

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**“ADICIÓN DE SEMILLA ENTERA DE ALGODÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS  
DIGESTIVAS EN BECERROS HOLSTEIN ALIMENTADOS CON UNA DIETA A BASE DE  
BALLICO ANUAL (*Lolium multiflorum Lam.*) FRESCO O HENIFICADO”**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA**

**KEILA NOHEMI VALENCIA NUÑEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**Ph D. ENRIQUE G. ÁLVAREZ ALMORA**

**MEXICALI, B.C. MÉXICO**

**OCTUBRE, 2015**

La presente tesis “**ADICIÓN DE SEMILLA ENTERA DE ALGODÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DIGESTIVAS EN BECERROS HOLSTEIN ALIMENTADOS CON UNA DIETA A BASE DE BALLICO ANUAL (*Lolium multiflorum Lam.*) FRESCO O HENIFICADO**” realizada por la **C. Keila Nohemi Valencia Nuñez**, dirigida por el **Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora**, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal**

Consejo particular

---

Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora  
Director de Tesis

---

Dra. Noemi Gpe. Torrentera Olivera  
Secretario

---

Dr. David Calderón Mendoza  
Sinodal



## AGRADECIMIENTOS



Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por el apoyo financiero otorgado para culminar el presente posgrado.

A la **Universidad Autónoma de Baja California - Instituto de Ciencias Agrícolas**, por haberme proporcionado la oportunidad de seguir creciendo, tanto en el ámbito académico como personal, por el conocimiento adquirido durante mi formación.

A mi asesor, el **Dr. Enrique G. Álvarez Almora** por permitirme formar parte de su lista de asesorados, por depositar en mí su confianza y conocimientos, así como su valiosa asesoría en la realización del presente trabajo.

A la **Dra. Noemí Gpe. Torrentera Olivera** por su apoyo y acertadas sugerencias en la redacción de este escrito.

Al **Dr. David Calderón Mendoza** por la enseñanza, disponibilidad otorgada y revisión del presente trabajo.

Les agradezco el apoyo y dedicación de tiempo a mis **profesores**, por haber compartido conmigo sus valiosos conocimientos, para formarme en la vida no solo como profesionista sino también como ser humano.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis **compañeros y amigos de posgrado** por todo el tiempo compartido a lo largo de la carrera, por su comprensión y paciencia, consejos y sobretodo valiosa amistad.

A mis **amigos de licenciatura** por brindarme ánimos y su confianza en mí, porque esa convivencia y amistad perdure.

Mil GRACIAS a todos ustedes.

 DEDICATORIAS 

Dedico este trabajo principalmente a **DIOS** por protegerme durante mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos, por un año más de vida, por bendecirme hasta el lugar donde he llegado, por qué hiciste realidad este sueño tan anhelado.

A mis padres:

*Nohemi Nuñez Sotelo y Melitón Valencia Martínez,*

Por su amor infinito, por depositar su confianza en mí, por sus palabras de aliento para no desistir, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, porque este nuevo sueño lo alcance por ustedes que han dado todo por mí, los amo.

A mis hermanos: *Misael, Melissa y Melina*

Que de una u otra manera son la razón por la cual me vi en este punto de mi vida, les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes momentos de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado, porque sé que estaremos juntos, aunque nos separe el destino. Los amo mis queridos hermanos.

A mí novio: *Isaías González Galeana*

Un amor de esos que la vida misma se encarga de sorprenderte con su encuentro, que cuando menos te lo esperas e imaginas aparece tal como magia y te endulzan el alma, brindándome fortaleza, tiempo, consejos y amor, por ser alguien muy especial en mi vida y demostrarme que en todo momento cuento contigo, Te amo.

A mis tíos:

*Gloria, María de la luz, Crisóforo, Loida, Héctor y Alberto*

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y anhelo de triunfo en la vida.

*Ángela* mi fiel compañera.

## CONTENIDO

	Pag.
LISTA DE CUADROS.....	i
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. HIPÓTESIS.....	5
III. OBJETIVOS.....	5
IV. REVISION DE LITERATURA.....	6
4.1 Ballico anual ( <i>Lolium multiflorum Lam.</i> ).....	6
4.1.1 Origen.....	6
4.1.2 Características.....	6
4.1.3 Descripción de la planta.....	7
4.2 Características Agronómicas.....	7
4.2.1 Época de siembra.....	7
4.2.2 Densidad y métodos de siembra.....	8
4.2.3 Riego y fertilización.....	8
4.2.4. Plagas y enfermedades.....	9
4.3 Usos y producción de Ballico anual.....	9
4.4 Calidad nutricional.....	10
4.4.1 Suplementación.....	11
4.5 Estudios de digestión de Ballicos anual y perenne ( <i>Lolium Spp.</i> )..	18
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
5.1 Localización del Área de Estudio.....	37
5.2 Unidades Experimentales.....	37
5.3 Colección de muestras.....	38
5.4 Análisis de laboratorio.....	41
5.5 Variables a Medir.....	41
5.6 Análisis Estadístico.....	42
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
VII. CONCLUSIONES.....	55
VIII. LITERATURA CITADA.....	56



## Lista de Cuadros

Cuadro		Pag.
1	Composición nutricional del pasto Ballico anual y perenne ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam. y <i>L. perenne</i> ) fresco y henificado.....	12
2	Valor nutricional y energético del pasto Bermuda, Festuca y Kikuyo..	13
3	Rendimiento <sup>a</sup> y calidad nutritiva <sup>b</sup> de forrajeros de invierno. Ciclo Otoño - Invierno 1999-00. CIRENa, Saltaices, Chihuahua, México.....	14
4	Composición nutricional en diferentes meses de Ballico anual en praderas irrigadas en el valle de Mexicali y Ballico perenne en la región central de Chihuahua, México.....	15
5	Valor nutritivo promedio de algunos alimentos utilizados para la suplementación de vacas lecheras (base materia seca) (FEDNA, 2013; NRC, 2007).....	16
6	Composición nutricional y energética de la semilla entera de algodón.....	17
7	Efecto de la semilla entera de algodón y harinolina de algodón como suplemento en el consumo de MS de novillo, alimentados con diferente dieta base.....	19
8	Ganancias de peso en becerros con diferente dieta basal suplementadas con semilla entera de algodón .....	20
9	Consumo de nutrientes por novillos contenidos en el Ballico anual y otros forrajes.....	22
10	Flujo a duodeno en novillos consumiendo Ballico anual y otros forrajes.....	25
11	Digestión ruminal de nutrientes en bovinos alimentados con diferentes forrajes.....	26
12	Degradabilidad ruminal de los nutrientes contenidos en el pasto Ballico anual, en diferentes cortes.....	27
13	Digestión post-ruminal de nutrientes en novillos alimentados con diferentes forrajes.....	28
14	Digestibilidad post ruminal en novillos alimentados con diferentes forrajes.....	29
15	Digestión total de nutrientes en bovinos alimentados con diferentes forrajes.....	31
16	pH ruminal en novillos alimentados con diferentes forrajes.....	32

17	Producción de ácidos grasos volátiles en novillos alimentados con diferentes forrajes.....	33
18	Cinética de la digestión de FDN en diferentes forrajes.....	35
19	Evaluación del Contenido en rumen con diferentes forrajes.....	36
20	Protocolo <sup>1</sup> de secado del Ballico anual fresco en un horno microondas (Sharp Carousel® Mod. 1200 Watts).....	39
21	Consumo y composición de las dietas ofrecidas a los novillos en el experimento (Base seca).....	48
22	Flujo de nutrientes a duodeno en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón	59
23	Digestión ruminal, síntesis microbial y eficiencia de uso del nitrógeno en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.....	50
24	Digestión postruminal de MO y N en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.....	51
25	Digestión total en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.....	52
26	Contenido ruminal en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.....	53

## RESUMEN

Al utilizar Ballico anual (BA) fresco por su alta humedad y contenido de carbohidratos solubles, con frecuencia requiere adicionar suplementos fibrosos, en la región desértica del noroeste de México la semilla entera de algodón es altamente disponible. Para evaluar influencia de la adición (0.6% PV, BS) de semilla entera de algodón (SEA; 94% MS, 45% FDN, 3.1% N) a una dieta a base de Ballico anual fresco (BAF; 30% MS, 44% FDN, 1.9% PC) y Henificado (BAH; 95% MS, 39% FDN, 2.2% PC) sobre la utilización de nutrientes y función digestiva, se distribuyeron completamente al azar en un Cuadro Latino 4 x 4 cuatro novillos Holstein ( $250 \pm 5$  kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal, en los tratamientos: 1) BAF, 2) BAF-SEA, 3) BAH, 4) BAH-SEA. El consumo diario fue restringido a 2.5% del PV. Se utilizó Oxido de Cromo (0.3% del consumo diario en BS) como marcador de la digesta. La adición de SEA elevo 23% ( $P = 0.008$ ) la digestión del N total en rumen, pero redujo 17% ( $P = 0.02$ ) la eficiencia del N (relación N no amoniacal que llega al duodeno: N total consumido). El henificado causo una disminución en el flujo hacia duodeno de MO ( $P = 0.02$ ), FDN ( $P = 0.006$ ) y N ( $P = 0.08$ ), pero elevo el flujo de N amoniacal ( $P = 0.04$ ). Asimismo el henificado elevo la digestión en rumen de la MO (56%;  $P = 0.001$ ) y la FDN (28%;  $P = 0.001$ ), pero disminuyo la eficiencia de síntesis microbial (32%;  $P = 0.006$ ). La digestión total de ningún componente ( $P > 0.05$ ) resulto influida por la adición de SEA. El henificado provoco un incremento de 6% ( $P = 0.046$ ) en la digestión total de la MO, pero no modifico ( $P > 0.05$ ) la digestión total de la FDN y el N. Con el henificado del Ballico anual la tasa de digestión de la FDN disminuyo (5%;  $P = 0.056$ ). No se observó ( $P > 0.05$ ) influencia de los tratamientos sobre el pH del rumen. En general fue el henificado del BA, antes que la adición de la SEA, quien mejoro en mayor medida la digestión de nutrientes.

## ABSTRACT

When using fresh annual ryegrass (BA) by high humidity and soluble carbohydrate content often requires adding fiber supplements in the same desert region northwest of Mexico the whole cottonseed is highly available. To evaluate influence of the addition (0.6% PV, BS) of whole cottonseed (SEA; 94% DM, 45% NDF, 3.1% N) to a diet of annual ryegrass fresh (BAF; 30% MS, 44 FDN%, 1.9% PC) and tedding (BAH; 95% DM, 39% NDF, PC 2.2%) on the use of nutrients and digestive function, 4 four Holstein steers completely randomized on a Latin square 4 x (250 ± 5 kg) with cannulas in the rumen and proximal duodenum, treatments: 1) BAF, 2) BAF-SEA, 3) BAH, 4) BAH-SEA. Daily consumption was restricted to 2.5% of PV. Chromium Oxide (0.3% of the daily consumption BS) was used as a marker of digesta. SEA elevate adding 23% (P = 0.008) digestion of total N in rumen, but decreased 17% (P = 0.02) N efficiency (ratio N ammonia not reaching the duodenum: N total consumption). The hay caused a decrease in the flow to duodenum MO (P = 0.02), NDF (P = 0.006) and N (P = 0.08), but raised the flow of ammonia nitrogen (P = 0.04). Hay also elevate the rumen digestion of OM (56%; P = 0.001) and NDF (28%; P = 0.001), but decreased the efficiency of microbial synthesis (32%; P 0.006). The total digestion of any component (P> 0.05) turned out to be influenced by the addition of SEA. The hay caused an increase of 6% (P = 0.046) in total digestion of OM, but not modify (P> 0.05) the total NDF digestion and N. In annual ryegrass hay digestion rate NDF decreased (5%; P = 0.056). No significant (P> 0.05) influence of treatments on rumen pH. Overall it was the hay BA, before the addition of the SEA, which further improved digestion of nutrients.

# ADICIÓN DE SEMILLA ENTERA DE ALGODÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DIGESTIVAS EN BECERROS HOLSTEIN ALIMENTADOS CON UNA DIETA A BASE DE BALLICO ANUAL (*Lolium multiflorum Lam.*) FRESCO O HENIFICADO

## I. INTRODUCCIÓN

El Ballico anual (BA) es utilizado por su capacidad de adaptación, rendimiento, palatabilidad y alta calidad durante el invierno. Sin embargo en etapas tempranas de crecimiento el BA posee elevado contenido de proteína, carbohidratos solubles y agua, de tal forma que su bajo contenido de materia seca es con frecuencia limitante para que los animales obtengan el consumo máximo de energía (Ensminger y Perry, 1997) debido a que su elevada velocidad de pasaje incrementa la excreción de nutrientes potencialmente utilizables (Smith y Gordon, 1972). En contraste, cuando el Ballico anual es henificado, se disminuye la tasa de pasaje (López-Soto *et al.* 2006) y los microorganismos del rumen permanecen mayor tiempo adheridos al substrato (Owens *et al.*, 2009), lo que con frecuencia eleva la digestión de la fracción fibrosa y el rendimiento de productos de la fermentación por unidad de MO digerida. Espinoza *et al.* (1999) al comparar una mezcla de Ballico anual y trébol bersim fresco o henificado encontraron una mayor síntesis de nitrógeno microbial, proporción de acetato y eficiencia del nitrógeno en la mezcla henificada. Independientemente de la distinta estructura y composición de las gramíneas y leguminosas, es posible que este mismo efecto ocurra cuando el Ballico anual es ofrecido aun en estado tardío, porque el contenido de humedad se mantiene superior a 70%. Si adicionalmente se considera que el pasto Ballico posee proteína de alta degradabilidad en el rumen, al suplementar proteína que sobrepase la fermentación en rumen (Bargo *et al.*, 2003) se espera aumente el total de proteína verdadera y metabolizable de origen microbial que llega a tracto bajo. Por otro lado, también el propio incremento en la velocidad de paso causado por el exceso de humedad en el forraje impide la utilización óptima de los carbohidratos solubles, Etgen *et al.* (1978) sugieren que cuando la dieta basal son pastos jóvenes se suplemente con energía, para que en mayor cantidad sea absorbida en tracto bajo. Debido a que en la semilla entera de

algodón (SEA) se identifican elevados contenidos de energía (3.55 Mcal), fibra detergente neutro (45-55%) y proteína cruda (22-24%), esto la clasifica como una excelente fuente no solo de fibra efectiva para disminuir la tasa de pasaje del Ballico anual fresco, sino también de energía y proteína. Por tanto es de esperarse que la semilla entera de algodón mejore la utilización en el tracto gastrointestinal del pasto Ballico anual cuando es ofrecido fresco, que cuando esta henificado. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto del henificado y la adición de semilla entera de algodón sobre las características digestivas en becerros Holstein alimentados con una dieta a base de Ballico anual fresco.

