

ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE BOVINOS Y OVINOS

Editor: Jaime Salinas Chavira



La GENERACIÓN del
CONOCIMIENTO
con VALORES

ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE BOVINOS Y OVINOS

Jaime Salinas Chavira



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA d e
TAMAULIPAS



Consejo de
publicaciones
UAT





Consejo de
publicaciones
UAT

C.P. Enrique C. Etienne Pérez del Río
PRESIDENTE

Dr. José Luis Pariente Fragoso
VICEPRESIDENTE

Dr. Héctor Cappello García
SECRETARIO TÉCNICO

C.P. Guillermo Mendoza Cavazos
VOCAL

Dr. Marco Aurelio Navarro Leal
VOCAL

Mtro. Luis Alonso Sánchez Fernández
VOCAL

Mtro. José David Vallejo Manzur
VOCAL

ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE BOVINOS Y OVINOS

Jaime Salinas Chavira



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA d e
TAMAULIPAS



Consejo de
publicaciones
UAT



Primera edición, 2016

Estrategias para optimizar la producción de bovinos y ovinos

/ Autor: Jaime Salinas Chavira – México, Tamaulipas: Universidad Autónoma de Tamaulipas; Colofón, 2016.

216 p.; 17 x 23 cm – (Colección: La Generación del Conocimiento con Valores)

Consejo de Publicaciones UAT

consejopublicacionesuat@outlook.com

Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2948 • www.uat.edu.mx

Editorial Colofón, S. A. de C. V.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra —incluido el diseño tipográfico y de portada—, sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito del Consejo de Publicaciones UAT.

ISBN: 978-607-8441-80-8



Fomento Editorial Una edición del Departamento de Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Edificio Administrativo, planta baja, CU Victoria

Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT

D. R. © 2016, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS

Matamoros, s.n, Zona Centro, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87000

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1

CICLO ESTRAL Y SU MANIPULACIÓN ESTRATÉGICA 14
EN LA SINCRONIZACIÓN DEL GANADO BRAHMAN
EN EL SURESTE DE TAMAULIPAS. M.A. Domínguez-
Muñoz, C. I. Villegas-Gutiérrez, V. P. González-Gómez, R.
Sánchez-Torres, F. Benavides-González, R. López-
Zavala, J. Salinas-Chavira y E. A. Hernández-Valenzuela

CAPÍTULO 2

CONDICIÓN CORPORAL Y REINICIO DE LA ACTIVI- 32
DAD OVÁRICA POSPARTO EN VACAS PRODUCTORAS
DE CARNE. M.A. Domínguez-Muñoz, A. Villanueva-Castillo,
M. P. Ponce-Acosta, R. Castillo-Almaguer, E. Gutiérrez-Rodríguez,
O. Medellín-Ávila

CAPÍTULO 3

ECOSISTEMAS DE MATORRALES EN LAS TIERRAS 53
DE PASTOREO: NORESTE DE MEXICO Eduardo A. Gon-
zález Valenzuela., C. Wayne Hanselka, J. Miguel Ávila Curiel

CAPÍTULO 4

MANEJO ESTRATÉGICO DE BOVINOS PRODUCTO- 75
RES DE CARNE EN PASTOREO EN EL NORTE DE MÉ-
XICO EN CONDICIONES DE SEQUÍA Eduardo A. Gon-
zález V., C. Wayne Hanselka, J. M. Ávila Curiel, J. A. Ortega
Santos, R. López Zavala, J. Salinas Chavira y M. A. Domínguez
Muñoz

CAPÍTULO 5	
ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA BORREGOS EN EL NORTE DE MÉXICO. J. Salinas-Chavira, R. F. García-Castillo, O. Ruiz- Barrera	93
CAPÍTULO 6	
USO ESTRATÉGICO DE LOS GRANOS SECOS DE DESTILERÍA CON SOLUBLES (DDGS) EN DIETAS PARA BORREGOS. J. Salinas-Chavira, E. Ramírez-Bribiesca, R. López-Zavala, M.A. Domínguez-Muñoz, E. A. González-Valenzuela	117
CAPÍTULO 7	
USO ESTRATÉGICO DEL PULIDO DE ARROZ EN DIETAS PARA BOVINOS DE CARNE Y OVINOS. J. Salinas-Chavira	147
CAPÍTULO 8	
USO ESTRATÉGICO DE BICARBONATO DE SODIO EN DIETAS PARA BORREGOS EN ENGORDA. R. F. García-Castillo, J. Salinas-Chavira.	159
CAPÍTULO 9	
USO ESTRATÉGICO DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS EN DIETAS PARA RUMIANTES. J. Salinas-Chavira	177
CAPÍTULO 10	
USO POTENCIAL DE CLORHIDRATO DE ZILPATEROL EN DIETAS DE ENGORDA PARA BORREGOS. J. Salinas-Chavira	199

Presentación

Este libro muestra algunas estrategias para mejorar la producción de bovinos y ovinos. Aborda el manejo del ciclo estral con inseminación artificial, así como la influencia del estado nutricional en la fisiología reproductiva de vacas de carne. Se busca, en condiciones de pastoreo, lograr mejor cosecha de terneros y que las vacas de carne reinicien su actividad reproductiva lo más rápido posible en mejor condición corporal. Otros temas que se presentan son manejo de pastizales, manejo de matorrales en los agostaderos, así como el manejo de la sequía con enfoque en bovinos productores de carne en pastoreo. Estas estrategias además de mejorar la producción animal buscan la sustentabilidad del recurso ecológico con su preservación en las mejores condiciones posibles.

Además se muestran técnicas de alimentación de ovinos en condiciones extensivas y engorda en corral donde los alimentos disponibles son forrajes, granos y subproductos como los granos secos de destilería con solubles y el pulido de arroz. La óptima utilización de estos ingredientes alimenticios se traducirá en un sistema productivo más eficiente. También se trata el tema de aditivos en dietas de engorda para borregos; aditivos activos en rumen como el bicarbonato de sodio y enzimas exógenas que tienen el potencial de mejorar la fermentación ruminal y por tanto la eficiencia de uso de alimentos en dietas. Se exponen las propiedades del clorhidrato de zilpaterol; un aditivo que se usa en dietas y que es activo en el metabolismo celular como estrategia potencial para mejora la producción animal.

Deben considerarse dos aspectos:

1) Los alimentos de origen animal son requeridos en mayor cantidad y calidad por la creciente población de México.

2) El mundo globalizado de mercados impone una competencia con sistemas de producción animal mundial. Estos dos aspectos obligan a la eficiente producción animal, lo cual sólo se puede lograr mediante el conocimiento científico y tecnológico en los actuales sistemas de producción de bovinos y borregos.

Dr. Jaime Salinas Chavira

1

Capítulo

Ciclo estral y su manipulación estratégica en la sincronización en ganado Brahman en el sureste de Tamaulipas

