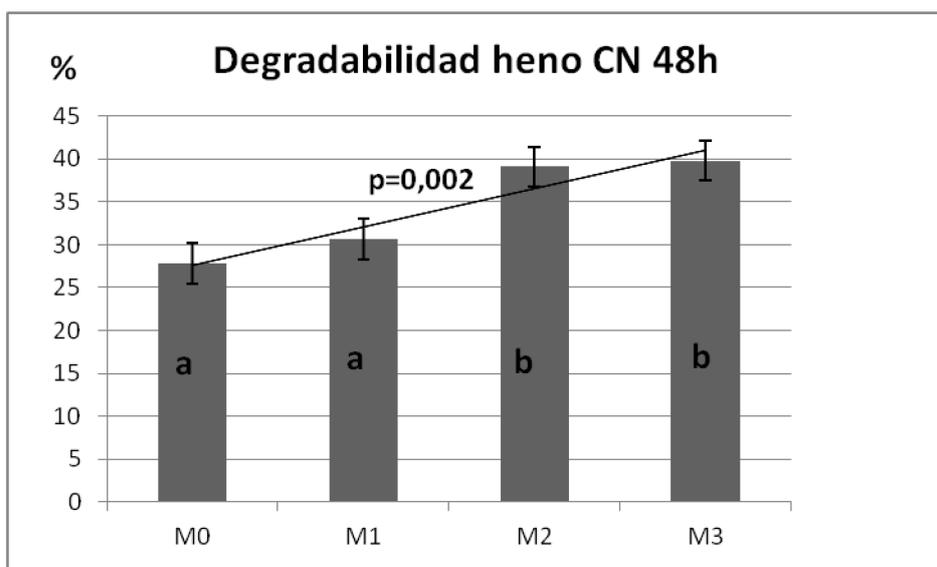
CTPB: Consumo total de Proteína Bruta expresado en Kg por día.

DTMS: Digestibilidad total de materia seca (%).

H/BC: Relación de HCN y BC en la dieta consumida.

Figuras:

Figura 2. Degradabilidad ruminal del heno de CN según tratamiento. Letras distintas indican diferencia significativa según el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$



M₀: 100% heno de campo natural (HCN) *ad libitum*.

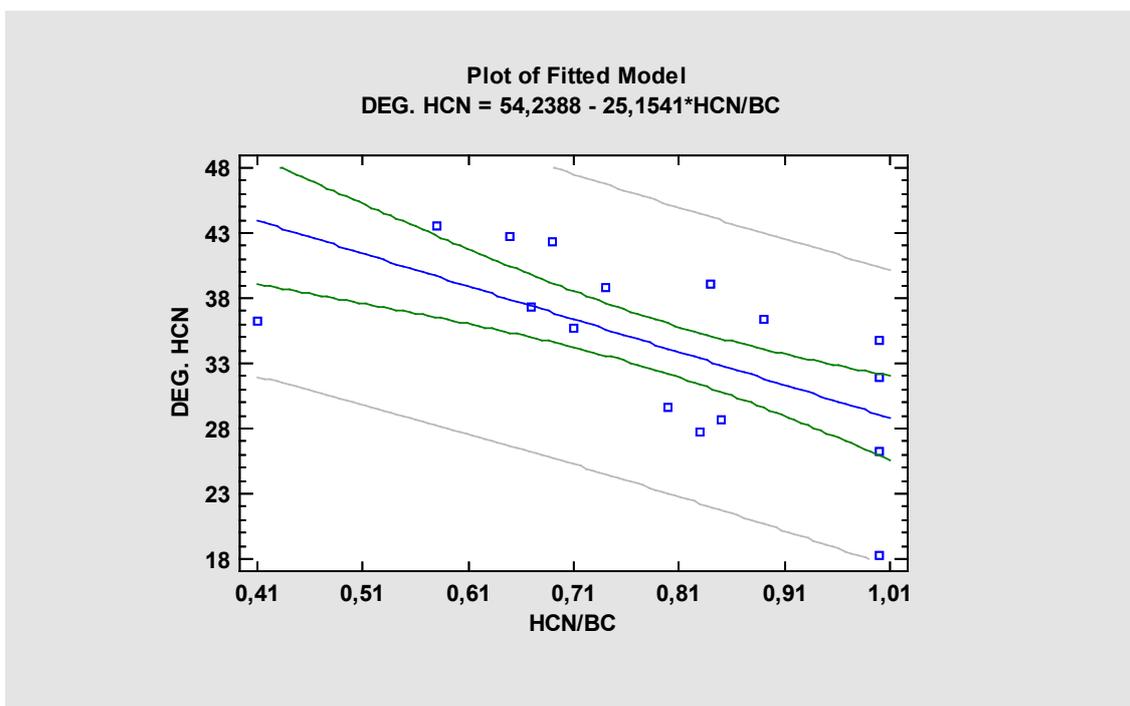
M₁: 1% del PV de bagazo de cebada (BC) y HCN *ad libitum*.