## **II. HIPÓTESIS**

La semilla entera de algodón tiene mayor influencia sobre la utilización en el tracto gastrointestinal del pasto Ballico anual cuando es ofrecido fresco, que cuando esta henificado.

## **III. OBJETIVO**

Evaluar las características digestivas en el tracto anterior y total en becerros Holstein por la adición de semilla entera de algodón a una dieta a base de Ballico anual fresco o henificado.

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

El Ballico anual (*Lolium multiflorum Lam.*) es una gramínea que está considerada por muchos investigadores como una de las plantas forrajeras más importantes para zonas de clima templado, especialmente en invierno cuando otras especies forrajeras deprimen su rendimiento por efecto de las bajas temperaturas y menos horas luz (Duthil, 1989; Cantú, 1989), puesto que se desarrolla a temperaturas bajas de inviernos benignos teniendo buenos rendimientos de biomasa y de calidad nutricional para el ganado por su alto porcentaje de digestibilidad (Muslera y Ratera, 1991; Hannaway *et al.*, 1999; Núñez *et al.*, 2000).

### **4.1 Ballico anual (*Lolium multiflorum Lam.*)**

#### **4.1.1 Origen**

El Ballico es un zacate nativo del Mediterráneo, sur de Europa, norte de África y de las regiones templadas de Asia. Existen dos especies de Ballico: el inglés o perenne, el cual fue introducido de África y Asia a Inglaterra; y el Ballico anual italiano o anual, introducido a Italia procedente también de África y Asia. Siendo Inglaterra e Italia las primeras localidades en donde se cultivaron, por lo que de allí tomaron sus nombres comunes. Su introducción en México fue en la década de los años 20's como un zacate con fines ornamentales; como planta forrajera se empezó a utilizar en 1952 a través de un programa de praderas artificiales promovido por la Secretaría de Ganadería (CIPEJ, 2015).

#### **4.1.2 Características**

Esta planta se ha adaptado a regiones templadas y subtropicales, así como a los climas áridos bajo condiciones de riego. Es un zacate anual que puede desarrollarse hasta un metro de altura; su crecimiento es "amacollado", el uso amplio de este pasto se le atribuye a la facilidad de establecimiento, forraje de alta calidad, rendimientos más altos y madurez más tardía que los cereales pequeños,

buena habilidad de resiembra y adaptabilidad a una amplia gama de tipos de suelo (CIPEJ, 2015).

### **4.1.3 Descripción de la planta**

Las plantas de Ballico anual llegan a medir de 30 a 100 cm de altura dependiendo del genotipo, humedad y condiciones del sitio; Las láminas de las hojas son de 4 a 10 mm de ancho, están enrolladas en el nudo (en contraste al ballico perenne, en el cual, están dobladas), puntiagudas hacia abajo y volteadas, de color verde brillante, tienen prominentes arrugas en la parte superior, las superficies inferiores son lisas sin vello, brillosas y con una nervadura prominente, los márgenes de las hojas son ligeramente ásperos al tacto, la hoja se une a la vaina en el collar zona de tejido meristemático, la vaina de la hoja está dividida y sobrepuesta, sin vello (Hannaway et al., 1999). El sistema radicular es altamente ramificado y denso, con muchas raíces fibrosas y adventicias, carece de rizomas o estolones y proporciona mucha materia orgánica al suelo (Cantú, 1989). La inflorescencia está en la parte final del tallo, existe una sola espiga de 10 a 40 cm, pero normalmente es de 30 cm, la inflorescencia tiene de 5 a 38 espiguillas colocadas de manera alterna en el raquis (Núñez et al., 2000). La semilla se encuentra encerrada por una lema y una palea. La lema es la bráctea inferior de 4 a 8 mm de longitud con una arista recta y delgada hasta de 15 mm, el segmento de la raquilla es de alguna forma parecido a una uña. El promedio de semillas es de 502,000 por kilo, con un rango de 440,000 a 550,000 por kilo (Hannaway et al., 1999).

## **4.2 Características Agronómicas**

### **4.2.1 Época de siembra**

La fecha recomendable para la siembra del Ballico anual es a partir de mediados de Septiembre u Octubre, cuando se tienen condiciones de clima adecuadas para su germinación y crecimiento normal. El periodo de utilización, cuando se efectúa en la época temprana, podrá ser desde finales de Diciembre mediados de Enero

hasta el mes de Mayo o Junio, dependiendo del comportamiento de la temperatura ambiental en cada región durante la primavera (CIPEJ, 2015).

#### **4.2.2 Densidad y métodos de siembra**

Para asegurar el establecimiento de la pradera, se recomienda utilizar semilla certificada de Ballico anual, lo que en semilla comercial significa sembrar de 10 A 30 kg de semilla por hectárea. La forma o método de siembra dependerá de la maquinaria y equipo de que se disponga, aunque puede ser manual, al voleo o con una sembradora ciclónica manual. En general, se puede utilizar las sembradoras comerciales para la siembra de semillas de cereales de grano pequeño como la Brillion, la cual es fácil de calibrar y cubre la semilla de forma adecuada. También puede utilizarse una boleadora de fertilizante calibrada adecuadamente, efectuando el tapado de la semilla mediante un paso de rastra de ramas procurando que la semilla quede a una profundidad de 1.0-1.5 cm. de la superficie del suelo. Recientemente se han tenido experiencias satisfactorias en la siembra de este zacate con el uso de sembradoras de labranza mínima o de conservación, con las cuales se ha podido reducir (20%) la cantidad de semilla por hectárea, efectuar adecuadamente el tapado de la misma y, además, realizar la aplicación del fertilizante al momento de la siembra; todo esto en un solo paso de maquinaria (CIPEJ, 2015).

#### **4.2.3 Riego y fertilización**

Durante el periodo de establecimiento, el primer riego se aplicará después de la siembra; deberá ser pesado y cuando sea por gravedad, cuidar que este no arrastre la semilla. El segundo riego se realizará a los 8-11 días, el tercero a los 10-15 días. y el cuarto riego de los 15-20 días. Esta frecuencia de riegos dependerá de la textura del suelo; en los suelos arenosos deberá ser más frecuente y en el caso de suelos arcillosos, los cuales tienen mayor capacidad de

retención de humedad, se deberá cuidar que el terreno no se encostre, principalmente durante los tres primeros riegos. En términos generales, para la fertilización en presiembra se recomienda aplicar 80 kg de nitrógeno y 60 kg. de fósforo por hectárea. La aplicación del fertilizante se realiza al voleo y se incorpora al suelo con el agua de riego. El calendario para los riegos y fertilización durante el período de utilización de la pradera, se realizara después de cada corte o pastoreo (aproximadamente cada 25-30 días); aplicando al voleo o con agua de riego, 50 kg. de nitrógeno por hectárea (CIPEJ, 2015).

#### **4.2.4. Plagas y enfermedades**

La principal enfermedad que ataca al Ballico anual es la roya de la corona (*Puccinia coronata*). El daño fisiológico que provoca la roya de la hoja en la planta es sobre el desarrollo y crecimiento, llegando a ocasionar su muerte, ya que reduce el área fotosintética y causa pérdidas de agua y nutrientes (Rodríguez, 2004).

Hannaway et al. (1999) mencionan que hay otras enfermedades como la mancha de la hoja, virus del enanismo amarillo y quemaduras consideradas de menor problema.

#### **4.3 Usos y producción de Ballico anual**

En México alrededor del 80% del Ballico anual es utilizado durante el invierno y establecido por sobre siembra en pastos perennes con crecimiento durante el verano, para extender la estación de pastoreo y mantener forraje de alta calidad, como monocultivo o asociado con leguminosas u otras gramíneas para el pastoreo y corte. A nivel nacional en el 2013 se sembraron 15,493 ha, con una producción de 537,196 t<sup>-1</sup> de MS. Los principales estados que destacan en superficie de cultivo destinado a este forraje son: Sonora, Baja California y Chihuahua con 8320, 1729 y 16472 ha, respectivamente (SAGARPA, 2013). En Baja California el primer corte o pastoreo del Ballico anual ocurre cuando alcanza 25-30 de cm altura, 60 a 70 días después de la siembra (Produce, 2013). Datos históricos

señalan que en el valle de Mexicali durante el ciclo agrícola 1974-75 se alcanzó un máximo de 14,021 ha sembradas, con un rendimiento promedio de 60 t\*ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en el 2010 únicamente fueron sembradas 4,400 ha con un rendimiento de solo 41 t\*ha (INIFAP, 2010).

#### **4.4 Calidad nutricional**

El valor nutritivo de las plantas es el factor que determina la calidad del forraje y como consecuencia la eficiencia de su utilización basándose en parámetros como la proteína cruda (PC), fracción fibrosa y digestibilidad de la MS (Argamentería *et al.*, 1997). El Ballico anual ofrecido fresco es conocido por su elevada calidad nutricional (Cuadros 1-3), con un promedio de 15% de PC (Cullison y Lowrey, 1987; Hannaway *et al.*, 1999) y máximo de 20-26% (Cervantes *et al.*, 2000; Álvarez *et al.*, 2008; Villalobos y Sánchez, 2010); rangos similares a los reportados para bermuda, kikuyo, trigo, centeno y triticale (CIReNa, 2000), pero 3.4% superior al Festuca (Gaitán y Pavón, 2003); sin embargo cuando es henificado disminuye 4.2% su contenido proteico (Ensminger *et al.*, 1990; NRC, 2007). En el ballico fresco la concentración de FDN varía de 35 a 55% (Carulla *et al.*, 2005; Villalobos y Sánchez, 2010), semejante a estadios jóvenes de pasto bermuda, aunque en los pastos kikuyo y festuca se observan valores superiores a 55% (Gaitán y Pavón, 2003). Pero al henificarlo, varios autores (Ensminger *et al.* 1990; NRC 2007) reportan valores superiores de FDN, que van de 56 a 65%. El valor promedio de FDA en el BA fresco es de 28%, inferior al festuca, bermuda y kikuyo (Gaitán y Pavón, 2003), henificado se reporta hasta 38% de FDA. Al considerar su fracción soluble, se ha encontrado que cuando está en fresco contiene de 60 a 79 % de nutrientes digestibles totales (Cullison y Lowrey, 1987; Hannaway *et al.*, 1999), lo cual es semejante al bermuda y 21% mayor que el festuca; henificado tiene un promedio de 58% (Ensminger *et al.*, 1990; NRC, 2007).

Los forrajes muestran cambios en su valor nutritivo por su etapa de crecimiento, frecuencia de corte, condiciones ambientales (suelo, clima, fertilizaciones),

material genético y manejo agronómico (Church, 1984). Al evaluar el Ballico anual en diferentes etapas de crecimiento (Cuadro 4) Cervantes *et al.* (2000) reportaron disminuciones de 6 y 13.2% en la PC y la digestibilidad in vivo de la MS, esto evidencio que la composición nutricional del forraje cosechado en diferentes periodos de corte fue afectada negativamente a medida que en estos avanzo su madurez. Por otro lado Villalobos y Sánchez (2010) al evaluar el Ballico perenne cada dos meses de cosecha durante un año, reporto que el contenido de PC se mantiene relativamente constante, con promedios de 25, 46 y 27% de PC, FDN y FDA, respectivamente.

#### **4.4.1 Suplementación**

La semilla entera de algodón (SEA) es uno de los suplementos más utilizados, por su valor proteico y energético (Cuadro 5 y 6). Su contenido de PC oscila alrededor del 22% (Cullison y Lowrey, 1987; NRC, 2007; FEDNA, 2013), valor que es similar a algunas leguminosas como la alfalfa y tréboles, pero es superior en casi 10% al comparársele con granos como avena, cebada, trigo y maíz (FEDNA, 2013). Con un contenido energético semejante al de estos granos, (3.8 Mcal/ kg de MS de energía digestible), aportando 1.12 más Mcal EM /kg MS que la alfalfa y tréboles. Además proporciona 1.4 Mcal/kg de MS para energía neta de ganancia (Crampton y Harris, 1979; Cullison y Lowrey, 1987; FEDNA, 2013). En cuanto al porcentaje de FDN (44%) es 13.8% superior a los granos de cebada, trigo y maíz; en contraste, su valor es similar con la alfalfa y tréboles (FEDNA, 2013). Caso similar sucede con su contenido en FDA (35%) (Robinson, 2001; FEDNA, 2013; NRC, 2007). De manera general la SEA ofrece un aporte de nutrientes ligeramente mayor a forrajes de alta calidad como alfalfa, tréboles o gramíneas templadas, siendo principalmente su aporte energético superior a los granos convencionalmente utilizados.

**Cuadro 1.** Composición nutricional del pasto Ballico anual y perenne (*Lolium multiflorum* Lam. y *L. perenne*) fresco y henificado.