Miguel Ángel Domínguez Muñoz

César Ignacio Villegas-Gutiérrez

Ruby Sánchez Torres

Flaviano Benavides González

Rigoberto López Zavala

Jaime Salinas-Chavira

Eduardo Arcadio Hernández Valenzuela

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

“Dr. Norberto Treviño Zapata”, Universidad Autónoma de Tamaulipas,

Cd. Victoria, Tamaulipas

Víctor P. González-Gómez

Reprotech, S.A. de C.V. Tampico, Tamaulipas

Resumen

Con protocolos de sincronización con dispositivo intravaginal (CIDR) y PGF2 α , se comparó la inclusión de GnRH o cipionato de estradiol (ECP) para realizar inseminación artificial a tiempo fijo, (IATF) en cinco municipios del sureste de Tamaulipas. Se seleccionaron vaquillas de cruce Brahman (≥ 15 meses de edad) por condición corporal (≥ 3 , escala de 5 puntos) y actividad ovárica. Hubo seis tratamientos ($n = 320$ cada uno): T1 (CIDR por 9 d, ECP al insertar, PGF2 α el día 9, ECP el día 10, IATF 54 h post-retiro); T2 (CIDR por 7 d, ECP al insertar, PGF2 α el día 7, ECP el día 8, IATF 54 h post-retiro); T3 (CIDR por 7 d, GnRH al insertar, PGF2 α el día 7, IATF y GnRH 48 h post-retiro); T4 (CIDR por 7 d, GnRH al insertar, PGF2 α el día 6, IATF y GnRH 48 h post-retiro); T5 (CIDR por 7 d, GnRH al insertar, PGF2 α el día 7, IATF y GnRH 60 h post-retiro); y T6 (CIDR por 7 d, GnRH al insertar, PGF2 α el día 7, IATF sola 48 h post-retiro). Dos grupos de vacas ($n = 75$ cada uno) recibieron tratamientos similares a los grupos 2 y 4. Se calculó la tasa de gestación a la IATF (mediante ultrasonido); ésta varió entre 31.6 ± 3.9 y $48.0 \pm 10.6\%$; ni tratamiento ni municipio afectaron esta tasa ($P > 0.05$). La inclusión de costos (hormonas y manejo) al análisis mostró dos tratamientos (T2 con estradiol o T3 con GnRH) más económicos y efectivos bajo las condiciones nutricionales, climáticas y de manejo del sureste de Tamaulipas.

Palabras clave: sincronización de la ovulación; Brahman; inseminación artificial a tiempo fijo; GnRH; estradiol.

Introducción

La creciente población a nivel mundial trae consigo una enorme demanda en la producción de alimentos. México es un productor importante de carne de res y Tamaulipas es uno de los estados que contribuye de manera considerable a esta producción. La mayoría de las explotaciones de ganado productor de carne se manejan de forma extensiva, con poca vigilancia de los animales, lo cual tiende a conducir a una baja eficiencia reproductiva, ya que los toros pueden ser de baja calidad genética. La aplicación de los avances recientes en tecnología reproductiva permite aumentar esta eficiencia; tal es el caso de la inseminación artificial, que acelera el mejoramiento genético con la introducción de semen de animales mejores. Sin embargo, el uso de esta técnica hace necesaria la detección del estro en las hembras, lo cual es poco práctico en el ganado en pastoreo. Por otra parte, los tratamientos con progestágenos y/o prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) para la sincronización del estro, acompañados con tratamientos con hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) o estrógenos para controlar el momento de la ovulación, permiten eliminar la detección del estro, ya que se tiene programado el manejo, y la inseminación se puede practicar en un momento predeterminado, técnica conocida como inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Se han realizado diversos estudios para aplicar esta técnica en ganado lechero o de carne de razas europeas en varias regiones del mundo (Bader et al., 2005; Bucher et al., 2009; Busch et al., 2007, 2008; Colazo et al., 2009; Kim et al., 2007; Lamb et al., 2006; Lane et al., 2008; Larson et al., 2009; Martínez et al., 2002; Schafer et al., 2007; Stevenson, 2008; Taponen, 2009), comprobando la eficacia de la misma. También se han publicado algunos estudios extensos en ganado cebú en EE.UU. (Saldarriaga et al., 2007) o Sudamérica (Meneghetti et al., 2009; Peres et al., 2009; Sá Filho et al., 2009, 2010), pero hasta donde se tiene noticia, no en México. El objetivo de este estudio fue comparar diferentes tratamientos con GnRH o estrógenos, adicionados a tratamientos base de sincronización con progesterona y PGF_{2α}, para lograr la gestación en programas de IATF en ganado Brahman del sureste de Tamaulipas. Se presentaron resultados preliminares del proyecto en el 10º Congreso Internacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos de

la Comarca Lagunera, Torreón, Coah. (2010), y se publicaron los resultado de los experimentos realizados en vaquillas (Domínguez et al., 2012).

Ciclo estral. Antes de entrar de lleno al estudio sobre métodos de sincronización del estro o de la ovulación, se hará una revisión de los cambios que ocurren durante el ciclo estral, mismos que facilitarán el entendimiento de la aplicación de los diferentes tratamientos. Los ovarios contienen multitud de folículos en diversas etapas de desarrollo temprano o intermedio. Estos **folículos** crecen continuamente; periódicamente los estímulos hormonales propicios permiten que un folículo (ocasionalmente 2) complete su desarrollo, produzca grandes cantidades de estrógenos y libere su óvulo; la inhibina secretada por el folículo dominante reduce la secreción de FSH, lo cual evita que los demás folículos de la oleada puedan continuar creciendo. Después de ovular, la pared que formaba al folículo se transforma en un **cuerpo hemorrágico** (CH) o cuerpo rojo, que en poco tiempo madura y forma el **cuerpo lúteo** (CL) o cuerpo amarillo, encargado de producir progesterona para mantener la gestación. Cuando la vaca queda gestante, se interrumpe el ciclo hasta el parto, pero si no hay gestación, cuando el útero no detecta señales que indican la presencia de un embrión, el endometrio produce PGF2 α para acabar con la función del CL y eso permite el reinicio del ciclo (Fig. 1). El CL tarda varios días en reabsorberse (se observa una estructura más pequeña y firme que el CL), y queda una cicatriz, llamada **cuerpo albicans** (CA) o cuerpo blanco, que generalmente desaparece, aunque el CL de la gestación deja un CA más grande y duradero.

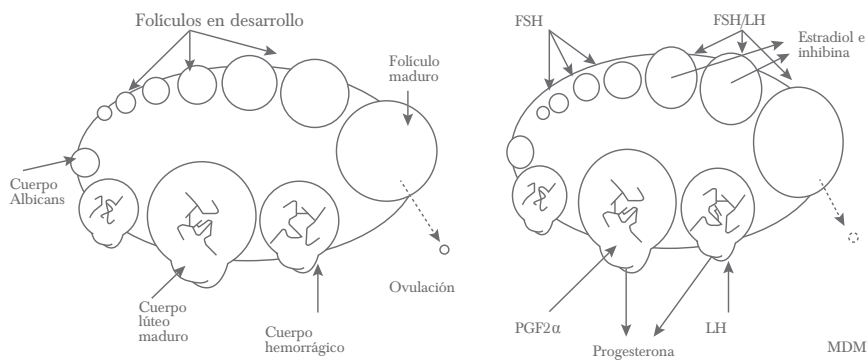


Figura 1. Estructuras ováricas (izq.) y hormonas (der.) asociadas al ciclo estral.

Para estudiar el ciclo estral, se han definido varias etapas o fases. Se puede hablar de una **fase folicular** y una **fase luteínica** que se alternan, pero generalmente se desglosa más, para describir 4 etapas: proestro, estro, metaestro y diestro.

Durante el **proestro**, el folículo que está por terminar su desarrollo crece rápidamente y secreta estrógenos que preparan al tracto genital para la ovulación, posible monta y potencial inicio de gestación que se acercan. Así, se estimula la proliferación celular; aumenta la irrigación sanguínea en el aparato reproductor y el tono muscular del tracto aumenta, por lo que el útero se empieza a sentir turgente (con mayor tono muscular); también empieza a aumentar la secreción de moco cervical. El proestro generalmente dura 3 o 4 días.

Cuando el nivel de estrógenos llega al máximo, empieza el **estro**, celo o calor, donde la vaca presenta un cambio de comportamiento que incluye la receptividad sexual. Al inicio del estro, el nivel de estrógenos también desencadena la secreción máxima de hormona luteinizante (LH) que provoca la ovulación unas 30 h después. En la vaca el estro solo dura unas 8 a 12 h, por lo cual, a diferencia de otras especies, la ovulación se presenta cuando el celo ya ha terminado.

Después de la ovulación, el cuerpo hemorrágico creciente empieza a producir progesterona durante el **metaestro**, que es un período de transición entre la fase folicular que acaba de terminar y la luteínica que empieza. El efecto de los estrógenos se pierde y es sustituido por el de la progesterona. El metaestro dura unos 3 a 4 días.