M₂: 2% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

M₃: 3% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

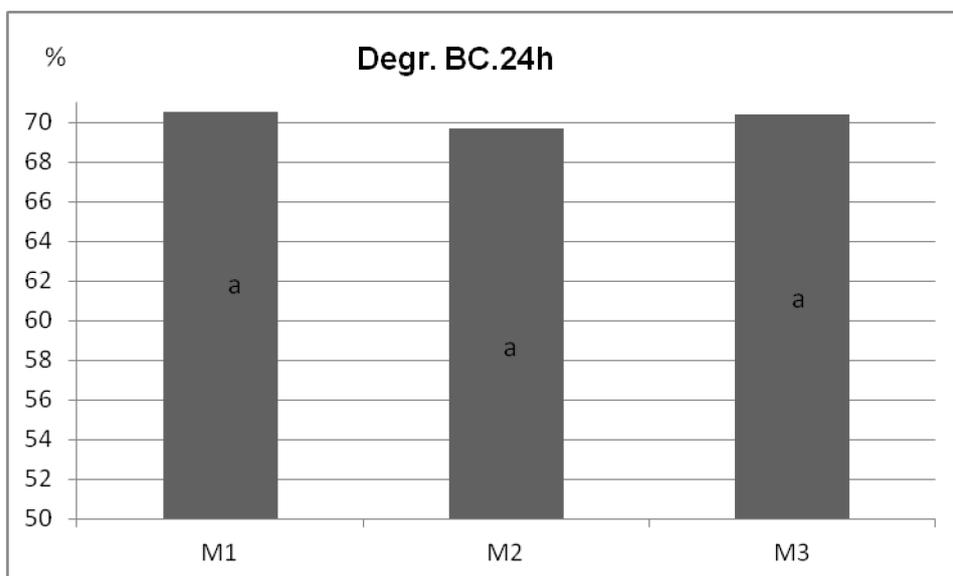
P valor: Letras diferentes indican diferencias significativas para el 95 % de probabilidad.

Figura 3. Correlación entre la relación HCN/BC y degradabilidad ruminal del HCN.



DEG. HCN: degradabilidad ruminal del heno de campo natural
HCN/BC: Relación de heno de campo natural y BC en la dieta consumida.

Figura 4. Degradabilidad del BC a las 24 h post incubación ruminal. Letras distintas indican diferencia significativa según el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$

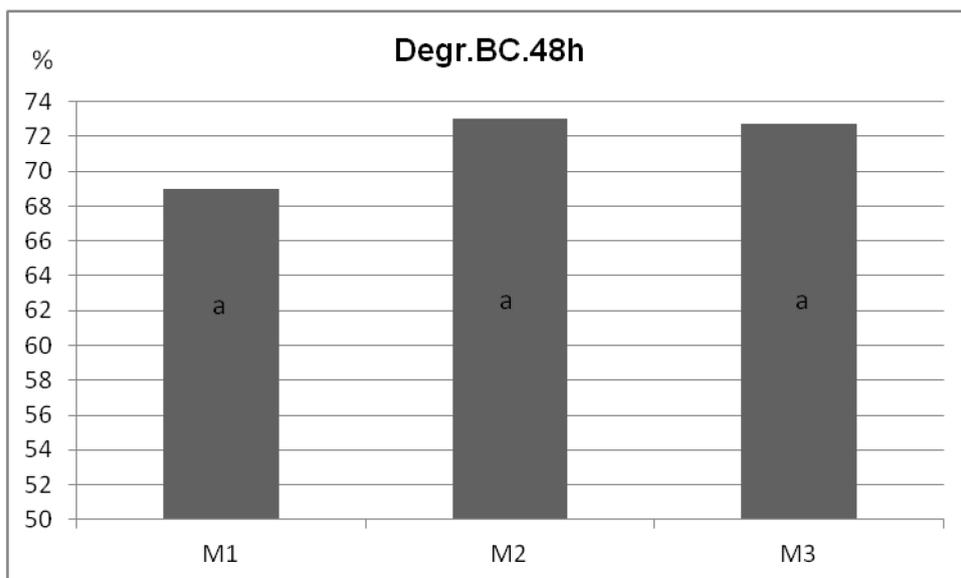


M₁: 1% del PV de bagazo de cebada (BC) y HCN *ad libitum*.