FRESCO	MS	PC	FB	FDN	FDA	DTP	TDN	Ca	P	K	ED	EM	ENm	ENg
	%, BS										Mcal/kg			
Cullison y Lowrey (1987)	-	14.5	23.8	-	-	-	60	0.65	0.41	-	2.65	2.22	1.31	0.65
Hannaway <i>et al.</i> (1999)	-	16.3	-	-	-	-	79	-	-	-	2.7	2.2	-	-
Cantú (1989)	-	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	2.6	2.1	-	-
Villalobos y Sánchez (2010)	-	26	-	49	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carulla (2005)	-	-	-	50	27.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>HENO</b>														
NRC (2007)	90	10	33	65	38	6	58	0.45	0.30	2.2	2.6	2.1	1.3	0.6
Ensminger <i>et al.</i> (1990)	88	7.5	25.3	56.3	37	3.8	53	-	-	-	2.34	1.97	1.19	0.68

MS: materia seca, PC: Proteína cruda, FB: Fibra bruta, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, DTP: Proteína total digestible, TND: Total de nutrientes digestibles, Ca: Calcio, P: fosforo, K: Potasio, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable, ENm: Energía neta para mantenimiento, ENg: Energía neta para ganancia.

**Cuadro 2.** Valor nutricional y energético del pasto Bermuda, Festuca y Kikuyo.

	MS	PC	TND	FDN	FDA	ED	EM	EN <sub>m</sub>	EN <sub>g</sub>
	%					Mcal/kg			
Bermuda	90	15	60	51.6	41.5	2.65	2.22	1.31	0.65
Festuca	92	9.5	48	57	30	2.12	1.69	1.03	0.19
Kikuyo	90	17	-	57	37	-	-	-	-

MS: materia seca, PC: Proteína cruda, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, TND: Total de nutrientes digestibles, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable, EN<sub>m</sub>: Energía neta para mantenimiento, EN<sub>g</sub>: Energía neta para ganancia. Adaptado Gaitán y Pavón, 2003.

**Cuadro 3.** Rendimiento<sup>a</sup> y calidad nutritiva<sup>b</sup> de forrajeros de invierno. Ciclo Otoño-Invierno 1999-00. CIReNa, Salaices, Chihuahua, México.

<b>TIPO</b>	<b>RST</b> (ton/ha)	<b>PC</b> (%)	<b>PC</b> (ton/ha)	<b>TND</b> (%)	<b>MSD</b> (ton/ha)	<b>FND</b> (%)	<b>FAD</b> (%)	<b>EN<sub>L</sub></b> (Mcal/kg)	<b>EN<sub>G</sub></b> (Mcal/kg)	<b>CMS</b> (%) Peso Vivo
<b>Cebada</b>	6.60	14.15	0.95	68.83	4.54	49.72	23.73	1.63	0.99	2.40
<b>Trigo rojo</b>	10.42	15.85	1.65	66.69	6.94	49.57	30.65	1.52	0.92	2.42
<b>Centeno</b>	12.14	15.84	1.92	67.26	8.16	56.84	28.82	1.52	0.94	2.11
<b>Avena var.</b>	11.24	19.60	2.20	74.18	8.33	42.64	25.28	1.69	1.14	2.81
<b>Cuauhtémoc</b>										
<b>Avena var. Coker</b>	7.02	18.85	1.32	66.86	4.69	55.82	30.12	1.52	0.94	2.15
<b>Triticale var. L7</b>	9.82	16.50	1.62	67.19	6.59	54.42	29.03	1.52	0.94	2.20
<b>Triticale var. L13</b>	10.73	16.74	1.79	67.75	7.26	51.32	27.21	1.54	0.97	2.33
<b>Triticale var. AN34</b>	10.74	11.33	1.21	67.52	7.25	51.66	27.98	1.54	0.97	2.32
<b>FIPS</b>	8.46	12.21	1.03	67.57	5.71	49.77	27.80	1.54	0.97	2.41
<b>Ballico anual</b>	7.15	16.00	1.14	70.50	5.04	35.80	28.58	1.60	1.03	3.35

<sup>a</sup>RST = Rendimiento Seco Total 2 cortes , RPC= Rendimiento Proteína Cruda.

<sup>b</sup>PC =Proteína Cruda 2ºcorte,TND = Total de Nutrientes Digestibles, MSD = Materia Seca Digestible, FND = Fibra Neutro Detergente, FAD = Fibra Acido Detergente, ENL= Energía Neta de Lactancia , ENG = Energía Neta de Ganancia.

CMS = Consumo de Materia Seca.

FIPS= Forraje Invernal Purasangre.

**Cuadro 4.** Composición nutricional en diferentes meses de Ballico anual en praderas irrigadas en el valle de Mexicali y Ballico perenne en la región central de Chihuahua, México.

Tratamientos	MS	MO	PC	FDN	FDA	DIVMS	ENm	ENg	Autor
	%						— Mcal/ — kg		
Febrero	-	90.00	20.00	56.10	23.10	80.10	1.77	1.10	Cervantes <i>et al.</i> (2000)
Marzo	-	93.60	15.60	59.90	30.20	73.00	1.43	0.81	
Mayo	-	94.60	14.40	62.00	29.7	66.90	0.61	0.15	
Enero-Febrero	18.54	-	25.73	58.56	27.33	76.49	-	-	Villalobos y Sánchez (2010)
Marzo-Abril	19.20	-	24.54	54.97	26.27	71.49	-	-	
Mayo-Junio	16.40	-	24.42	48.93	26.29	75.60	-	-	
Julio-Agosto	14.46	-	24.32	48.83	24.59	75.75	-	-	
Septiembre-October	14.32	-	26.30	47.51	25.55	78.71	-	-	
Noviembre-Diciembre	13.13	-	25.96	43.77	23.39	89.65	-	-	

Febrero: Corte temprano; Marzo: Corte intermedio; Mayo: Corte tardío, MS: materia seca, PC: Proteína cruda, FB: Fibra bruta, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, ENm: Energía neta para mantenimiento, ENg: Energía neta para ganancia.

1

2

3

4

**Cuadro 5.** Valor nutritivo promedio de algunos alimentos utilizados para la suplementación de vacas lecheras (base materia seca) (FEDNA, 2013; NRC, 2007).

Suplemento	EM	PC	FDN	FDA
	Mcal/kg MS	%		
Grano de avena	2.8	11.1	33.0	15
Grano de cebada	3.1	12.1	19.5	7
Grano de trigo	3.2	12.5	13.0	4
Grano de maíz	3.3	10.1	9.0	3
Alfalfa	2.3-2.4	18-20	38-44	35
Tréboles	2.3-2.5	18-20	40-45	33
SEA	3.47	19-23	39.0	39

EM: Energía metabolizable, PC: Proteína cruda, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, SEA: Semilla Entera de Algodón.

5

6

7

8

1  
2  
3  
4

**Cuadro 6.** Composición nutricional y energética de la semilla entera de algodón.

Autor											Kcal/kg			
	MS	PC	FB	FDN	FDA	DTP	TND	Ca	P	K	ED	EM	ENm	ENg
	%													
Crampton y Harris (1979)	92.7	24	17.6	-	-	-	-	0.15	0.71	1.15	3.9	-	1.93	1.15
Ensminger (1990)	91	17.7	19.4	-	-	17.7	87	0.14	0.69	0.24	3.5	3.07	3.13	1.49
Cullison y Lowrey (1987)	92	23	20	-	28		92	0.15	0.71	-	4.1	3.7	2.28	1.58
NRC (2007)	90.1	23.3	-	50.3	40.1	-	-	0.17	0.60	1.13	-	-	-	-
Robinson (2001)	93.3	29.1	-	44.4	31.3	-	-	0.19	1.03	1.29	-	-	-	-
FEDNA (2013)	90	19.6	25.	42.8	33.0	-	-	0.2	0.95	1.30	-	3.50	2.2	1.55

MS: materia seca, PC: Proteína cruda, FB: Fibra bruta, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, DTP: Proteína total digestible, TND: Total de nutrientes digestibles, Ca: Calcio, P: fosforo, K: Potasio, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable, ENm: Energía neta para mantenimiento, ENg: Energía neta para ganancia.

5  
6  
7  
8  
9  
10  
11

1 Algunos estudios de pastoreo con suplementación de diferentes niveles de SEA  
2 demuestran que modifica el consumo total de MS (Cuadro 7). Tal como lo reportan  
3 Obispo et al. (2001) al evaluarla con el heno de bermuda (*Cynodon dactylon*) así  
4 como Koza et al. (2004) y Kucseva et al. (2001) con heno de pasto estrella  
5 (*Cynodon nlemfuensis*), estos autores observaron que al incrementar la cantidad  
6 de SEA inicialmente aumenta el consumo de heno y después decrece, por lo que  
7 sugieren que para maximizar el consumo de forraje no debería suministrarse más  
8 de 1 kg\*anim-1\*d-1 de SEA. Esto también demuestra que el resultado de dar SEA  
9 es dependiente de la dieta base y el periodo de administración del suplemento.  
10 En general es conocido que la inclusión de semilla entera de algodón mejora las  
11 ganancias de peso, aunque la respuesta varía con la cantidad suministrada y las  
12 características de la fermentación del rumen. Chiossone y Balbuena (2013)  
13 reportaron ganancias superiores a un 1 kg (Cuadro 8) en novillos que consumían  
14 ensilado de sorgo y maíz. Similares resultados encontró De León (2004)  
15 únicamente con ensilado de maíz y Pérez (2001), este último evaluó la  
16 suplementación de 1 kg de SEA en forrajes de tanner (*Brachiaria radicans*) y  
17 Jaraguá (*Hyparrhennia rufa*). Una posible explicación de las ganancias obtenidas  
18 en los animales suplementados con SEA, se debe a que esta presenta una tasa  
19 de degradación lenta, lo cual provoca que la fermentación de la fracción soluble de  
20 la proteína mantenga los niveles de N amoniacal por más tiempo y se facilite la  
21 síntesis de nitrógeno microbial y por tanto su aporte al intestino delgado, siempre y  
22 cuando se tenga energía disponible (Brosh et al., 1989; Mata, 1992).

23

#### 24 **4.5 Estudios de digestión de Ballico anual y perenne (*Lolium Spp.*)**

25

26 Los rumiantes son herbívoros cuyo principal alimento son las plantas que  
27 contienen carbohidratos fibrosos; sin embargo, estos animales no poseen enzimas  
28 que puedan digerirlos y son los microorganismos presentes en el rumen, tales  
29 como bacterias, protozoarios y hongos, los que al fermentar el alimento permiten

**Cuadro 7.** Efecto de la semilla entera de algodón y harinolina de algodón como suplemento en el consumo de MS de novillo, alimentados con diferente dieta base.

1

Base dieta	Suplemento		Consumo MS				Autor
	— Kg/día —		<u>Consumo alimento</u>		<u>MS TOTAL</u>		
			<u>BASE</u>				
			%PV	Kg/día	% PV	Kg/día	
Heno de pasto estrella	SEA	0.5	2.05	6.4	2.20	6.49	Kucseva <i>et al.</i> (2001)
	SEA	1	2.11	6.24	2.41	7.13	
	SEA	1.5	2.04	6.0	2.50	7.35	
Heno de pasto estrella	SEA	0.6	1.37	4.87	1.49	5.42	Koza <i>et al.</i> (2004)
	SEA	1.2	1.44	5.24	1.75	6.36	
	SEA	1.8	1.24	4.40	1.72	6.07	
Heno de bermuda	Harinolina	1.21	-	5.65	-	6.82	Obispo <i>et al.</i> (2001)

SEA: Semilla entera de algodón, %PV: porcentaje del peso vivo.

**Cuadro 8.** Ganancias de peso en becerros con diferente dieta basal suplementadas con semilla entera de algodón.

Duración (d)	Peso inicial(kg)	Peso final (kg)	GDP promedio (g/d)	Conversión alimenticia	Autor
90	405 $\pm$ 8.1	421	178	-	<sup>1</sup> Perez (2001)
69	229	302.14	1060	6.5	<sup>2</sup> Chiossone y Balbuena (2013)
84	222 $\pm$ 8.67	301.46	946 $\pm$ 37	8.97 $\pm$ 0.43	<sup>3</sup> De León (2004)

<sup>1</sup>Suplementación con 1kg de SEA, con forrajes tanner (*Brachiaria radicans*) y yaraguá (*Hyparrhennia rufa*) en vacas lactantes., <sup>2</sup>Novillos alimentados con ensilado de sorgo y maíz., <sup>3</sup>Ensilado de maíz, 1kg suplemento, GDP: Ganancia diaria de peso.

al rumiante digerir polisacáridos complejos como la celulosa, además de proteínas, fuentes de nitrógeno no proteico (NNP), para su conversión en proteína microbiana, sintetizar vitaminas hidrosolubles, etc. Aprovechando los productos finales de la fermentación, particularmente los ácidos grasos volátiles (AGV) y los nutrientes contenidos en los cuerpos celulares de los microorganismos, que son digeridos en el abomaso e intestino delgado y una pequeña parte de los nutrientes que no son digeridos pasa al intestino grueso donde son fermentados por la flora microbiana del ciego y colón (digestión post-ruminal), de esta forma el rumiante obtiene los nutrientes necesarios para el mantenimiento de sus funciones biológicas vitales (Nava y Díaz, 2001).

El valor nutritivo de los componentes de los alimentos depende no solo del grado en que es ingerido (digestibilidad), sino también del lugar de la digestión (Crampton y Harris 1979), para tener una idea clara de la digestión del alimento cuando es ofrecido a los rumiantes se han realizado numerosos estudios evaluando el consumo, la digestión de la MS y MO, digestión ruminal de las fracciones Nitrogenadas (N total, N amoniacal, N microbial, N no microbial, digestión postruminal y total, así como producción de AGV y características del contenido ruminal.