Cuando el cuerpo hemorrágico termina de crecer y madurar, se convierte en un cuerpo lúteo maduro y empieza el **diestro**, donde los niveles de progesterona se mantienen al máximo por unos 10 a 14 días, en espera de un embrión que envíe señales de su presencia. Por efecto progestacional, el tracto genital se vuelve secretor y su musculatura se relaja, por lo que el útero se siente flácido (lo contrario de turgente). La progesterona también inhibe los centros superiores (hipotálamo e hipófisis), por lo que se impide la estimulación final de otros folículos que pudieran terminar de madurar.

Como se ha descrito, si un embrión señala su presencia, se mantiene el cuerpo lúteo y el diestro se prolonga como gestación. Sin embargo, si no hay un embrión, el útero produce PGF2 α , el cuerpo lúteo es destruido y al desaparecer la progesterona de la circulación, un nuevo folículo puede completar su crecimiento. Así se establece el proestro de un **nuevo ciclo**, en donde se podrá detectar la presencia del folículo creciente además del cuerpo lúteo en regresión, ya que aunque deja de producir progesterona de manera muy rápida, se tarda varios días en reabsorberse y convertirse en cuerpo albicans.

En los tratamientos empleados para manipular el ciclo estral, generalmente conocidos como “sincronizar el estro”, se emplean análogos de la PGF2 α para destruir el cuerpo lúteo funcional y acortar el ciclo, o progestágenos que funcionan como un cuerpo lúteo artificial. Los tratamientos adicionales, como el empleo de GnRH o estrógenos al comienzo del tratamiento con progestágenos, sirven para controlar las ondas foliculares, ya que estimulan la secreción endógena de LH, la cual luteiniza al folículo dominante, por lo cual deja de funcionar como tal, haciendo que comience una nueva onda folicular 1-2 días después. La segunda inyección de GnRH o estrógenos que se administra después de terminar el tratamiento con progestágenos sirve para inducir la ovulación del folículo que ha madurado durante el tratamiento progestacional, sincronizando la ovulación y permitiendo practicar la inseminación artificial a tiempo fijo, sin la necesidad de detectar el celo.

Materiales y métodos

Animales. Se utilizaron 1,920 vaquillas y 150 vacas de las razas Brahman, Suizo-Brahman y Brangus de un total de 24 ranchos ganaderos ubicados en el sureste de Tamaulipas. La mayoría de los ranchos pertenecían a los municipios de Aldama, Altamira y Soto la Marina (8, 7 y 6, respectivamente), aunque también participaron 2 ranchos del municipio de Güémez y uno del municipio de Casas (Figura 2). El clima de esta región de Tamaulipas es tropical y subtropical, con una temperatura media anual de 27.6° C, y una precipitación media anual de 750.3 mm (INEGI, 2008). Todos los tratamientos se hicieron entre agosto de 2009 y enero de 2010.

Todos los ranchos participantes llevaban un manejo extensivo en pastoreo con zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*).

Para ser incluidos en el estudio, los animales debían tener una condición corporal de 3 o más, en la escala de 1 a 5, y mostrar evidencias de actividad ovárica en un examen ultrasonográfico (presencia de folículos >5 mm o un cuerpo lúteo). En el caso de las vacas, además debían ser de dos o más partos y tener un mínimo de 70 días posparto.

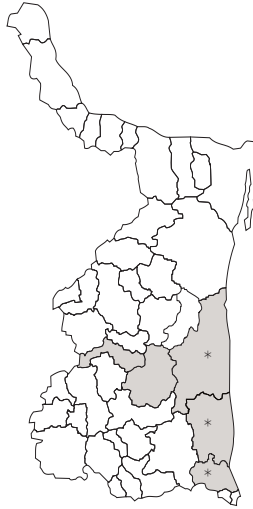


Figura 2. Mapa de Tamaulipas. Los ranchos se ubicaban en los municipios que aparecen sombreados. Los 3 municipios con asterisco son los que tuvieron mayor número de ranchos.

Para facilitar el manejo durante los tratamientos, se hicieron varias réplicas (7-13 por tratamiento en vaquillas, 1-3 en vacas), con 18 a 75 animales por réplica. Algunos ranchos facilitaron animales para realizar varias réplicas en diferentes fechas.

Tratamientos. El trabajo consistió en dos partes, una para vaquillas y otra para vacas.

Vaquillas. En esta parte se realizaron dos estudios; en ambos casos, al comenzar el tratamiento para la sincronización del estro (día 0), los animales de todos los grupos recibieron un dispositivo intravaginal liberador

de progesterona (CIDR®, Pfizer, México, D.F.) durante 7 o 9 días, acompañado con una inyección de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}, Lutalyse®, Pfizer, México, D.F.) el día del retiro del CIDR o 24 h antes (día 6, 7 o 9). Las variaciones entre los grupos consistieron en dar GnRH (Cystorelin®, Merial, El Marqués, Qro., México) o cipionato de estradiol (ECP®, Pfizer, México, D.F.) al inicio y después del retiro del CIDR (24, 48 o 60 h), el tiempo de implantación del CIDR (7 o 9 días), el momento en que se dio la PGF_{2α} con respecto al retiro del CIDR (al retiro o 24 h antes), y el intervalo entre el retiro del CIDR y la inseminación artificial (48, 54 o 60 h). Los tratamientos de todos los grupos experimentales se ilustran en la Figura 3, y los detalles de cada grupo se describen a continuación:

En el primer estudio, se comparó el empleo de ECP o GnRH como parte del tratamiento de la sincronización.

El grupo 1 recibió el CIDR durante 9 días y PGF_{2α} el día 9, acompañados por ECP (1 mg el día 0 y 0.5 mg el día 10), y la IATF 54 h después del retiro.

El grupo 2 recibió el CIDR durante 7 días y PGF_{2α} el día 7, acompañados por ECP (1 mg el día 0 y 0.5 mg el día 8), y la IATF 54 h después del retiro.

El grupo 3 recibió el CIDR durante 7 días y PGF_{2α} el día 7, acompañados por GnRH (100 µg) el día 0 y al momento de la IATF (48 h después del retiro).

El grupo 4 recibió el CIDR durante 7 días y PGF_{2α} el día 6, acompañados por GnRH (100 µg) el día 0 y al momento de la IATF (48 h después del retiro).

En el segundo estudio, se evaluó el empleo de GnRH al final del tratamiento de la sincronización.

El grupo 5 recibió el CIDR durante 7 días y PGF_{2α} el día 7, acompañados por GnRH (100 µg) el día 0 y al momento de la IATF (60 h después del retiro).

El grupo 6 recibió el CIDR durante 7 días y PGF_{2α} el día 7, acompañados por GnRH (100 µg) solamente el día 0; la IATF se realizó 60 h después del retiro.

Vacas. En esta parte, se realizó un solo estudio para comparar el empleo de benzoato de estradiol (E2B®, Syntex, México, D.F.) y GnRH como parte del tratamiento de la sincronización.

El grupo 7 recibió el CIDR durante 7 días y PGF_{2α} el día 7, acompañados por E2B (2 mg el día 0 y 1 mg el día 8), y la IATF 54 h después del retiro.

El grupo 8 recibió el CIDR durante 7 días y PGF2 α el día 6, acompañados por GnRH (100 μ g) el día 0 y al momento de la IATF (48 h después del retiro).