M₂: 2% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

M₃: 3% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

Figura 5. Degradabilidad del BC a las 48 h post incubación ruminal. Letras distintas indican diferencia significativa según el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$

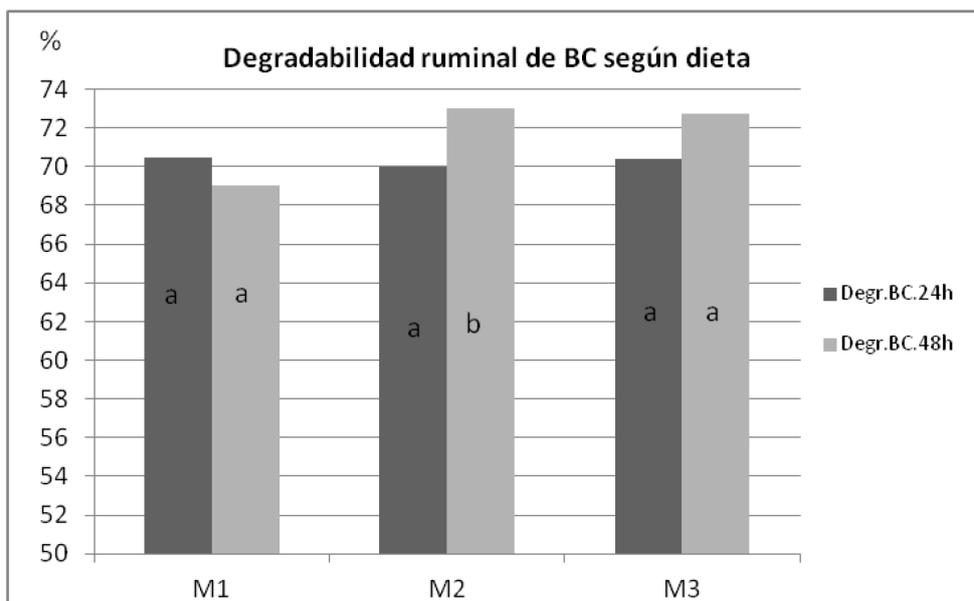


M₁: 1% del PV de bagazo de cebada (BC) y HCN *ad libitum*.

M₂: 2% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

M₃: 3% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

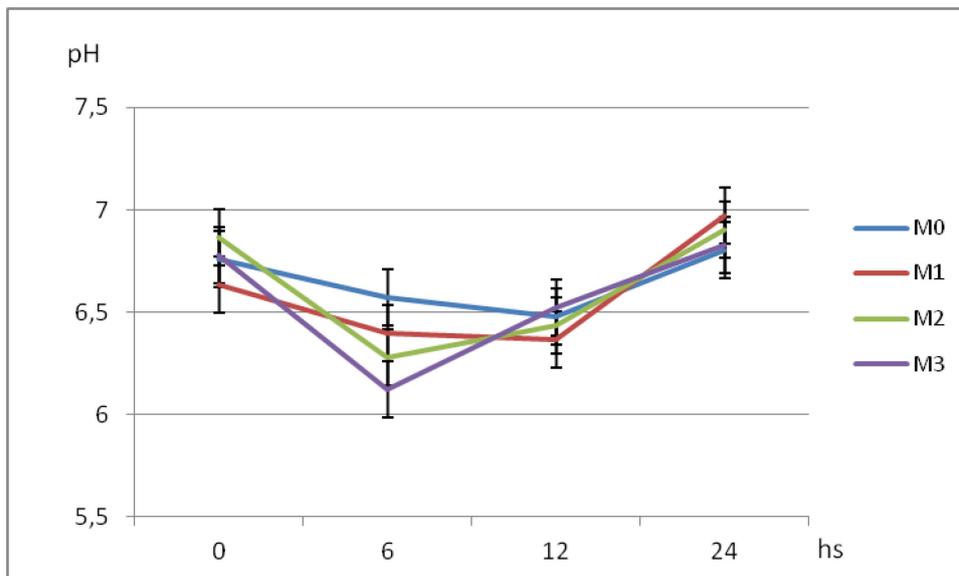
Figura 6. Degradabilidad ruminal según horas de incubación en cada tratamiento. Letras distintas indican diferencia significativa según el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$



M₁: 1% del PV de bagazo de cebada (BC) y HCN *ad libitum*.

M₂: 2% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

M₃: 3% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

Figura 7. Evolución del pH ruminal según hora y tratamiento.

M₀: 100% heno de campo natural (HCN) *ad libitum*.

M₁: 1% del PV de bagazo de cebada (BC) y HCN *ad libitum*.

M₂: 2% del PV de BC y HCN *ad libitum*.

M₃: 3% del PV de BC y HCN *ad libitum*.