La cantidad de materia seca consumida es el factor más importante que regula la producción de los rumiantes (Minson, 1990), al evaluar el consumo del forraje y MO, Cervantes *et al.* (2000) utilizando diferentes fechas de corte del ballico anual reportaron un aumento (Cuadro 9) para los dos últimos cortes, con respecto al primero, estos incrementos son atribuidos al hecho de que los novillos del experimento tenían mayor peso corporal al inicio de los dos últimos periodos (221 y 283 kg, (respectivamente) en comparación con el de febrero (190 kg), en contraste el consumo de PC disminuyo, mientras que el consumo de FDN aumento, correspondiente a una equivalencia en el aporte de estos nutrientes en la planta de acuerdo a su etapa fenológica (corte). También señalan como

**Cuadro 9.** Consumo de nutrientes por novillos contenidos en el Ballico anual y otros forrajes.

	g/d				Mcal / d MS		Autor
	MS	MO	PC	FDN	ENm	ENg	
Febrero	4524	4127	806	2799	8.0	4.98	Cervantes <i>et al.</i> (2000)
Marzo	6164	5792	881	3999	8.81	4.99	
Mayo	6364	6106	819	4128	4.05	0.95	
Ballico anual	4045	3604	-	770	-	-	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	4088	3712	-	1994	-	-	
Kikuyo verano	4105	3615	-	1450	-	-	
Kikuyo invierno	4055	3485	-	1318	-	-	
Ballico anual	8290	-	-	-	-	-	Pérez <i>et al.</i> (1991)

MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, PC: Proteína cruda, ENm: energía neta de mantenimiento, ENg: energía neta de ganancia, Febrero: Corte temprano; Marzo: Corte intermedio; Mayo: Corte tardío,

factor de limitación al consumo de energía en las tres fechas de corte, aunque esta restricción se hace más crítica en el corte de mayo. Espinoza *et al.* (1999) reportaron un aumento en el consumo de MS (26%) al evaluar una mezcla de BA – Trébol bersim (fresco vs henificado) cuando este se administró en fresco, como resultado de un mayor contenido de agua en la pastura, el cual generó un incremento en la velocidad de paso. Al comparar con otros pastos (Álvarez *et al.*, 2008) el ballico tuvo menor consumo de MS, pero se observó una disminución marcada en el consumo de FDN, lo que nos permite deducir que habría mayor consumo de carbohidratos solubles, a diferencia del pasto kikuyo y sudan.

El flujo hacia el duodeno está generalmente relacionado con los niveles de consumo, puesto que la digestibilidad está correlacionada positivamente con el consumo de MS (Minson y Wilson, 1994). Autores como Álvarez *et al.* (2008) reportaron que las diferencias en composición de los forrajes y las distintas tasas de degradación ruminal de los componentes nitrogenados favorecieron que los flujos de N hacia el duodeno (Cuadro 10) fueran mayores en Ballico anual comparado con el kikuyo, siendo similar al sudan. Van Vuuren *et al.* (1992) señalaron que en promedio un 65% de la MO ingerida y hasta un 80% del FDN consumida es digerido en el rumen.

Velasco-Zabadúa *et al.* (2005), Pérez *et al.* (1991), Beever *et al.* (1985), Donaldson *et al.* (1989) y Cervantes *et al.* (2000) coinciden que el Ballico anual tiene mejor digestión ruminal (Cuadro 11) comparado con otros pastos en estudio (Adewakun *et al.*, 1989; Warren *et al.*, 1974) atribuido a una elevada cantidad de nitrógeno y carbohidratos altamente solubles (11 vs 79% de N).

Espinoza *et al.* (1999) al evaluar la digestión ruminal encontraron incrementos de 14,15 y 11% de FDA, FDN y Celulosa respectivamente, cuando administraron el BA- trébol bersim en presentación de heno, así mismo encontraron que la reducción en la digestión ruminal de la dieta aumentó la síntesis de nitrógeno microbiano y la eficiencia de nitrógeno.

Cervantes *et al.* (2000) reportan que fue afectada negativamente la composición nutricional a medida que avanzaba la fecha de corte, reflejado en una disminución del contenido de proteína cruda total y energía, así como la degradabilidad ruminal, el flujo a duodeno y la digestibilidad postruminal y total de la materia seca (7.5%), materia orgánica (11.6%), proteína cruda (12.9%), fibra detergente neutro (14.2%) y disponibilidad de nutrientes (Cuadro 11, 12 y 13), sin embargo, es importante reconocer que la elevada degradabilidad ruminal de la PC (Cuadro 12) en el forraje tierno del primer corte restringe el flujo de PC a duodeno y, en consecuencia, el comportamiento productivo de los animales.

En tanto que la digestión postruminal del N en henos como la avena y alfalfa (Yang *et al.*, 2002, Mejía *et al.*, 2003), es menor en un 13.65 y 6.15% respectivamente en comparación con el BA (Cuadro 13).

Como era de esperarse, el tratamiento a base de Ballico anual registró una mayor digestión ruminal y post ruminal de la MO y del N comparado con el resto de los tratamientos, demostrando la calidad de este., solo la digestión post ruminal de la MO del pasto sudan y kikuyo fueron equivalentes al Ballico anual (Cuadro 14), aunque a manera de que es más tardío el corte, estas variables tienden a disminuir (Cervantes *et al.*, 2000).

**Cuadro 10.** Flujo a duodeno en novillos consumiendo Ballico anual y otros forrajes.

	MS	MO	FDN	PC TOT	PCM	NM	N- NH <sub>3</sub>	NSP	PCNM	EP	Autor
<b>g d<sup>-1</sup></b>											
Febrero	1849	1258	520	525	422.5	-	7.6	-	57.5	0.67	Cervantes <i>et al.</i> (2000)
Marzo	2741	2174	1122	713	476.3	-	8.8	-	183.4	0.79	
Mayo	3074	2572	1356	619	419.4	-	9.7	-	140	0.81	
<b>g/l<sup>-1</sup></b>											
Ballico anual	-	44	9.9	-	-	1.5	-	0.74	-	-	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	-	55.1	22.5	-	-	1.8	-	0.66	-	-	
Kikuyo verano	-	47.8	17.5	-	-	0.9	-	0.78	-	-	
Kikuyo invierno	-	39.2	13.8	-	-	0.7	-	0.66	-	-	

MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, PC TOT: Proteína cruda total, PCM: Proteína cruda microbial, N- NH<sub>3</sub>: Nitrógeno amoniacal, PCNM: Proteína cruda no microbial, EP: Eficiencia de la proteína (g proteína que fluye a duodeno/g proteína consumida diariamente); NM: nitrógeno microbial, NSP: nitrógeno de sobrepaso; Febrero: Corte temprano; Marzo: Corte intermedio; Mayo: Corte tardío.

**Cuadro 11.** Digestión ruminal de nutrientes en bovinos alimentados con diferentes forrajes.

	MS	FDA	FDN	PC	MO	AUTOR
			%			
Ballico	70.77	28.77	57.14	11.81	85.08	Pérez <i>et al.</i> (1991)
Ballico-trébol	66.35	34.60	61.36	9.17	88.56	Pérez <i>et al.</i> (1991)
Ballico corte 4 semanas	-	-	-	19	64.8	Velasco-Zebadúa <i>et al.</i> (2005)
Ballico CM	66.9	-	-	79.1	64.4	Cervantes <i>et al.</i> (2000)
Avena	57.2	-	-	-	60.5	Dias <i>et al.</i> (2010)
Festuca	65.2	33.2	40.8	76.9	67.1	Adewakun <i>et al.</i> (1989)
Orchard	-	54.6	63.1	69.3	-	Warren <i>et al.</i> (1974)
Festuca	-	54.2	62.4	63.2	-	

MO: Materia orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, FDA: Fibra Detergente Ácido, PC: Proteína cruda, Ballico CM: Ballico corte en mayo.

**Cuadro 12.** Degradabilidad ruminal de los nutrientes contenidos en el pasto Ballico anual, en diferentes cortes.

	MS	MO	PC	FDN	Autor
	%				
Febrero	59.2	69.5	92.8	81.3	Cervantes <i>et al.</i> (2000)
Marzo	55.5	62.4	78.7	71.9	
Mayo	51.7	57.9	79.9	67.1	

MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, PC: Proteína cruda.

**Cuadro 13.** Digestión post-ruminal de nutrientes en novillos alimentados con diferentes forrajes.

	MO	FDN %	N	Autor
Heno de alfalfa	22.9	11.3	61.9	Yang et al. (2002)
Ballico anual fresco	64	41.2	75.1	Álvarez (2008)
Heno avena y heno alfalfa	38.5	9.7	54.4	Mejía <i>et al.</i> (2003)
Sudan	62.2	49.4	71.1	Álvarez (2008)
Ballico CM	27.1	-	61	Cervantes <i>et al.</i> (2000)

MO: Materia orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, N: Nitrógeno, Ballico CM: Ballico corte en mayo.

**Cuadro 14.** Digestibilidad post ruminal en novillos alimentados con diferentes forrajes.

						Autor
	MS	MO	PC	N	FDN	
	% del flujo a duodeno					
Febrero	80.1	79.4	86.7	-	-	Cervantes <i>et al.</i> (2000)
Marzo	73.0	72.5	83.8	-	-	
Mayo	66.9	64.4	79.1	-	-	
Ballico anual	-	64	-	75.1	41.2	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	-	42	-	67.5	19.5	
Kikuyo verano	-	49.4	-	69.1	27.5	
Kikuyo invierno	-	51.6	-	63.9	34.4	
	% de lo consumido					
Febrero	32.7	24.2	56.7	-	-	Cervantes <i>et al.</i> (2001)
Marzo	32.3	27.1	69.2	-	-	
Mayo	56.7	69.2	61.0	-	-	
Ballico anual	-	25.4	-	63.3	13.3	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	-	18.2	-	54.4	9.2	
Kikuyo verano	-	23.3	-	54.4	12.7	
Kikuyo invierno	-	25.7	-	49.3	16.8	

MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, PC: Proteína cruda, N: nitrógeno. Febrero: Corte temprano; Marzo: Corte intermedio; Mayo: Corte tardío.

La digestión total de la MS, MO y N en promedio para el pasto sudan y kikuyo fueron de 73.6, 75.7 y 74 % para cada variable, siendo mayor en un 10, 10 y 5 % respecto a la media de cada uno, los valores obtenidos para el Ballico anual, como se observa en el Cuadro 15, henos como la avena y alfalfa (Yang *et al.*, 2002, Mejía-Halo *et al.*, 2003), tienen menor digestión total para todas las variables.

El pH ruminal favorece los procesos de fermentación de los alimentos, incluyendo la máxima fermentación de los componentes fibrosos del forraje, este varía principalmente según el tipo de alimento, la forma y frecuencia como es ofrecido (Calsamiglia *et al.*, 2002). Los valores reportados por Álvarez *et al.* (2008) y Mejía-Delgadillo (2011) para el Ballico anual y Espinoza *et al.* (1999) quienes evaluaron una mezcla de BA con trébol bersim, así como Adewakun *et al.* (1989) con trigo y Atkinson *et al.* (2007) en Festuca, Hiller y Perry (1969) con avena y alfalfa como dieta base para la variable de pH ruminal (Cuadro 16), se encuentran dentro del rango considerado adecuado para mantener la digestión de la fibra y apoyar el crecimiento de bacterias celulolíticas (Yo-Koyama y Johnson, 1988).

Álvarez *et al.* (2008) registraron un menor pH con la dieta a base de BA en comparación con el resto de los tratamientos, de tal forma que concuerda con la relación presentada por varios autores (Russell, 1987; Russell y Wilson, 1996; Takeiro *et al.*, 1997) quienes sugieren que el aumento en la producción de acetato, así como la mayor relación acetato /propionato es característico de dietas altas en forraje o con un pH cercano al neutro (Cuadro 17), en contraste, las bacterias amilolíticas dominan dietas ricas en almidón (Ensminger *et al.*, 1990), donde se observan normalmente aumento de los niveles de ácido propiónico. Esta distinción entre el acetato y butirato, por un lado, y propionato, por el otro, es importante con respecto a la economía de la glucosa del animal (MacRae y Lobley, 1982). Por otro lado las diferencias entre pastos se pueden atribuir a diferencias estructurales entre forrajes (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2002), lo cual refleja patrones de fermentación relacionados con la degradación y fermentación de carbohidratos en el rumen (Plascencia y Zinn, 1996).

**Cuadro 15.** Digestión total de nutrientes en bovinos alimentados con diferentes forrajes.

	MS	MO	PC	N	FDN	FDA	AUTOR
				%			
Heno de alfalfa	-	66.5	-	64.5	51.6	53.2	Yang et al. (2002)
Heno avena y heno alfalfa	64	66.3	-	54.5	61.6	36.9	Mejía- Haro <i>et al.</i> (2003)
Febrero	91.9	93.7	91.3	93.4	-	-	Cervantes <i>et al.</i> (2000)
Marzo	87.9	89.5	86.7	88.5	-	-	
Mayo	83.9	84.9	83.6	83.4	-	-	
Ballico anual	83.9	85.7	-	79	75.2	-	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	73.8	74.9	-	74	58.5	-	
Kikuyo verano	74.7	76.5	-	76	66.4	-	
Kikuyo invierno	72.3	75.7	-	72	68.8	-	

MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, FDN: Fibra Detergente Neutro, FDA: Fibra Detergente Ácido, N: Nitrógeno, Febrero: Corte temprano; Marzo: Corte intermedio; Mayo: Corte tardío.