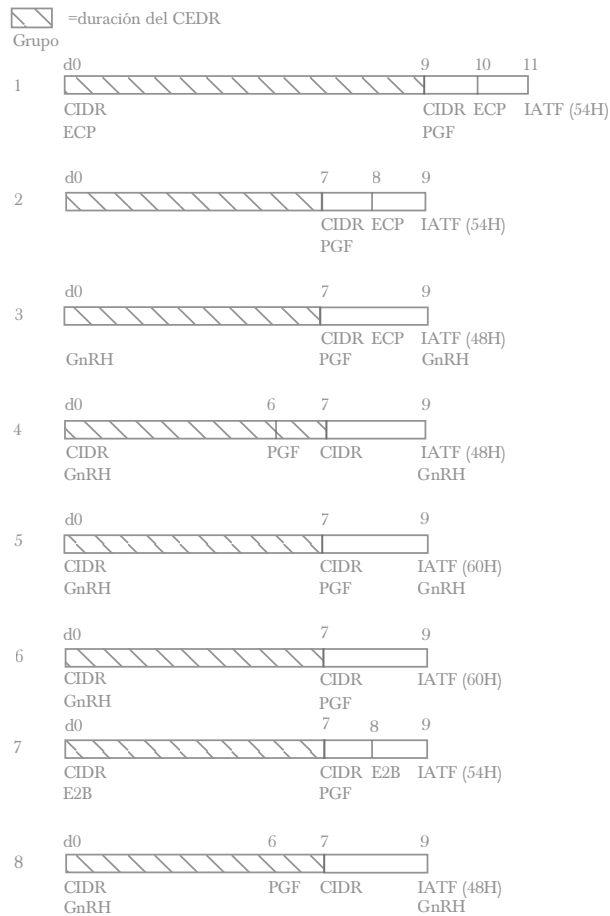


Figura 3. Diseño experimental de los diferentes estudios. Los grupos 1 a 6 fueron de vaquillas (n=320/grupo); los grupos 7 y 8, de vacas (n=75/grupo).

Manejo común a vaquillas y vacas. En todos los estudios, se procedió a la inseminación artificial en el tiempo descrito, sin observar signos de estro. Al momento del retiro del CIDR, los animales que lo habían perdido fueron excluidos del estudio; el número total de casos fue de 19 (19 de 2070= 0.92% de pérdida del dispositivo), por lo que los grupos A-H quedaron con 318, 320,

315, 318, 315, 317, 73 y 75 animales, respectivamente, que procedieron a la IATF. Al cumplirse 21 días después de la IATF, se introdujeron toros a los corrales con las hembras tratadas, para permitir que cubrieran a las hembras que repitieran el estro.

La variable a medirse en los estudios fue la tasa de gestación después del tratamiento. El diagnóstico de preñez se realizó mediante revisión ultrasonográfica entre 30 y 60 días después de la IATF, fechas en las que se podía identificar la edad fetal para diferenciar si el producto provenía de la IATF o de la monta natural subsiguiente.

Costos. Además del efecto del tratamiento sobre la tasa de gestación, se tomó en cuenta el costo de cada tratamiento, considerando para el cálculo el costo de las hormonas para cada animal (por ejemplo, todos los tratamientos incluyeron CIDR y PGF_{2α}, pero variaron en el uso de GnRH vs. estrógenos, una o dos dosis de GnRH) y el número de veces que se manejaron los animales (tres o cuatro veces para el tratamiento correspondiente e inseminación, y una adicional para el diagnóstico de gestación), empleando la siguiente fórmula:

Costo del tratamiento por animal tratado=
(costo de las hormonas) + (60 X número de manejos)

El costo de cada hormona se basó en el valor comercial al inicio del proyecto (agosto de 2009), y el de cada sesión de manejo se estableció como constante de \$60 por animal. Todos los costos están expresados en pesos mexicanos (\$MN). Cuando se obtuvieron los resultados de cada tratamiento, se incluyeron en el cálculo del costo por gestación, empleando la siguiente fórmula:

Costo del tratamiento por gestación=
$$\frac{(\text{costo individual del tratamiento}) (\text{n animales tratados})}{(\text{n animales gestantes})}$$

Análisis estadístico. Debido a que se contaba con varias réplicas en cada tratamiento, se calculó la tasa de gestación en cada réplica, y la media y

desviación estándar para la tasa de gestación de cada tratamiento. Así, en el estudio de los seis tratamientos de vaquillas, se evaluó el efecto de municipio dentro de cada tratamiento en un análisis anidado, y para el estudio de los dos grupos de vacas, se hizo una prueba de ji cuadrada de homogeneidad. El programa empleado para estos análisis fue Statistica, v6.1 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK).

Resultados y discusión

La tasa de retención del dispositivo fue de 99.08% (solo 19 de 2070 animales lo perdieron), lo cual coincide con la descripción del producto por su distribuidor. El Cuadro 1 muestra el número de réplicas obtenido para cada municipio y tratamiento, y el Cuadro 2 presenta la tasa de gestación obtenida en cada réplica. Debido al número de réplicas en los municipios de Aldama, Altamira y Soto la Marina, se pudo anidar el efecto de rancho dentro de municipio para cada tratamiento de los grupos 1 a 6 (vaquillas). Así, se observó que no hubo un efecto significativo de municipio en la tasa de gestación, y que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre estos seis tratamientos ($P > 0.05$). Los 6 tratamientos empleados para vaquillas resultaron en tasas de gestación que variaron entre 31.6 ± 3.9 y $48.0 \pm 10.6\%$. El grupo 1 fue el único que presentó una tasa menor a 40% de gestación. El análisis por separado de los grupos correspondientes a los estudios 1 y 2 (grupos 1-4 y 5-6, respectivamente) tampoco mostró diferencias significativas entre tratamientos.

De esta manera, cualquiera de los seis tratamientos produciría un resultado estadísticamente similar, pero si se toma en cuenta el costo del tratamiento (afectado por el tipo de hormonas y el número de veces que se manejan los animales, Cuadro 3) combinado con la tasa de gestación, se recomendarían los tratamientos 2 (con estradiol) o 3 (con GnRH).

En el estudio con vacas, las tasas de gestación fueron de 41.6 y 42.3% para los grupos 7 y 8 (con estradiol y GnRH, respectivamente). La prueba de ji cuadrada de homogeneidad mostró que no hubo diferencia estadística entre ellos, y el costo menor del tratamiento 7 apoyaría su empleo en vacas.

Cuadro 1. Número de réplicas por tratamiento experimental distribuidas en cada municipio.

Municipio	Tratamiento							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Aldama	7	6	6	5	3			
Altamira	3	3	4	5	6	3		
Soto la Marina	2	2	2	3	2	1	1	1
Casas						1		
Güémez						2	1	

Por otra parte, se debe tomar en cuenta que hace unos años se prohibió en Europa el uso de estrógenos para el tratamiento en animales destinados a consumo humano (Lane *et al.*, 2008); más recientemente también se prohibió su uso en EE.UU. Esta prohibición se podría extender a México, después de lo cual ya no será posible emplear los tratamientos correspondientes (grupos 1, 2 y 7). Debido a esto, es preferible emplear los tratamientos alternos con GnRH, de los cuales el grupo 3 sería el más recomendable para vaquillas al equilibrar una tasa de gestación mayor (48%) con un costo menor a los otros tratamientos, y el 8 se usaría en vacas, aunque en esa parte del estudio no hubo otros tratamientos comparativos con GnRH.

Las tasas de gestación obtenidas de los diferentes tratamientos fueron comparables a las descritas por otros autores. Entre la literatura publicada, existe una gran variedad de resultados en tasas de gestación tras tratamientos de sincronización estral e IATF. Por ejemplo, los estudios que emplearon estrógenos obtuvieron desde 28.3% (Phillips *et al.*, 2010) hasta 54% (Meneghetti *et al.*, 2009), mientras los que incluyeron el uso de GnRH variaron entre 26% (Colazo *et al.*, 2009) y 69% (Busch *et al.*, 2008); otros autores describen resultados dentro de estos rangos (Peres *et al.*, 2009; Sá Filho *et al.*, 2009; Bucher *et al.*, 2009; Busch *et al.*, 2007; Larson *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2002; Saldarriaga *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2007; Lamb *et al.*, 2006). Los resultados del presente estudio se encontraron dentro de este rango, con menos variación entre los grupos, con excepción del grupo 1 (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Tasa de gestación distribuida por réplica.