**Cuadro 16.** pH ruminal en novillos alimentados con diferentes forrajes.

	— Ph Ruminal —	Autor
Ballico anual	5.46	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	6.20	
Kikuyo verano	6.26	
Kikuyo invierno	6.08	
Ballico anual	5.97	Mejía- Delgadillo <i>et al.</i> (2011)
Ballico anual- Trébol bersim	6.0	Espinoza <i>et al.</i> (1999)
Festuca	6.5	Adewakun <i>et al.</i> (1989)
Trigo	6.06	Atkinson <i>et al.</i> (2007)

**Cuadro 17.** Producción de ácidos grasos volátiles en novillos alimentados con diferentes forrajes.

	AC	PR	BU	AC:PR	Autor
	mol/ 100 mol				
Ballico anual	61.6	21.2	17.24	2.98	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	67.4	18.1	14.46	4.03	
Kikuyo verano	72.6	14.1	9.72	5.78	
Kikuyo invierno	73.4	15.5	11.03	4.84	
Ballico anual	69	16.9	14.1	4.1	Mejía-Delgadillo <i>et al.</i> (2011)
Alfalfa	72.6	18.6	8.8	3.9	
Ballico anual- Trébol bersim					Espinoza <i>et al.</i> (1999)
Heno	77.8	15.9	5.15	5.0	
Fresco	74.8	17.6	6.5	4.2	
Avena	66.8	17.7	11.7		Hiller y Perry (1969)
Trigo	72.45	21.06	3.64	-	Atkinson <i>et al.</i> (2007)
Festuca	70.3	15.8	9.9	4.,4	Adewakun <i>et al.</i> (1989)

RG: Ballico anual, PS: pasto sudan, KV: kikuyo de verano, KI: kikuyo de invierno, ALF: Alfalfa, AC: acético, PR: propionico, BU: butírico, AC:PR: relación acético: propionico.

Espinoza et al. (1999), reportaron que la proporción molar de ac. acético fue mayor al suministrar heno de BA- Trébol bersim comparado con su presentación en fresco, sin cambios en propionato, como consecuencia de una estancia más larga de la fracción fibrosa en el rumen, dado principalmente por una tasa ruminal inferior del pasaje.

Los altos valores para la tasa de pasaje y digestión coincide con el contenido promedio de sólidos totales en rumen (Cuadro 18 y 19), estudios previos (Espinoza *et al.*, 1999; Cervantes *et al.*, 2000., Gives *et al.*, 2000) han reportado resultados similares.

El Ballico anual es una excelente gramínea, dado su valor nutricional así como su digestión, observando que es de mejor calidad que algunos pastos como el kikuyo y sudan, pero puede ser similar a la alfalfa, aunque disminuyen sus atributos nutricionales a medida que avanza su fenología, se han implementado estrategias como la suplementación donde Holden et al. (1994) indican que en este proceso se debe considerar la sincronización entre carbohidratos y proteína en rumen para incrementar el suministro de nutrientes al intestino delgado.

**Cuadro 18.** Cinética de la digestión de FDN en diferentes forrajes.

	Cinética de la digestión de FDN		Autor
	<u>kd</u>	<u>Kp</u>	
Ballico anual	13.95	9.77	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	5.95	4.74	
Kikuyo verano	5.45	4.7	
Kikuyo invierno	6.5	5.86	
Ballico anual	9.52	8.75	Gives <i>et al.</i> (2000)

Kp: tasa de pasaje, kd: tasa de digestión.

**Cuadro 19.** Evaluación del Contenido en rumen con diferentes forrajes.

	MS	FDN	Sólidos	Líquidos	Contenido total	Autor
	— % —	—	— kg —		—	
Ballico anual	12.8	37.0	2.13	14.7	16.8	Álvarez <i>et al.</i> (2008)
Sudan	14.1	55.6	3.35	19.8	23.2	
Kikuyo verano	14.9	51.8	3.45	19.4	22.9	
Kikuyo invierno	13.5	47.9	2.91	19.4	22.3	
Ballico anual	9.4	44.4	4.5	43.3	48	Mejía-Delgadillo <i>et al.</i> (2011)
Alfalfa	10.5	43.2	4.8	41.2	46	

FDN: fibra detergente neutro, MS: materia seca.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización del Área de Estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Metabolismo y Digestión de Rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California, a 50 km al sur de Mexicali, Baja California, México (32°24'44,16"N, 115°11'56,87"O), con una altitud de 12 msnm (INEGI, 2010). La temperatura y precipitación media anual de 22°C y 75.9 mm, respectivamente. El clima es de tipo desértico, donde el mes más frío es enero, con una temperatura mínima promedio de -1.66 °C y 13 °C de temperatura media siendo julio el mes más cálido con una temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33 °C respectivamente (INEGI, 1993).

### 5.2 Unidades Experimentales

Se utilizaron cuatro novillos Holstein de aproximadamente 10 meses de edad, con un peso de  $159 \pm 12$  kg, canulados en rumen y duodeno proximal y - distribuidos en un cuadrado latino 4 x 4 con un arreglo factorial completo 2 x 2. Como dieta basal se utilizó Ballico anual Fresco (BF) o Ballico anual Henificado (BH), con 0 ó 15% de semilla entera de algodón (SEA) (0.6% PV). Los tratamientos se definieron como: **BF00** = BF + 0% SEA, **BF15** = BF + 15% de SEA, **BH00** = BH + 0% de SEA y **BH15** = BH + 15% de SEA. Los animales permanecieron en jaulas individuales de 1.2 x 2.4 m y habilitadas con bebederos automáticos. Durante todo el experimento los becerros recibieron diariamente consumo restringido de MS, basado en 90% el promedio de lo consumido los últimos cinco días antes del inicio del experimento. La ración fue asignada en partes iguales a las 0800 y 2000. El experimento consistió de cuatro periodos experimentales de 11 d, en donde los primeros ocho fueron de adaptación a la dieta y los últimos tres para muestreo. Para reducir la diferencia en la fecha de corte del forraje fresco y henificado, en la víspera del inicio del experimento se cortó una hectárea de Ballico anual para su henificación y empaco en los 10 días siguientes, de tal forma que en los dos

**Cuadro 20.** Protocolo<sup>1</sup> de secado del Ballico anual fresco en un horno microondas (Sharp Carousel® Mod. 1200 Watts).

Ciclo de secado	Ciclos
1	3 min
2	2:30 min
3	1:30 min
4	50 seg
5	40 seg
6	40 seg
7	40 seg
8	30 seg
9	30 seg
10	30 seg
11	25 seg
12	20 seg
13	20 seg
14	15 seg
15	15 seg

<sup>1</sup> Dentro del microondas se colocaron dos recipientes de vidrio, uno con 50 g de Ballico anual fresco y otro con 200 ml de agua. En cada ciclo el agua se renueva y la muestra es pesada, repitiéndose el proceso hasta que dos pesos consecutivos no cambien. El número de ciclos está en función del modelo y potencia del Microondas y la cantidad de humedad de la muestra. Regularmente se necesita un máximo de 10 ciclos.

primeros periodos del experimento los animales recibieron los tratamientos que incluían el forraje fresco y en los dos últimos se aplicaron los tratamientos con el forraje henificado.

Con el objetivo de mantener constante la relación  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  : g MS ofrecida, en los tratamientos a base de BAF, diariamente se estimó el contenido de humedad del forraje mediante el protocolo de secado (Cuadro 20) en un Horno de Microondas (Sharp Carousel® Mod. 1200 Watts). Una alícuota de ~200 g del forraje por animal se tomó diariamente durante cada periodo de muestreo (día 9 -11), para integrar la muestra compuesta de forraje consumido para análisis posteriores. Con el mismo objetivo, en los tratamientos que recibieron BAH se conservó por animal diariamente una alícuota de ~60 g. Todas las muestras compuestas por animal y periodo fueron secadas a 65 °C y reducidas a 1 mm en un molino Wiley (Thomas-Wiley, Philadelphia, PA, USA), envasadas en frascos de plástico y analizado su contenido de MS, MO y PC (AOAC, 1984), FDN y FDA (Van Soest, 1975).

### **5.3 Colección de muestras**

La toma de muestras individuales de fluido duodenal y heces se realizó los días 9 al 11 de cada periodo, con el siguiente horario: d 1: 0900, 1800 y 2400 h, d 2: 0600, 1500 y 2100, d 3: 0300 y 1200, de tal forma que por un periodo de 12 h se logró obtener una muestra cada 90 minutos. Con cada muestreo se colectaron 700 ml de quimo duodenal y almaceno en un recipiente de plástico de 5 L que se mantuvo a -15<sup>0</sup> C, lo que constituyo la muestra por animal y periodo. Al finalizar cada periodo y después de descongelar durante 24 h todo el contenido del recipiente plástico, se extrajo una alícuota del 10% del volumen total obtenido de quimo y se depositó en un refractario para secar la muestra a 55°C durante 72 h. Simultáneamente, se colectaron del piso aproximadamente 200 g de las heces más recientemente defecadas por cada animal, se integró un compuesto los ocho

muestreos y se almacenaron a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Al finalizar cada periodo de muestreo, se descongelaron las heces durante 24 h a temperatura ambiente y se tomó aleatoriamente una alícuota de aproximadamente 200 g de la muestra. Esta se extendió (~1 cm de grosor) en papel aluminio para secarse a  $55^{\circ}\text{C}$  durante 48 h. Una vez secas, tanto las muestras de quimo duodenal como las de heces fueron trituradas y molidas en una licuadora convencional, para evitar pérdida por volatilización del  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , hasta obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 1mm y se almacenaron al vacío en envases de plástico para su posterior análisis.

Al finalizar cada periodo de colección se extrajo una alícuota de ~250 ml del líquido ruminal con una bomba manual de succión, filtrándose con cuatro capas de gasa quirúrgica e inmediatamente se midió el pH con un potenciómetro de vidrio (Waterproof pHTester 10 Oakton®). Para cuantificar el total de líquidos y sólidos se realizó el vaciado total del rumen con una aspiradora convencional seco-líquido de 50.0 L (Crasftman®) (Huhtanen y Khalili, 1991). El total del contenido extraído fue pesado, se mezcló y tomó una alícuota de 1 kg que se congeló a  $-15^{\circ}\text{C}$  para su análisis posterior de FDN y MS parcial. Inmediatamente después todo el contenido se regresó a la cavidad ruminal. El procedimiento completo, desde el inicio de la evacuación hasta el retorno del total, se realizó en un rango 18-25 minutos por animal. La materia orgánica (MO) fermentada en rumen fue considerada igual a la MO consumida menos la diferencia entre la cantidad total de MO y Materia Orgánica Microbial (MOM) que llegan a duodeno. El N del alimento que escapa al intestino delgado es considerado igual al N total que deja el abomaso menos el N amoniacal y Nitrógeno Microbial (NM) de tal manera que esto incluye cualquier contribución endógena. La base logarítmica de los valores de pH no enmascara su distribución normal, de tal manera que el modelo utilizado en el presente experimento explica el 95% de su variación.

## 5.2 Análisis de laboratorio

En las muestras de SEA y de BA fresco y henificado (dieta basal) se estimó el contenido de materia seca total, cenizas y nitrógeno total con el procedimiento establecido por AOAC (2000). Los contenidos de FDN y FDA se estimaron con el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991). La concentración del marcador óxido de cromo en muestras de duodeno y heces fue estimada mediante la técnica de Hill y Anderson (1958). A las muestras de duodeno se les determinó las mismas variables, además de N amoniacal (AOAC, 2000) y ácidos nucleicos (Zinn y Owens, 1986).

## 5.3 Variables a Medir

Las variables de respuesta calculadas a partir de los análisis de laboratorio realizados fueron: flujo hacia duodeno, digestibilidad en rumen, post-rumen y total de la MO, FDN, nitrógeno total, nitrógeno no amoniacal. Adicionalmente se estimaron el N del alimento que sobrepasa la degradación en rumen, la producción de nitrógeno microbial, eficiencia microbial y eficiencia de uso del N. La tasa de pasaje y digestión de la FDN en el rumen se estimó de los análisis de MS y FDN en las alícuotas tomadas cuando se hizo la evacuación del contenido del rumen. Se utilizó el modelo de Zinn y Salinas (1999) para estimar el consumo máximo esperado. La estimación de la tasa de pasaje ( $k_p$ ) de FDN se calculó de la siguiente manera:  $K_p = ((FDNI * (1-RDNDF))/(S * (RNDF/100)))/24$ , donde: FDNI = consumo diario total de FDN, RDNDF = digestibilidad ruminal de FDN (%), S = sólidos en rumen (g), RNDF = FDN en rumen, como porcentaje del total de los sólidos en rumen. La tasa ruminal de digestión de FDN se determinó por la relación:  $DRFDN = K_d / (K_d + K_p)$  (Zinn y Salinas, 1999).

## 5.4 Análisis Estadístico

El experimento se analizó como un factorial completo 2 x 2 cuyas combinaciones fueron distribuidas en un diseño en Cuadro Latino 4 x 4, con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \delta_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = La variable de respuesta

$\mu$  = Valor de la media poblacional

$\beta_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento

$\alpha_j$  = Efecto del j-esimo animal

$\delta_k$  = Efecto del k-esimo periodo experimental

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental, con distribución normal, linealmente independiente y varianza 0.

Los datos se analizaron mediante el procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS versión 9.2 (SAS, 2002). La aceptación de diferencias entre medias o la significancia de contrastes se fijó a una probabilidad menor de 0.05 ( $P < 0.05$ ). Probabilidades mayores de 0.05, pero menores de 0.10 se aceptaron únicamente como tendencias. El efecto de los factores Procesado (fresco vs henificado) y Suplemento (0 vs 0.6% PV) fueron evaluados mediante los contrastes: C1: Fresco vs Henificado (BAFSS, BAFCS vs BAHSS, BAHCS); C2: nivel bajo vs nivel alto de suplementación (BAFSS, BAHSS vs BAFCS, BAHCS) y C3: BA fresco con y sin suplemento (BAFSS vs BAFCS).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo y la composición química de las dietas ofrecidas en el presente estudio se presentan en el Cuadro 21. Debido a que el alimento ofrecido a los animales fue restringido y fijado a 90% de lo consumido en el periodo de adaptación del experimento con el objetivo de estabilizar la proporción marcador  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  : g MS consumida, las diferencias numéricas presentes en el Cuadro 21 solo obedecen a la composición de las dietas y no a una respuesta aleatoria y dependiente a la aplicación de los tratamientos. Sin embargo, en el henificado del BA se observó un consumo total de MS 25% superior a los tratamientos que recibieron el BA fresco, valor ligeramente debajo de los 80 g MS \* kg PV.<sup>75</sup> sugerido por Mertens y Ely (1979) para bovinos alimentados a base de forrajes.

La influencia de los tratamientos sobre el flujo hacia duodeno de las diferentes fracciones se observan en el Cuadro 22. Comparado con el BA henificado, los tratamientos con BA fresco presentaron 16 y 40% mayor salida de MO y FDN hacia duodeno, pero menor ( $P < 0.05$ ) flujo de N total y N amoniacal. Aun cuando los animales consumieron 26% más de MO con el BA henificado que con el BA fresco, se registró un flujo 14% menor hacia duodeno, esto evidencia la influencia favorable del henificado sobre la desaparición en rumen. En el caso de la cantidad de N total, existió un mayor aporte de la dieta cuando se henifico el BA que cuando se ofreció fresco. En los dos casos la SEA elevo casi 30% la cantidad de N consumido. A diferencia de la MO y la FDN consumida, el mayor aporte de N con el henificado elevo casi 16% su flujo (g/d) hacia duodeno, estas diferencias se debieron probablemente a que un menor aporte de N provoca mayor reciclaje del mismo (Astibia *et al.*, 1982). En los tratamientos con Ballico anual fresco la adición de SEA provoco un mayor flujo hacia duodeno de N microbial ( $P < 0.05$ ) y disminuyo ( $P < 0.1$ ) la cantidad de N del alimento que escapo del tracto anterior. Nocek y Russell (1988) y Kingston-Smith *et al.* (2003) establecen inicialmente que existe una relación positiva entre la suplementación nitrogenada y la disponibilidad de energía, al observar que un aumento en la síntesis microbiana se refleja como

una disminución de la cantidad de N amoniacal, esto último ocurrió en el presente estudio al encontrarse menor el flujo de amoníaco hacia el duodeno. En complemento a lo anterior Mc Rae y Reeds (1980) señalan también que al administrar forrajes verdes en la dieta del animal, la liberación de  $\text{NH}_3^+$  por los microorganismos tiene mayor equilibrio con la liberación de energía y de esta manera los microbios son capaces de capturar la mayoría de ese N disponible. Por otra parte cuando la SEA suplementa al henificado, esto resulta en una dinámica distinta entre su velocidad de liberación del N por la fermentación de la SEA y la menor solubilidad de la energía del forraje, lo que pudo derivar en el presente estudio en la mayor salida hacia el duodeno de N amoniacal. Al considerar la disminución en la degradabilidad potencial y efectiva de la proteína que se produce en el forraje deshidratado es una consecuencia del tratamiento térmico que sufren las proteínas (Thomson y Beever, 1980) que reduce su solubilidad e induce a la formación de enlaces con los polisacáridos de la pared que son muy resistentes a la actividad enzimática, aunque por el momento se desconoce el impacto real por el henificado natural a temperatura ambiente en el caso de BA.

El efecto de los tratamientos sobre la digestión de MO, FDN y N total en rumen, la síntesis microbiana y la eficiencia de uso del nitrógeno en el presente experimento se presentan en el Cuadro 23. En los tratamientos a base de BA henificado se observó mayor ( $P < 0.05$ ) digestión ruminal de la MO y FDN, pero menor eficiencia de síntesis microbiana ( $P < 0.05$ ) al comparar con forraje fresco, esto no solo se puede atribuir a diferencias estructurales entre forrajes (Pinos-Rodríguez et al., 2002), sino también evidencia los patrones de fermentación relacionados con la más rápida degradación y utilización de carbohidratos solubles en el rumen (Plascencia y Zinn, 1996). En un estudio (Zinn, 1995) en que se incluyó una variedad de SEA desprovista de borra, lo cual acelera su pasaje en el retículo-rumen, como también lo hace la humedad del BA fresco, observaron un incremento de 48% en la eficiencia de síntesis microbiana, un efecto similar en la eficiencia microbiana se observó en el presente experimento al incrementarse casi 70% cuando la SEA se adiciona al BAF vs BAH. Como se observa en el Cuadro

23, la adición de SEA al BAF provocó mayor influencia sobre la mayoría de las variables de respuesta relacionadas con la fracción nitrogenada que cuando se adicionó a los animales que recibieron BAH. En contraste con el presente estudio en que no hubo influencia de la adición de SEA al BAH sobre la eficiencia microbiana, Zinn y Plascencia (1993) observaron que la adición de SEA elevó casi 38% la eficiencia microbiana, aunque con una dieta de solo 40% de forraje. Así mismo el henificado no influyó ( $P < 0.01$ ) la digestión del N total en rumen, la producción de MOM ni la eficiencia de uso del N, estos resultados fueron similares a los reportados por Espinoza *et al.* (1999) y Cecava *et al.* (1988), tampoco existió influencia ( $P > 0.05$ ) de la adición de SEA sobre la digestión en rumen de la FDN. La inclusión de SEA solo elevó ( $P < 0.05$ ) la digestión en rumen del N total, probablemente este efecto puede solo ser producto de la mayor cantidad de N aportado en la dieta (Preston, 1982), en este caso por la SEA. Los tratamientos sin adición de SEA reportaron mayor eficiencia del nitrógeno (17%), medida como gramos de NNA / g de N consumido. Este efecto de la disponibilidad de N en el rumen es producto del aumento del reciclaje del N, puesto que basado en el cálculo de la eficiencia del N, esta se relaciona inversamente a la adición de N (Satter y Roffler, 1975) Al observar la influencia de la adición de SEA exclusivamente en los tratamientos que recibieron Ballico anual fresco, se elevó la digestión del N en rumen (40%;  $P = 0.002$ ) y la producción de MO microbiana (29%;  $P = 0.048$ ), este efecto puede atribuirse a que tuvo una mayor tasa de digestión, así como un considerable aporte de N, aunque la eficiencia de N fue mayor cuando no se adicionó SEA (21%;  $P = 0.02$ ) debido posiblemente a su encapsulamiento en la SEA.

El efecto de los tratamientos sobre la digestión postruminal de los nutrientes se presenta en el Cuadro 24. Owens (2009) señala que la digestión postruminal está relacionada negativamente con la digestión ruminal, este efecto se vio reflejado en el presente estudio. El BAF presentó 26.4% mayor ( $P < 0.02$ ) digestión postruminal de la MO que el henificado, como un efecto compensatorio consecuencia de su menor digestión ruminal. No existió influencia ( $P > 0.05$ ) de los factores en estudio sobre la digestión postruminal del N, sin embargo hubo una tendencia ( $P = 0.18$ ) de

elevarse cuando se adiciono la SEA en el Ballico anual fresco. En estudios previos Cervantes *et al* (2000) reportaron valor similar de digestión postruminal del N evaluando diferentes cortes de Ballico anual, por otro lado Álvarez *et al.* (2008) reportaron mayor digestión postruminal del BA para estas dos variables en comparación con las obtenidas en la presente investigación.

La influencia de los tratamientos sobre la digestión total de los nutrientes se observan en el Cuadro 25. No existió influencia ( $P < 0.05$ ) de los factores en estudio ni sus combinaciones sobre la digestión total de la FDN y N. Sin embargo el henificado (tratamientos BAHSS y BAHCS) elevo 6% ( $P < 0.05$ ) la digestión total de la MO en comparación con los que recibieron Ballico anual fresco, probablemente este efecto se atribuye a que la mayor fibrosidad estimula la rumia y la secreción salival, mientras que la fibra que viaja con alto contenido de humedad no puede ser mantenida en el rumen largo tiempo, disminuyendo la digestibilidad (Dolberg y Finlayson, 1995). La adición de semilla solo provoco una tendencia a elevar (5%;  $P=0.13$ ) la digestión total del N.

La influencia de los factores en estudio sobre el pH, las características del contenido ruminal, tasa de pasaje, y tasa de digestión de los novillos se muestran en el Cuadro 26. No existió influencia ( $P < 0.05$ ) del henificado y la adición de SEA sobre el pH ruminal; sin embargo estos valores para ambos tratamientos se encontraron ligeramente bajos, una posible explicación a esto se le atribuye a que cuando los animales aumentan el consumo, más material fermentable está entrando al rumen, hay una mayor producción de ácidos orgánicos y baja el pH, aunque los valores con frecuencia reportados se atribuyen entre otros factores, al consumo por su efecto sobre la rumia (Owens y Goetsch, 1986) y la concentración de AGV en el rumen; así, el mayor pH encontrado sería consecuencia de una mayor rumia, generada por el menor consumo de esta dieta. No existió ( $P > 0.05$ ) influencia de los tratamientos en el porcentaje de MS parcial y FDN de la alícuota obtenida de la evacuación del rumen. En cambio en las dietas adicionadas con SEA el contenido total (sólidos y líquidos) fue mayor, como consecuencia directa de una mayor ( $P < 0.05$ ) cantidad de líquidos, tomando en cuenta que la semilla

entera de algodón tiene capacidad para absorber cantidades considerables de agua (de Bargas, 1988). Aunque no se observó efecto del henificado y la adición de SEA sobre la tasa de pasaje de la FDN (KpNDF), se aprecia una tendencia ( $P = 0.168$ ) a ser mayor en los tratamientos con BA fresco. En contraste, el henificado disminuyó ( $P = 0.056$ ) la tasa de digestión de la FDN (KdNDF), autores como Smith y Gordon (1972) mencionan que la concentración de FDN en la dieta se relaciona negativamente con la constante de velocidad de digestión. Se observó que los valores de la kpNDF se encontraron dentro del rango establecido de 0.02 hasta  $0.19 \text{ h}^{-1}$  (Smith y Gordon. 1972).

**Cuadro 21.** Consumo y composición de las dietas ofrecidas a los novillos en el experimento (Base seca).

		TRATAMIENTOS			
		BAFSS	BAFCS	BAHSS	BHHCS
Peso Vivo		179	179	179	179
		Consumo g/d			
MS	BA	2804	2452	3619	3076
	SEA	0	539.2	0	539.2
	TOTAL	2804	2991	3619	3615
	g/kg <sup>.75</sup>	57.3	61.1	74.0	73.9
MO	BA	2480	2166	3159	2686
	SEA	0	503.7	0	503.7
	TOTAL	2480	2670	3159	3190
FDN	BA	1773	1029	1343	1142
	SEA	0	208.2	0	208.2
	TOTAL	1773	1237	1343	1350
	g/kg <sup>.75</sup>	36.2	25.3	27.4	27.6
N	BA	48.82	45.80	75.70	64.35
	SEA	0	15.59	0	15.59
	TOTAL	48.82	61.39	75.70	79.94
	g/kg <sup>.75</sup>	1.00	1.25	1.55	1.63
		Composición %			
MS	BA	94.28	94.28	94.83	94.83
	SEA	0	94.26	0	94.26
FDN	BA	44.47	44.47	39.16	39.16
	SEA	0	40.97	0	40.97
N	BA	1.929	1.929	2.201	2.201
	SEA	0	3.070	0	3.070
Cr		0.397	0.397	0.301	0.301

BAFSS=Ballico anual Fresco Sin Semilla, BAFCS=Ballico anual Fresco Con Semilla, BAHSS=Ballico anual Henificado Sin Semilla, BAHCS=Ballico anual Henificado Con Semilla., BA= Ballico anual, SEA= Semilla Entera de Algodón, MS=Materia Seca, MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, N= Nitrógeno, Cr= Cromo.

**Cuadro 22.** Flujo de nutrientes a duodeno en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.

	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F		
	BAFSS	BAFCS	BAHSS	BAHCS		BAFR	BAHE	SS	CS	BAFSS	BAFCS	C1	C2	C3
flujo g/d														
MO	1425 <sup>ab</sup>	1449 <sup>a</sup>	1237 <sup>b</sup>	1232 <sup>b</sup>	92	1437	1234	1331	1340	1425	1449	0.024	0.897	0.101
FDN	539 <sup>a</sup>	510 <sup>a</sup>	374 <sup>b</sup>	378 <sup>b</sup>	51	524.4	375.8	456.3	443.9	539.0	509.8	0.006	0.769	0.625
N	50.1 <sup>bc</sup>	49.3 <sup>c</sup>	59.325 <sup>a</sup>	56.61 <sup>ab</sup>	2.920	49.68	57.93	54.67	52.94	50.10	49.27	0.084	0.516	0.118
N- Amoniacal	2.813 <sup>b</sup>	3.175 <sup>b</sup>	7.230 <sup>a</sup>	8.113 <sup>a</sup>	4.670	2.99	7.67	5.02	5.64	2.81	3.18	0.035	0.234	0.608
N- Microbial	19.00 <sup>b</sup>	26.75 <sup>a</sup>	25.54 <sup>a</sup>	23.43 <sup>ab</sup>	2.484	22.87	24.49	22.27	25.09	19.00	26.75	0.529	0.280	0.048
N- No Amoniacal	47.29	46.09	52.02	48.50	3.142	46.69	50.26	49.66	47.30	47.29	46.09	0.405	0.325	0.715
N-Bypass	28.28 <sup>a</sup>	19.35 <sup>b</sup>	26.48 <sup>ab</sup>	25.07 <sup>ab</sup>	3.414	23.82	25.78	27.38	22.21	28.28	19.35	0.537	0.124	0.068
Agua	44.62	33.30	30.94	35.97	6.106	38.96	33.46	37.78	34.63	44.62	33.30	0.385	0.615	0.336

<sup>a, b, c</sup> Medias con distinta literal en una hilera son diferentes (P<0.05). MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, N= Nitrógeno.