Rancho	Municipio	Tratamiento							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	Aldama			44	25.8	47.4			
B	Aldama	26.1	29.6						
C	Aldama	34.6	35.3						
D	Aldama	28.6	29.2						
D	Aldama	29.6	54.5						
E	Aldama	32	31.8	52.4	39.1				
E	Aldama	33.3	29						
E	Aldama	27.6							
F	Aldama			73.1	57.9				
G	Aldama			57.5					
H	Aldama			52.6	44.8	46.9			
H	Aldama			50	41.7	39.4			
I	Altamira			31.3	16.7				
J	Altamira			47.1	74.2	76.9	36.4		
K	Altamira				61.3	37.1			
L	Altamira	40.9	48.2			37.2	53.2		
L	Altamira	30	57.9			45.2	33.8		
L	Altamira	33.3	87.5						
M	Altamira				42.9	50			
N	Altamira			45.8	51.9	32.1			
O	Altamira			44					
P	Casas						42.5		
Q	Güémez						40		
R	Güémez						38.3	37.5	
S	SLM			37	45.8	25			
S	SLM				33.3				
T	SLM	30.8	51.6			50	54.3		
U	SLM	32.4	63.3						
V	SLM			41.7	36.4				
W	SLM							47.7	
X	SLM								41.3
Media		31.6	47.1	48	44	44.3	42.6	42.6	41.3
n réplicas		12	11	12	13	11	7	2	1
‡ Desviación estándar		3.9	18.5	10.6	15.1	13.4	8.1	7.2	-
‡ Error estándar		1.1	5.6	3.1	4.2	4	3.1	5.1	-

^aSoto la Marina

Cuadro 3. Costo por gestación de cada tratamiento

	Tratamiento							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Hormona evaluada	ECP	ECP	GnRH	GnRH	GnRH	GnRH	E ₂ B	GnRH
n manejos	5	5	4	5	4	4	5	5
Costo/animal tratado (\$)	485.78	485.78	504.28	564.28	504.28	464.28	496.28	564.28
n tratados	320	320	320	320	320	320	75	75
n gestantes	100	147	151	144	139	135	34	31
Costo/gestación (\$)	1,554.50	1,057.50	1,068.70	1,254.00	1,160.90	1,100.50	1,096.10	1,365.20

Aunque no se encontró una diferencia estadística entre los grupos, la tasa de gestación numéricamente menor obtenida en el grupo 1 podría deberse a la duración mayor del tratamiento con el CIDR (9 días) en comparación con los demás grupos (7 días). Este tiempo aumentado después de la sincronización de la onda folicular (estimulada por la inyección inicial de cipionato de estradiol) podría reflejarse en un folículo que está próximo a la madurez cuando el CIDR se retira a los 7 días, pero después del momento óptimo cuando se retira a los 9.

En conclusión, bajo las condiciones de clima, nutrición y manejo del sureste de Tamaulipas, se puede recomendar el empleo del tratamiento 3 para vaquillas y el 8 para vacas en los programas de sincronización del estro para la inseminación artificial a tiempo fijo. El grupo 3 recibió el CIDR (el día 0) durante 7 días y PGF_{2α} el día 7, acompañado por GnRH (100 µg) el día 0 y al momento de la IATF (48 h después del retiro del CIDR). Las variaciones que puedan presentarse en la selección, manejo, alimentación y genética de los animales en cada rancho pueden modificar la respuesta al tratamiento.

Bibliografía

- Bader, J.F., F.N. Kojima, D.J. Schafer, J.E. Stegner, M.R. Ellersieck, M.F. Smith and D.J. Patterson. 2005. A comparison of progestin-based protocols to synchronize ovulation and facilitate fixed-time artificial insemination in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 83:136–143.
- Bucher, A., R. Kasimanickam, J.B. Hall, J.M. DeJarnette, W.D. Whittier, W. Kähn and Z. Xu. 2009. Fixed-time AI pregnancy rate following insemination with frozen-thawed or fresh-extended semen in progesterone supplemented CO-Synch protocol in beef cows. *Theriogenology* 71:1180–1185.
- Busch, D.C., D.J. Wilson, D.J. Schafer, N.R. Leitman, J.K. Haden, M.R. Ellersieck, M.F. Smith and D.J. Patterson. 2007. Comparison of progestin-based estrus synchronization protocols before fixed-time artificial insemination on pregnancy rate in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 85:1933-1939.
- Busch, D.C., D.J. Schafer, D.J. Wilson, D.A. Mallory, N.R. Leitman, J.K. Haden, M.R., Ellersieck M.F. Smith and D.J. Patterson. 2008. Timing of artificial insemination in postpartum beef cows following administration of the CO-Synch + controlled internal drug-release protocol. *J. Anim. Sci.* 86:1519-1525.
- Colazo, M.G., M.B. Gordon, R. Rajamahendran, R.J. Mapletoft and D.J. Ambrose. 2009. Pregnancy rates to timed artificial insemination in dairy cows treated with gonadotropin-releasing hormone or porcine luteinizing hormone. *Theriogenology* 72:262–270.
- Domínguez, M.A., C.I. Villegas-Gutiérrez, V.P. González-Gómez, R. Sánchez-Torres, F. Benavides-González, R. López-Zavala, J.A. Medellín-Ledezma and J. Salinas-Chavira. 2012. Comparison between estradiol cypionate and gonadotropin releasing hormone as ovulation synchronization treatments for fixed-time artificial insemination programs in Brahman-cross heifers in a subtropical region of northeastern Mexico. *Trop. Subtrop. Agroec.* 15:685-692.

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2008. Anuario Estadístico Tamaulipas. México, D.F. pp 450.
- Kim, U.H., G.H. Suh, T.Y. Hur, S.J. Kang, H.G. Kang, S.B. Park, H.S. Kim and I.H. Kim. 2007. The effects of administering estradiol benzoate plus progesterone during the growth or static phases of the dominant follicle in CIDR-treated lactating dairy cows. *J. Reprod. Dev.* 53(3):591-596.
- Lamb, G.C., J.E. Larson, T.W. Geary, J.S. Stevenson, S.K. Johnson, M.L. Day, R.P. Ansotegui, D.J. Kesler, J.M. DeJarnette and D.G. Landblom. 2006. Synchronization of estrus and artificial insemination in replacement beef heifers using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F₂{alpha}, and progesterone. *J. Anim. Sci.* 84:3000-3009.
- Lane, E.A., E.J. Austin and M.A. Crowe. 2008. Oestrous synchronisation in cattle—Current options following the EU regulations restricting use of oestrogenic compounds in food-producing animals: A review. *Anim. Reprod. Sci.* 109:1–16.
- Larson, J.E., K.N. Thielen, B.J. Funnell, J.S. Stevenson, D.J. Kesler and G.C. Lamb. 2009. Influence of a controlled internal drug release after fixed-time artificial insemination on pregnancy rates and returns to estrus of nonpregnant cows. *J. Anim. Sci.* 87:914-921.
- Martinez, M.F., J.P. Kastelic, G.P. Adams and R.J. Mapletoft. 2002. The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 80:1746-1751.
- Meneghetti, M., O.G. Sá Filho, R.F.G. Peres, G.C. Lamb and J.L.M. Vasconcelos. 2009. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: Basis for development of protocols. *Theriogenology* 72:179–189.
- Peres, R.F.G., I. Claro Júnior, O.G. Sá Filho, G.P. Nogueira and J.L.M. Vasconcelos. 2009. Strategies to improve fertility in *Bos indicus* postpubertal heifers and nonlactating cows submitted to fixed-time artificial insemination. *Theriogenology* 72:681–689.

- Phillips, N.J., G. Fordyce, B. Burns, P. Williams, D. Mayer, G.A. Bo and M.R. McGowan. 2010. Does the amount of progesterone in intravaginal implants used to synchronise oestrus affect the reproductive performance of Brahman heifers artificially inseminated at a fixed time. *Reprod. Domest. Anim.* 45:e392-e397.
- Sá Filho, O.G., M. Meneghetti, R.F.G. Peres, G.C. Lamb and J.L.M. Vasconcelos. 2009. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: Strategies and factors affecting fertility. *Theriogenology* 72:210–218.
- Sá Filho, O.G., C.C. Dias, G.C. Lamb and J.L.M. Vasconcelos. 2010. Progesterone-based estrous synchronization protocols in non-suckled and suckled primiparous *Bos indicus* beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 119:9–16.
- Saldarriaga, J.P., D.A. Cooper, J.A. Cartmill, J.F. Zuluaga, R.L. Stanko and G.L. Williams. 2007. Ovarian, hormonal, and reproductive events associated with synchronization of ovulation and timed appointment breeding of *Bos indicus*-influenced cattle using intravaginal progesterone, gonadotropin-releasing hormone, and prostaglandin F_{2α}. *J. Anim. Sci.* 85:151–162.
- Schafer, D.J., J.F. Bader, J.P. Meyer, J.K. Haden, M.R. Ellersieck, M.C. Lucy, M.F. Smith and D.J. Patterson. 2007. Comparison of progestin-based protocols to synchronize estrus and ovulation before fixed-time artificial insemination in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 85:1940-1945.
- Stevenson, J.S. 2008. Progesterone, follicular, and estrual responses to progesterone-based estrus and ovulation synchronization protocols at five stages of the estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 91:4640–4650.
- Taponen, J. 2009. Fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Acta Vet. Scand.* 51:48.



Capítulo



**Condición corporal y reinicio de la actividad ovárica
posparto en vacas productoras de carne**

Miguel Ángel Domínguez Muñoz
Arnulfo Villanueva Castillo
Mirna Paola Ponce Acosta
Ricardo Castillo Almaguer
Edgar Gutiérrez Rodríguez
Óscar Medellín Ávila

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)*

Resumen

Se evaluaron vacas productoras de carne desde 6.5 ± 1.6 meses de gestación hasta cuatro meses posparto, para asociar dieta y mediciones corporales con la actividad ovárica posparto. Las vacas comenzaron con calificaciones de condición corporal (CCC) de 4 o 5 (escala de 9 puntos) en tres grupos ($n=7$ /grupo): Normal-Normal (N/N), que recibió dietas pre y posparto para mantener una CCC adecuada; Normal-Restringida (N/R), con dieta preparto adecuada, pero limitada después (80% de requerimientos nutritivos); y Restringida-Normal (R/N), con dieta preparto limitada pero compensada después (80 y 120%, respectivamente). Cada 14 días se evaluó la composición corporal (grasa dorsal y ojo de la chuleta) y el desarrollo pre- y posnatal de los becerros usando ultrasonido; también se midió peso vivo y CCC. A pesar de las diferentes raciones, la composición corporal y mediciones fetales fueron similares entre grupos. El grupo R/N mostró menor peso vivo y CCC ($p < 0.001$) y peso del becerro al nacimiento ($p < 0.05$) que los otros grupos. La función ovárica posparto fue similar entre grupos. Sin embargo, las vacas con CCC posparto media de ≥ 4 mostraron diámetros foliculares mayores que las que tuvieron < 4 ($p < 0.001$). Se realizó un destete temporal a los 60-90 días posparto, pero solo cuatro vacas ovularon. En conclusión, la CCC de la vaca afecta al desarrollo pre- y posnatal de los becerros, al diámetro folicular y el reinicio del ciclo estral. Durante el periodo posparto se presentan ondas foliculares de diámetro creciente, pero se necesita una condición corporal adecuada para que se produzca la ovulación.

Palabras clave: condición corporal; función ovárica posparto; ultrasonografía; composición corporal; bovinos.

Introducción

Para mantener un intervalo entre partos de 12 meses, las vacas deben entrar en una temporada de empadre aproximadamente 2 meses después del parto. Las vacas que alcanzan esta meta producen becerros destetados a un costo menor que las que conciben hasta después de 80 días posparto (Herd y Sprott, 1986).

La reserva de grasa corporal durante etapas específicas del ciclo productivo es un factor que determina la eficiencia reproductiva. Los animales deben tener reservas de grasa adecuadas para lograr un empadre eficiente. El estado nutricional de una vaca puede ser monitoreado mediante la observación de la condición corporal (CC). Las calificaciones de condición corporal (CCC), a pesar de ser subjetivas, reflejan de manera confiable las reservas de energía del animal (Braun *et al.*, 1986; Schröder y Staufenbiel, 2006).

La CCC al parto se correlaciona con el intervalo posparto (tiempo desde el parto hasta el inicio del primer ciclo estral); los animales que entran a un programa de empadre con una baja CCC presentan un intervalo entre partos más prolongado (Ciccioli *et al.*, 2003). La CCC al parto también incide en la producción de leche, así como en la salud y el vigor del becerro recién nacido (Lake *et al.*, 2005).

El objetivo principal de este estudio fue monitorear el reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas productoras de carne con diferentes niveles de CC. Otro objetivo fue evaluar los datos obtenidos sobre la composición corporal de las vacas (peso, relación peso/alzada, grasa dorsal y ojo de la chuleta), para identificar variables que pudieran dar una medida más objetiva de la condición corporal, disminuyendo la variación potencial entre evaluadores. También se obtuvieron datos del desarrollo pre- y posnatal de los becerros, y se correlacionaron con los de las vacas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en Ciudad Victoria, Tamaulipas, ubicadas a 23°44' Norte y 97°10' Oeste, a una altitud de 340 msnm; la temperatura media anual es de 25°C y la precipitación anual alcanza 900 mm (INEGI, 2008). Un total de 21 vacas de razas cruzadas europeas (principalmente Simmental, Pardo Suizo y Charolais) se seleccionó para entrar al estudio entre 5 y 9 meses de gestación (6.5 ± 1.6 meses, mean \pm SEM) con una CCC de 4 o 5 en la escala de 9 puntos (Herd y Sprott, 1986) y fue monitoreado hasta un promedio de 4 meses posparto. Antes de comenzar el estudio, todas las vacas recibieron una inyección de vitaminas A, D3 y E, misma que se repitió 3 meses después. Las vacas fueron asignadas al azar en tres grupos (n=7/grupo): Normal-Normal (N/N), que recibió dieta para mantener la CCC adecuada de 4-5 (100% de los requerimientos nutricionales); Normal-Restringida (N/R), que recibió la dieta adecuada antes del parto, pero en el posparto recibió una dieta restringida (80% de requerimientos nutritivos); y Restringida-Normal (R/N), que recibió una dieta limitada antes del parto pero se compensó en el posparto (80 y 120%, respectivamente). Las raciones se prepararon empleando soca de sorgo y un concentrado que contenía sorgo en grano, pasta de soya, melaza, urea y minerales. Todas las raciones fueron calculadas basándose en los requerimientos nutricionales en las etapas productivas correspondientes (NRC, 2000). La dieta Normal Preparto contenía 1.15 Mcal/kg de ENm y 6.5% de proteína cruda; la ENm para las dietas Restringida Preparto, Normal Posparto y Restringida Posparto fueron 1.13, 1.19 y 1.15 Mcal/kg, respectivamente, y los niveles de proteína cruda fueron 4.6%, 6.2% y 5.6%, respectivamente. La ración se administró dos veces al día, mientras que el agua se tenía *ad libitum*.

Después del parto, las vacas fueron observadas para detectar signos de estro. A partir de los 60 días posparto, a los becerros se les practicó un destete temporal de 48 horas para inducir el estro.

Se utilizó un equipo de ultrasonido ALOKA SSD-500 para evaluar la composición corporal, el desarrollo fetal y la actividad ovárica. Durante todo el estudio, se evaluó la composición corporal cada 14 días, incluyendo CCC,

peso corporal (medido en la mañana, antes de dar alimento), relación peso/alzada (alzada a la cruz), grosor de la capa de grasa dorsal y área del ojo de la chuleta (músculo *Longissimus dorsi*); las imágenes ultrasonográficas del *Longissimus dorsi* y la grasa dorsal se tomaron usando un transductor externo de 3.5-MHz en el doceavo espacio intercostal (Hamlin *et al.*, 1995).