<sup>1</sup>Tratamientos: BAFSS=Ballico anual Fresco Sin Semilla, BAFCS=Ballico anual Fresco Con Semilla, BAHSS=Ballico anual Henificado Sin Semilla, BAHCS=Ballico anual Henificado Con Semilla

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Ballico anual Fresco vs Ballico anual Henificado (BAFR vs BAHE).

<sup>4</sup>C2= Sin Semilla vs Con Semilla (SS vs CS).

<sup>5</sup>C3= Ballico anual Fresco Sin Semilla vs Ballico anual Fresco Con Semilla (BAFSS vs BAFCS).

**Cuadro 23.** Digestión ruminal, síntesis microbiana y eficiencia de uso del nitrógeno en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.

%	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F		
	BAFSS	BAFCS	BAHSS	BAHCS		BAFR	BAHE	SS	CS	BAFSS	BAFCS	C1	C2	C3
Digestión en rumen, %														
MO	49.21 <sup>b</sup>	56.04 <sup>b</sup>	68.97 <sup>a</sup>	68.72 <sup>a</sup>	2.865	52.62	68.84	59.09	62.38	49.21	56.04	0.000	0.273	0.118
FDN	53.65 <sup>b</sup>	59.14 <sup>b</sup>	72.14 <sup>a</sup>	72.03 <sup>a</sup>	3.363	56.40	72.09	62.90	65.59	53.65	59.14	0.001	0.437	0.271
N	40.00 <sup>b</sup>	66.82 <sup>a</sup>	64.79 <sup>a</sup>	68.42 <sup>a</sup>	7.06	53.41	66.6	52.4	67.6	40.00	66.8	0.276	0.008	0.002
MOM	189.8 <sup>b</sup>	267.3 <sup>a</sup>	255.5 <sup>a</sup>	234.3 <sup>ab</sup>	24.84	228.6	244.9	222.7	250.8	189.8	267.3	0.522	0.280	0.048
EFM <sup>6</sup>	16.46 <sup>a</sup>	18.18 <sup>a</sup>	11.66 <sup>b</sup>	10.67 <sup>b</sup>	1.826	17.32	11.17	14.06	14.43	16.46	18.18	0.006	0.845	0.518
EFN <sup>7</sup>	1.023 <sup>a</sup>	0.813 <sup>b</sup>	0.692 <sup>ab</sup>	0.610 <sup>ab</sup>	0.167	0.918	0.651	0.858	0.712	1.023	0.813	0.364	0.022	0.020

<sup>a, b</sup> Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ( $P \leq 0.05$ ). MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, N= Nitrógeno, MOM= Materia Orgánica Microbiana

<sup>1</sup>Tratamientos: BAFSS=Ballico anual Fresco Sin Semilla, BAFCS=Ballico anual Fresco Con Semilla, BAHSS=Ballico anual Henificado Sin Semilla, BAHCS=Ballico anual Henificado Con Semilla

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Ballico anual Fresco vs Ballico anual Henificado (BAFR vs BAHE).

<sup>4</sup>C2= Sin Semilla vs Con Semilla (SS vs CS).

<sup>5</sup>C3= Ballico anual Fresco Sin Semilla vs Ballico anual Fresco Con Semilla (BAFSS vs BAFCS).

<sup>6</sup>EFM=Eficiencia Microbiana= g de N Microbiana/kg de MO fermentada.

<sup>7</sup>EFN= Eficiencia del Nitrógeno =N no amoniacal que llega a duodeno/total de N consumido.

**Cuadro 24.** Digestión postruminal de MO y N en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.

%	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F		
	BAFSS	BAFCS	BAHSS	BAHCS		BAFR	BAHE	SS	CS	BAFSS	BAFCS	C1	C2	C3
MO	53.64 <sup>a</sup>	50.00 <sup>a</sup>	37.19 <sup>b</sup>	44.80 <sup>ab</sup>	4.102	51.82	41.00	45.42	47.40	53.64	50.00	0.018	0.607	0.508
N	65.56	59.26	64.13	65.08	4.093	62.41	64.61	64.85	62.17	65.56	59.26	0.492	0.405	0.180

<sup>a, b</sup> Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ( $P \leq 0.05$ ). MO= Materia Orgánica.

<sup>1</sup>Tratamientos: BAFSS=Ballico anual Fresco Sin Semilla, BAFCS=Ballico anual Fresco Con Semilla, BAHSS=Ballico anual Henificado Sin Semilla, BAHCS=Ballico anual Henificado Con Semilla.

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Ballico anual Fresco vs Ballico anual Henificado (BAFR vs BAHE).

<sup>4</sup>C2= Sin Semilla vs Con Semilla (SS vs CS).

<sup>5</sup>C3= Ballico anual Fresco Sin Semilla vs Ballico anual Fresco Con Semilla (BAFSS vs BAFCS).

**Cuadro 25.** Digestión total en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.

%	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F		
	BAFSS	BAFCS	BSHSS	BAHCS		BAFR	BAHE	SS	CS	BAFSS	BAFCS	C1	C2	C3
MO	72.86 <sup>b</sup>	72.95 <sup>b</sup>	75.92 <sup>b</sup>	78.67 <sup>a</sup>	1.989	72.91	77.30	74.39	75.81	72.86	72.95	0.046	0.472	0.973
FDN	66.81	66.80	64.82	68.10	2.148	66.81	66.46	65.82	67.45	66.81	66.80	0.872	0.450	0.997
N	59.61	63.90	71.84	75.13	7.19	61.76	73.49	65.73	69.52	59.61	63.90	0.352	0.130	0.212

<sup>a, b</sup> Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ( $P \leq 0.05$ ). MO= Materia Orgánica, FDN= Fibra Detergente Neutro, N= Nitrógeno.

<sup>1</sup>Tratamientos: BAFSS=Ballico anual Fresco Sin Semilla, BAFCS=Ballico anual Fresco Con Semilla, BAHSS=Ballico anual Henificado Sin Semilla, BAHCS=Ballico anual Henificado Con Semilla.

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Ballico anual Fresco vs Ballico anual Henificado (BAFR vs BAHE).

<sup>4</sup>C2= Sin Semilla vs Con Semilla (SS vs CS).

<sup>5</sup>C3= Ballico anual Fresco Sin Semilla vs Ballico anual Fresco Con Semilla (BAFSS vs BAFCS).

**Cuadro 26.** Contenido ruminal en novillos alimentados a base de Ballico anual fresco o henificado con y sin semilla entera de algodón.

%	Tratamiento <sup>1</sup>				EE <sup>2</sup>	C1 <sup>3</sup>		C2 <sup>4</sup>		C3 <sup>5</sup>		P < F		
	BAFSS	BAFCS	BAHSS	BAHCS		BAFR	BAHE	SS	CS	BAFSS	BAFCS	C1	C2	C3
pH	5.915	6.023	5.863	5.893	0.188	5.969	5.878	5.889	5.958	5.915	6.023	0.735	0.460	0.416
FDN	56.66	55.18	55.67	56.75	1.390	55.92	56.21	56.17	55.97	56.66	55.18	0.867	0.816	0.248
MS	14.45	14.63	13.84	14.17	1.126	14.54	14.01	14.15	14.40	14.45	14.63	0.692	0.547	0.754
kg														
Total	20.81 <sup>b</sup>	20.97 <sup>b</sup>	20.11 <sup>b</sup>	25.84 <sup>a</sup>	1.617	20.89	22.98	20.46	23.41	20.81	20.97	0.381	0.049	0.932
sólido	1.620	1.508	1.529	1.648	0.142	1.564	1.589	1.575	1.578	1.620	1.508	0.868	0.972	0.384
líquido	19.18 <sup>b</sup>	19.46 <sup>b</sup>	18.58 <sup>b</sup>	24.19 <sup>a</sup>	1.542	19.32	21.39	18.88	21.83	19.18	19.46	0.362	0.045	0.883
kp FDN <sup>6</sup>	0.053	0.052	0.042	0.041	0.005	0.053	0.042	0.048	0.047	0.053	0.052	0.168	0.753	0.798
kd FDN <sup>7</sup>	0.064 <sup>b</sup>	0.075 <sup>b</sup>	0.082 <sup>ab</sup>	0.108 <sup>a</sup>	0.015	0.1	0.095	0.1	0.092	0.064	0.075	0.056	0.147	0.519
DMX	6570 <sup>b</sup>	7174 <sup>b</sup>	9114 <sup>a</sup>	8914 <sup>a</sup>	645	6872	9014	7842	8044	6570	7174	0.006	0.744	0.494

<sup>a, b</sup> Medias con distinta literal en una hilera son diferentes ( $P \leq 0.05$ ). MS= Materia Seca, FDN= Fibra Detergente Neutro, pH= Potencial de Hidrogeno.

<sup>1</sup>Tratamientos: BAFSS=Ballico anual Fresco Sin Semilla, BAFCS=Ballico anual Fresco Con Semilla, BAHSS=Ballico anual Henificado Sin Semilla, BAHCS=Ballico anual Henificado Con Semilla.

<sup>2</sup>EE= Error estándar.

<sup>3</sup>C1= Ballico anual Fresco vs Ballico anual Henificado (BAFR vs BAHE).

<sup>4</sup>C2= Sin Semilla vs Con Semilla (SS vs CS).

<sup>5</sup>C3= Ballico anual Fresco Sin Semilla vs Ballico anual Fresco Con Semilla (BAFSS vs BAFCS).

<sup>6</sup>Kp= Tasa de pasaje.

<sup>7</sup>Kd= Tasa de digestión

## **VII. CONCLUSIONES**

En las condiciones del presente estudio es posible concluir que la adición de semilla entera de algodón ocasiono mayor influencia en las variables relacionadas con la fracción nitrogenada en los animales que recibieron Ballico anual fresco. Por otra parte, como en estudios anteriores se encontró que el henificado facilito una mayor digestión en rumen de la fracción fibrosa y de la materia orgánica. Fue solo la digestión total de la materia orgánica influenciada por los factores en estudio.

## VIII. LITERATURA CITADA

Adewakun, L. O., A. O Famuyiwa, A Felix. and T. A Omole. 1989. Growth Performance, Feed Intake and Nutrient Digestibility by Beef Calves Fed Sweet Sorghum Silage, Corn Silage and Fescue Hay. *J Anim. Sci.* 67:1341-1349.

Álvarez Almora, E. G., G. J. Rodríguez, R. E. Rodríguez, G. A. Carrillo Aguirre, R. Avery Zinn, J. Plascencia, A. Montaña Gómez, M. F. González Vizcarra, V. M. Espinoza Santana y S. U. Aguilar Sánchez. 2008. Valor alimenticio comparativo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, var. Whittet) en dos estaciones de crecimiento con ryegrass (*Lolium multiflorum Lam*) y sudán (*Sorghum sudanense*) ofrecido a novillos Holstein. *Rev. Interciencia.* 33-2(135:139).

A.O.A.C. 1984. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists E.U.A. 14a Ed. Washington, D.C.

A.O.A.C. 2000. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. 17<sup>th</sup> Ed. Gaithersburg, MD, USA. 2200 pp.

Argamentería, G. A., B. de la Roza, A. Martínez, L. Sánchez y A. Martínez. 1997. El ensilado en Asturias. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA). p. 1-127.

Astibia, O. R., C. A. Cangiano, M. R. Cocimano y F. J. Santini. 1982. Utilización del nitrógeno por el rumiante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(4): 373-384.

- Atkinson, R. L., C. D. Toone and P. A. Ludden. 2007. Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on site and extent of digestion and ruminal characteristics in lambs fed low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 85:3322-3330.
- Bargo, F., L. D. Muller and J.E. Delahoy. 2003. Production and digestion of supplemented dairy cow a on pasture. *J. Dairy Sci.* 86: 1 - 42.
- Beever, D. E., D. J. Thomson, M. J. Ulyatt, S. B. Cammell and M. C. Spooner. 1985. The digestion of fresh perennial ryegrass (*Lolium perenne* L. cv. Melle) and white clover (*Trifolium repens* L. cv. Blanca) by growing cattle fed indoors. *Br. J. Nutr.* 54: 763-775.
- Brosh, A., Z. Holzer and D. Levy. 1989. Cottonseed for protein and energy supplementation of high-roughage diets for beef cattle. *Anim. Prod.* (48):513- 518.
- Calsamiglia, S., A. Ferret y M. Cerrato-Sánchez. 2002. Effects of Patterns of Suboptimal pH on Rumen Fermentation in a Dual-Flow Continuous Culture System. *J. Dairy Sci.* 90: 4368-4377.
- Cantú, B. J. E. 1989. Apuntes de cultivos forrajeros. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. 168 p.

Carulla, J. E., E. Cárdenas, N. Sánchez y C. Rivero. 2005. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. Tesis de Maestría en Salud y Producción animal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Cecava, M. J. N., R. Merchen, L. L. Berger and G. C. Jr. Fahey. 1988. Effects of dietary level and protein source on site of digestion and duodenal nitrogen and amino acid flows in steers. *J. Anim. Sci.* 66:961.

Centro de Investigación para los recursos naturales (CiReNa). 2000. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/triticales-alternativa-norte-mexico-t1425/p0.htm>. Fecha de consulta: 14-06-15. Hinojosa, M. B.

Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco (CIPEJ). 2015. EL zacate Rye Grass Annual o Ballico italiano. [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=204&Itemid=140](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=204&Itemid=140). Fecha de Consulta: 13 -06-15.