La gestación fue monitoreada cada 14 días, alternando semanas con las evaluaciones de composición corporal. Se tomaron imágenes ultrasonográficas de los fetos y de las arterias uterinas de las vacas empleando un transductor rectal de 7.5-MHz. Solo se grabaron imágenes de estructuras fetales que se consideraron repetibles para ser medidas. Los becerros fueron monitoreados cada 14 días desde su nacimiento hasta el final del estudio, para obtener datos de su composición corporal (peso corporal, relación peso/alzada, grasa dorsal y área del ojo de la chuleta).

A partir del día 30 posparto, se evaluaron los ovarios de las vacas cada 2 días, usando el transductor rectal de 7.5-MHz. Se midió el diámetro del folículo más grande y el cuerpo lúteo, para determinar la secuencia de cambios en las estructuras ováricas. Solo se consideraron folículos que midieran ≥ 5 mm. A partir de los datos ováricos, se calculó el intervalo entre ondas foliculares, el diámetro máximo alcanzado por el folículo dominante en cada onda, el intervalo del parto a la primera ovulación, y el diámetro y duración del cuerpo lúteo. Además, se tomaron muestras de sangre sin anticoagulante de la vena coccígea durante en cada evaluación ovárica. El suero sanguíneo se separó y se congeló a -20°C ; se midieron los niveles de estradiol y progesterona utilizando radioinmunoanálisis en el Depto. de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

Para facilitar la comparación de los cambios pre- o posparto entre animales y grupos, todos los datos fueron ajustados según la fecha de parto. Se correlacionaron las variables de actividad ovárica con las de composición corporal. Se empleó un análisis de varianza para comparar valores promedio entre grupos experimentales, y se calcularon índices de correlación entre las variables de composición corporal para determinar cuáles serían útiles como medida objetiva de la CCC. Los análisis estadísticos se hicieron empleando el software GraphPad Prism (San Diego, CA).

Resultados

Las vacas del grupo N/N no mantuvieron condición corporal posparto anticipada; su CCC disminuyó junto con las del grupo N/R, mientras que las vacas del grupo R/N no se recuperaron como se esperaba después del parto. Los valores promedio para las variables principales del estudio se muestran en el Cuadro 1.

Variables de composición corporal en vacas. Las CCC fueron similares en vacas de los grupos N/N y N/R, y fueron significativamente mayores que las del grupo R/N ($p < 0.001$). Por ejemplo, la última evaluación preparto dio promedios de CCC de 4.1 ± 0.1 , 4.1 ± 0.4 y 3.4 ± 0.2 para los grupos N/N, N/R y R/N, respectivamente, mientras que los valores correspondientes para la sexta evaluación posparto (aproximadamente 80 días después del parto) fueron 4.0 ± 0.2 , 3.7 ± 0.2 y 3.0 ± 0.3 , respectivamente (Fig. 1). Se observó un patrón similar en el peso vivo.

La Figura 2 muestra una imagen ultrasonográfica de la chuleta y grasa dorsal de una vaca. Las mediciones individuales de grasa dorsal y área del ojo de la chuleta variaron mucho, y a pesar de las raciones diferentes, ambas variables se comportaron de manera similar entre los tres grupos.

Al agrupar los datos de composición corporal de acuerdo a las CCC individual (independientemente del estado gestacional o grupo experimental), los valores aumentaron proporcionalmente con la condición corporal (Cuadro 2).

Hubo muy pocos datos para vacas con CCC de 2 ($n=6$) para validar esta comparación, pero las diferencias entre las demás calificaciones fueron significativas para la mayoría de las variables.

Las correlaciones entre relación peso/alzada, CCC y área del ojo de la chuleta fueron significativas ($p < 0.001$), con coeficientes de correlación entre 0.32 y 0.46 (Cuadro 3). La relación peso/alzada se correlacionó más con otras variables que el peso vivo por sí solo.

Cuadro 1. Composición corporal y función ovárica en los tres grupos experimentales durante los periodos pre- y posparto (media \pm EEM).

Variable	Grupo N/N*	Grupo N/R*	Grupo R/N*
CCC* Preparto	4.4 \pm 0.1 ^a	4.3 \pm 0.1 ^a	3.7 \pm 0.1 ^b
CCC* Posparto	3.8 \pm 0.1 ^a	3.6 \pm 0.1 ^a	3.1 \pm 0.1 ^b
Peso corporal preparto (kg)	514 \pm 4.4 ^a	445 \pm 6.7 ^b	398 \pm 3.5 ^c
Peso corporal posparto (kg)	442 \pm 2.4 ^a	410 \pm 2.0 ^b	357 \pm 4.1 ^c
Grasa dorsal preparto (cm)	0.62 \pm 0.02 ^a	0.62 \pm 0.01 ^a	0.61 \pm 0.01 ^a
Grasa dorsal posparto (cm)	0.58 \pm 0.01 ^a	0.56 \pm 0.01 ^a	0.56 \pm 0.01 ^a
Ojo de la chuleta preparto (cm ²)	41 \pm 2.4 ^a	39 \pm 1.5 ^a	37 \pm 0.9 ^a
Ojo de la chuleta posparto (cm ²)	36 \pm 0.4 ^a	34 \pm 0.5 ^a	34 \pm 0.8 ^a
Relación peso/alzada preparto (kg/cm)	3.8 \pm 0.03 ^a	3.4 \pm 0.05 ^b	3.0 \pm 0.02 ^c
Relación peso/alzada posparto (kg/cm)	3.3 \pm 0.02 ^a	3.2 \pm 0.04 ^a	2.7 \pm 0.02 ^b
Diámetro folicular máximo (mm)	12.8 \pm 0.4 ^a	12.2 \pm 0.3 ^a	11.4 \pm 0.3 ^a
Intervalo entre ondas foliculares (días)	7.9 \pm 0.4 ^a	8.3 \pm 0.4 ^a	7.4 \pm 0.7 ^a
Diámetro de la arteria uterina (mm)	11.3 \pm 0.4 ^a	10.8 \pm 0.4 ^a	10.1 \pm 0.3 ^a
Peso de los becerros al nacer (kg)	41 \pm 2.9 ^d	41 \pm 2.4 ^d	29 \pm 3.1 ^e
Grasa dorsal de los becerros (cm)	0.49 \pm 0.1 ^a	0.48 \pm 0.1 ^{ab}	0.44 \pm 0.1 ^b

*Diets pre- y posparto: N/N (Normal-Normal); N/R (Normal-Restringida); y R/N (Restringida-Normal). CCC: calificaciones de condición corporal.

En cada renglón, los valores con letras diferentes son significativamente diferentes: a,b,c (p<0.001), d,e (p<0.05).

Figura 1. Gráfica que muestra los cambios de condición corporal durante el estudio.

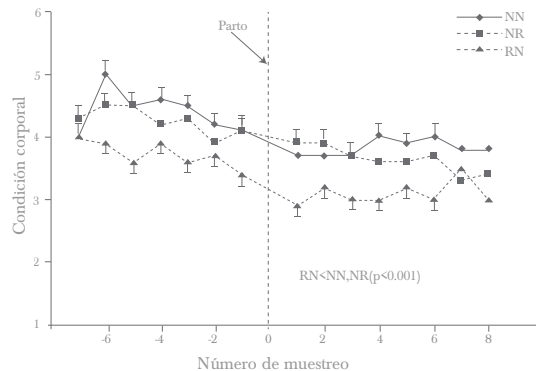
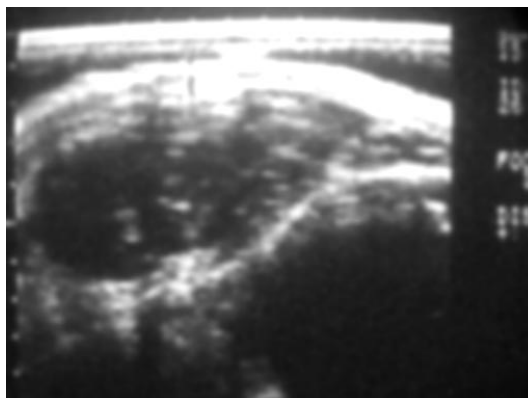


Figura 2. Imagen ultrasonográfica del ojo de la chuleta y grasa dorsal de una vaca en el estudio.