Cervantes, R. M., E. C. Álvarez, O. N. Torrentera, G. D. Mendoza, S. S. Espinoza, F. A. Velderrain, y S. González M. 2000. Época de corte y composición nutricional, sitio y grado de digestión de Ballico anual (*Lolium multiflorum Lam*) en novillos. *Agrociencia.* 34: 413-422.

Chiossone, J. L. y O. Balbuena. 2013. Efecto de la suplementación con subproductos del algodón sobre la ganancia de peso y el consumo en novillitos alimentados con silaje de sorgo. *Revista Argentina de Producción Animal.* Vol 33 Supl. 1: 149-207.

- Church, D. C., 1984. Alimentos y alimentación del ganado. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Uruguay.
- Crampton, E. W. and L. E Harris. 1979. Análisis inmediato de los alimentos. Nutrición Animal Aplicada. Edit. Acribia. 2 ed. Zaragoza, España. 580 y 581.
- Cullison, A. E. and R. S. Lowrey. 1987. Feeds and feeding. Reston ed. Fourth edition. 645 p.
- de Bargas, S. 1988. Uso de subproductos: semilla entera de algodón. Revista de la Asoc. Mendocina de Producción Animal, Mendoza. 1(2):49-51.
- De León, M. 2004. Utilización de silajes en producción de carne bovina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Informe Técnico N° 5. Proyecto Ganadero Regional – EEA Manfredi.
- Dias, R. S., H. O. Patino, S. López, E. Prates, K. C. Swanson and J. France. 2010. Relationships between chewing behavior, digestibility, and digesta passage kinetics in steers fed oat hay at restricted and ad libitum intakes. J. Anim. Sci. 89:1873-1880.
- Dolberg, F. and P. Finlayson. 1995. Treated straw for beef production in China. World Animal Review. 82 (1):14.

Donaldson, R. S., M. A. McCann, H. E. Amos and C. S. Hovelaud. 1989. Effects of implant and protein supplementation on steers grazing winter annuals. *J. Anim. Sci.* 67(2):34.

Duthil, J. 1989. Producción de forrajes. Mundi-Prensa. Madrid.

Ensminger, M. E., J. E. Oldfield, W. W. Heinemann. 1990. Feeds and nutrition. The Ensminger publishing company. 2 ed. Clovis, California. USA. 1544 p.

Ensminger, M. E. and R. C. Perry. 1997. Feeding and handling calves, in: Chapter 21, Beef cattle science. M. E. Ensminger Interstate Publishers. 7th edition. Clovis, California, USA. pp. 717-730.

Espinoza, S., E. Álvarez and A. Plascencia. 1999. Nutrient digestion of Italian ryegrass and berseem clover (fresh or hay) to Holsteins. *Cuban J. Agric. Sci.* 33: 25.

Etgen, W. M. and P. M. Reaves. 1978. Dairy cattle feeding and management. 6<sup>th</sup> Ed. John Coibey y Sons, New York.

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 2013. Tablas de composición nutritiva de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. [www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo](http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo). Fecha de consulta: 2-05-15.

Gaitán, S. y J. D. Pavón. 2003 Aplicación del modelo NRC 2001 en la caracterización energética y proteica de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoechst), ryegras (*Lolium perenne*) y falsa poa (*Holcus lanatus*) en un hato lechero del oriente antioqueño; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 55 p.

Givens, I. D., E. Owen, R. F. E. Axford and H. M. Omed. 2000. Forage evaluation in ruminants nutrition. Cabi Publishing. 1 Ed. 480 pps.

Hannaway D., S. Fransen and J. Cropper. 1999. Annual Ryegrass. Oregon State University, USA. <http://eesc.orst.edu/AgComWebFile/EdMat/PNW501.html>.  
Fecha de consulta: 11/05/2015.

Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determination switch growing chicks. J. Nutr. 64: 587-603.

Hillier, R.J. and T. W. Perry. 1969. Effect of Hydroponically Produced Oat Grass on Ration. J Anim. Sci. 29:783-785.

Holden, L. A., L. D. Muller, G. A. Varga, and P. J. Hillard. 1994. Ruminant digestion and duodenal nutrient flows in dairy cows consuming grass as pasture, hay, or silage. J. Dairy Sci. 77: 3034-3042.

Huhtanen, P. and H. Khalili. 1991. Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. Animal Feed Sci. Technol. 33: 275-287.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1993. Cuaderno estadístico del municipio de Mexicali, Baja California. 121 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Anuario de estadística del Estado de Baja California.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2010. Reporte Anual 2010 Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano. Publicación especial Núm. 7. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/reporte\\_anual2010.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/reporte_anual2010.pdf). Fecha de consulta: 6-07-15.

Kingston-Smith A. H., A. L. Bollard, B. J. Thomas, A. E. Brooks and. M. K. Theodorou. 2003. Nutrient availability during the early stages of colonization of fresh forage by rumen micro-organisms. *New Phytologist*. 158: 119–130.

Koza G., A. Balbuena, O. Kucseva, D. César, N. Mussart y J. A. Coppo. 2004. Modificaciones del consumo voluntario de heno y del pH ruminal producidas por diferentes niveles de semilla entera de algodón en novillos. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Universidad Nacional del Nordeste 2004. Resumen: V-015.

Kucseva, C. D., O. Balbuena, A. L. Slanac, J. Schreiner, G. Somma de Feré, G. A. Koza and D. Rochinotti. (2001). Efecto de niveles de semilla entera de algodón en el suplemento sobre el consumo de heno en novillitos. *Rev. Arg. Prod. Animal*. 21(Supl. 1):5-6.

- López-Soto, M. A., E. Arellano-González, A. Barreras-Serrano, V. M. González-Vizcarra, D. May-García, A. Plascencia-Jorquera, y R. A. Zinn. 2006. Influencia de una enzima fibrolítica y el proceso de maceración en un forraje de baja calidad sobre la digestión y función ruminal en vacas Holstein secas. *Vet. Mex.* 37: 275-289.
- MacRae, J. C. and G. Loble. 1982. Some factors which influence thermal energy losses during the metabolism of ruminants. *Livestock Production Science.* 9: 447-456.
- Mata, D. 1992. Suplementación de bovinos pastoreando Sabanas Naturales, Tesis de Doctorado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. 65.
- Mc Rae, H. and P. Reeds. 1980. Efficiency of non-protein nitrogen uptake by microorganisms with different food types. *Reviews in rural Sci.* pp. 93-98.
- Mejía-Delgadillo, M. A., E. G. Álvarez-Almora, J. M. Pinos-Rodríguez, J. F. Ponce-Medina, A. Plascencia-Jorquera, L. F. Escoboza-García y J. Rodríguez-García. 2011. Digestión del heno de trigo en comparación con la de alfalfa y ballico en novillos. *Agrociencia.* 45 (1):13-21.
- Mejía-Haro, J., O. Ruiz-Barrera, J. A. Jiménez-Castro e I. Mejía-Haro. 2003. Efecto de dos fuentes de proteína de degradabilidad ruminal diferente sobre el crecimiento y procesos digestivos en bovinos productores de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 11(2): 101-110.

- Mertens, D. R., and L. O. Ely, 1979. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. *Journal of Animal Science*. 49 (4):1085-1095.
- Minson, D. J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Acad. Press. San Diego, Calif. 463 p.
- Minson, D. J., and J. R. Wilson. 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. Ed. Am. Soc. Agron. Madison, WI. Pages 533–563.
- Muslera E. and C. Ratera. 1991. *Praderas y forrajes: Producción y aprovechamiento*. 2ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- National Research Council (NRC). 2007. *Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academy Press, Washington, D. C. 362 p.
- Nava C. C. y C. A. Díaz. 2001. *Introducción a la digestión ruminal*. Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/79-introduccion\\_a\\_la\\_digestion\\_ruminal.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf). Fecha de consulta: 9-06-15.
- Nocek, J. and J. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 2070-2107.

- Núñez H. G., J. Espinoza C., H. Salinas G., J. M. Gutiérrez C., G. Medina G. y R. Dovel. 2000. Guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado en México. Oregon Seed Council. INIFAP, México. 33 p.
- Obispo, N. E., P. Pares, C. Hidalgo, J. Palma y S. Godoy. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovinos de carne en crecimiento suplementados con fuentes proteicas. *Zootecnia Tropical*. 19 (3):423.
- Owens, D., M. McGee, T. Boland, and P. O'Kiely. 2009. Rumen fermentation, microbial protein synthesis, and nutrient flow to the omasum in cattle offered corn silage, grass silage, or whole-crop wheat. *J. Anim. Sci.* 87: 658–668.
- Owens, F. N., and A. L. Goetsch. 1986. Ruminant fermentation. *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Metabolism*. Church, D. C. (ed). Prentice Hall. New Jersey. pp: 145-171.
- Pérez, J., R. Meza, E. Almora, A. Serrano. 1991. Producción de leche en praderas asociadas de invierno en el valle de Mexicali. *Rev. Ciencias agropecuarias*. 3(1): 35-47.
- Pérez, N., J. Garmendia y A. Alvarado. 2001. Efecto de la suplementación en preparto con semilla entera de algodón y minerales sobre el comportamiento productivo en vacas doble propósito. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*. Volumen Especial: 125-133.

Pichard, G. y P. J. Van Soest. 1977. Protein solubility of ruminant feeds. Proc. Cornell Nutr. Conf. 91-98.

Pinos-Rodríguez, J. M., S. S. González, G. D. Mendoza, R. Bárcena, M. A. Cobos, A. Hernández, and M. E. Ortega. 2002. Effect of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and rye-grass hay fed to lambs. J. Anim. Sci. 80: 3016-3020.

Plascencia, A., and R. A. Zinn. 1996. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. J. Anim. Sci. 74: 310-316.

Preston, R.L. 1982. Empirical value of crude protein systems for feedlot cattle. In: F. N. Owens (Ed.) Protein Requirements for Cattle. Proceedings of an International Symposium.. pp 201-217. Oklahoma State University. Stillwater OK.

Produce. Fundación Produce Baja California. 2013. Agenda de Innovación Tecnológica 2012-2013. Fundación Produce Baja California. pp. 20-30.

Robinson, P.H., G. Getachew, E.J. DePeters and M.C. Calhoun. 2001. Influence of variety and storage up to 22 days on nutrient composition and gossypol level of Pima cottonseed (*Gossypium spp.*). Anim. Feed Sci. Technol. 91:149-156.

Rodríguez C. M. E. 2004. Genética de la resistencia a roya de la hoja (*Puccinia triticina* E.) en trigos duros (*Triticum turgidum* L. var. Durum). Tesis Maestro

en Ciencias en Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 89 p.

Russell J. B. 1987. Effect of extracellular pH on growth and proton motive force of *Bacteroides succingenes*, a Cellulolytic ruminal bacterium. *Appl. Env. Microbiol.* 53: 2379-2383.

Russell J. B. and D. B. Wilson. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH?. *J. Dairy Sci.* 79: 1503-1509.

SAS, 2002. Users guide: Statics, version 6.4th edition. SAS Int., Inc., Cary, NC.

Satter, L. D., and R. E. Roffler. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58: 1219-37.

Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Avance de Siembras y Cosechas. <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-por-estado/>. Fecha de Consulta: 03-06-15.

Smith, L. W. and C. H. Gordon, 1972. Relationships of forage composition with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. *Animal Science Research Division, USDA.* 5:1142

- Takeiro, M., E. Hidetake, U. Juzoh, T. Hino. (1997) Activity of H<sup>+</sup>ATPase ruminal bacteria with special reference to acid tolerance. *Microbiology* 63: 2155-2158.
- Thomson, D. J. and D. E. Beever. 1980. The effect of conservation and processing on the digestión of forages by ruminants. *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. Ed. Y. Ruckebusch y P. Thivend. MTP Press. Ltd. Lancaster. pp. 291-308.
- Van Soest, P. J. 1975. In *Digestion and metabolism in the ruminant* (I.W. McDonald and A. C. I. Warner, Ed. Univ. Of New England Publishing Unit. Armidale, N.S.W. Australia.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Van Vuuren A. M., F. Krol-Kramer, R. A. Van der Lee, H. Corbijn. 1992. Protein digestibility and intestinal amino acids in dairy cows fed fresh *Lolium perenne* with different nitrogen contents. *J. Dairy Sci.* 75: 2215-2225.
- Velasco-Zebadúa M. E., A. Hernández-Garay y V. A. González-Hernández. 2005. Rendimiento y calidad del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc. Pecu. Méx.* 43(2):247-258.

- Villalobos, L y J. Sánchez 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense* 34(1): 43-52.
- Warren, W. P., F. A. Martz, K. H. Asay, E. S. Hilderbrand, C. G. Payne and J. R. Vogt. 1974. Digestibility and Rate of Passage by Steers Fed Tall Fescue, Alfalfa and Orchardgrass Hay in 18 and 32 C Ambient Temperatures. *J. Anim. Sci.* 39:93-96.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on site and extent of digestion. *Journal of Dairy Science.* 85: 1958-1968.
- Yo koyama, M. T., and K. A. Johnson. 1988. Microbiology of the rumen and intestine. In *The Ruminant Animal*. D.C. Church, ed. Simon and Schuster, New York, NY. Pages 125–144.
- Zinn R. A. 1995. Characteristics of Digestion of Linted and Lint-Free Cottonseed in Diets for Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.* 73:1246-1250.
- Zinn, R. A. and A. Plascencia. 1993. Interaction of Whole Cottonseed and Supplemental Fat on Digestive Function in Cattle. *J. Anim. Sci.* 1993. 71:11-17.

Zinn, R.A. and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Canadian Journal of Animal Science*. 66: 157-166.

Zinn, R. A. and J. Salinas. 1999. Influence of Fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed a 78% concentrate growing diet. In: *Biotechnology in the feed industry 15th annual symposium*. United Kingdom. Nottingham university press. pp. 313-319.