Cuadro 2. Composición corporal en vacas de acuerdo a su condición corporal (CCC) en cada evaluación, independientemente del grupo experimental (Media \pm EEM).

CCC	(n)	Grasa dorsal (cm)	Ojo de la chuleta (cm ²)	Relación chuleta/grasa (cm ² /cm)	Peso corporal (kg)	Relación peso/alzada (kg/cm)
2	6	0.57 \pm 0.05 ^{ab}	28 \pm 2.1 ^d	51 \pm 6.3 ^a	288 \pm 5.3 ^d	2.2 \pm 0.05 ^d
3	114	0.56 \pm 0.01 ^a	34 \pm 0.4 ^d	62 \pm 1.0 ^a	399 \pm 4.8 ^e	3.0 \pm 0.04 ^e
4	194	0.59 \pm 0.05 ^a	37 \pm 0.5 ^e	64 \pm 1.0 ^a	430 \pm 4.5 ^f	3.3 \pm 0.03 ^f
5	30	0.64 \pm 0.02 ^b	41 \pm 1.5 ^f	65 \pm 2.0 ^a	479 \pm 11.6 ^e	3.6 \pm 0.07 ^e

En cada columna, los valores con letras diferentes son significativamente diferentes: a,b,c (p<0.05), d,e,f,g (p<0.001)

Variables de gestación. Los fetos fueron fácilmente observados y medidos de 176 a 279 días de gestación, pero rara vez en gestaciones más tempranas, dada la posición uterina baja en la cavidad abdominal de la vaca. Se pudieron tomar mediciones de diversas estructuras fetales, incluyendo el ojo (diámetro transversal y longitudinal), vértebras, tráquea, escroto, pezuñas y cordón umbilical. Sin embargo, la observación de varias de estas estructuras

fue esporádica, lo cual aportó pocos datos para el análisis. Los cotiledones placentarios no fueron medidos debido a la variación de tamaños encontrada en un mismo animal. El diámetro ocular transverso fue medido con mayor frecuencia, dando la siguiente ecuación de regresión no lineal (Fig. 3): $y = -0.18 + 0.15x - 0.00016x^2$, donde y = diámetro ocular transverso (en mm) y x = edad fetal (en días). Esta ecuación permite una predicción de la edad fetal a partir de la medición del ojo.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación para las variables de composición corporal en vacas.

	Calificación de condición corporal	Peso corporal	Relación peso/alzada	Ojo de la chuleta	Grasa dorsal	Relación chuleta/grasa
Peso corporal	0.40**					
Relación peso/alzada	0.46**	0.96**				
Ojo de la chuleta	0.33**	0.32**	0.33**			
Grasa dorsal	0.22**	0.15*	0.15*	0.13**		
Relación chuleta/grasa	0.12*	0.20**	0.21**	0.59**	-0.44**	
Días en estudio	-0.37**	-0.03	-0.03	-0.21**	-0.25**	0.03

*($p < 0.05$)

** ($p < 0.01$)

Todas las mediciones fetales fueron similares entre grupos. Los diámetros las arterias uterinas maternas tendieron a ser menores en las vacas del grupo R/N que en los otros grupos ($p = 0.08$), particularmente durante las 5 últimas observaciones (10 semanas finales de la gestación). Estos diámetros arteriales aumentaron durante la gestación, pero fueron muy variables entre animales y no fue posible calcular una ecuación de regresión confiable.

Variabes de los becerros. El peso al nacimiento fue significativamente más bajo ($p < 0.05$) en los becerros del grupo R/N (29.1 ± 3.1 Kg), comparado con los grupos N/N (41.0 ± 2.9 Kg) y N/R (40.9 ± 2.4 Kg); esta diferencia significativa se mantuvo hasta los 4 meses de edad (Fig. 4). Dos bece-

rros del grupo R/N pesaron 20 y 21.5 Kg al nacer; uno se mostró débil desde su nacimiento y murió a los 9 días, mientras que el segundo sobrevivió, pero pesó sólo 40 Kg a los 4 meses de edad. Por otra parte, un becerro del grupo N/N murió a los 60 días de edad, debido a una úlcera abomasal causada por una ingestión excesiva de concentrado.

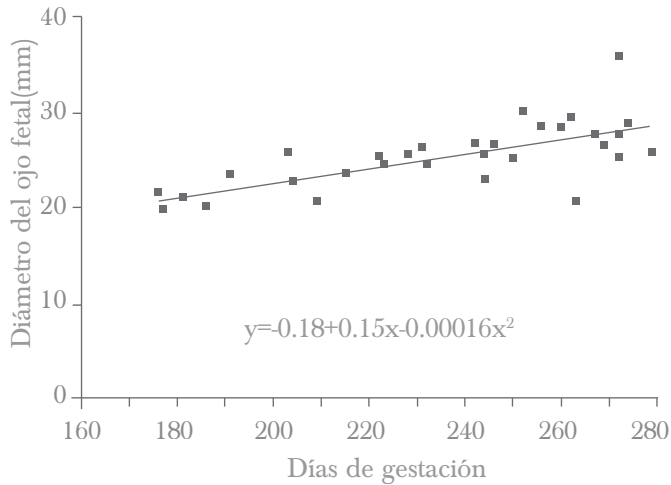
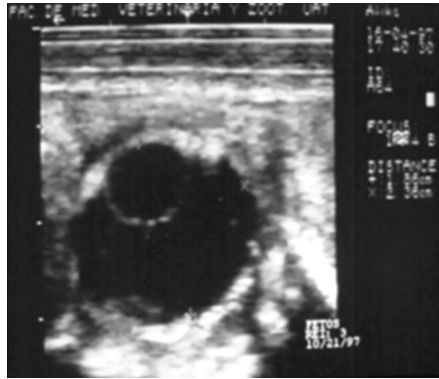


Figura 3. Imagen ultrasonográfica del ojo fetal, y gráfica que muestra la relación entre el diámetro transversal del ojo fetal y la edad en fetos bovinos. La ecuación de regresión no lineal es válida para predecir la edad fetal (en días) a partir de una medición del ojo (en mm) entre los días 176 y 279 de gestación.

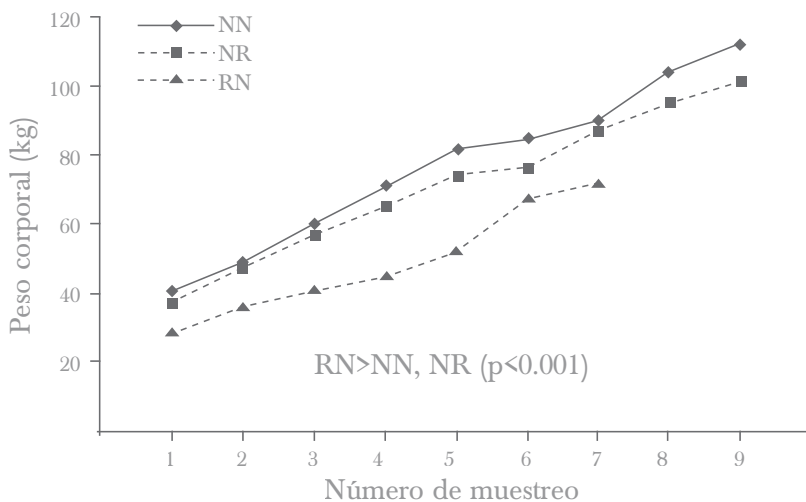


Figura 4. Gráfica que muestra el desarrollo de los becerros durante el estudio.

La primera medición del área del ojo de la chuleta en becerros fue significativamente mayor ($p < 0.001$) en el grupo N/N ($17.0 \pm 1.4 \text{ cm}^2$) y N/R ($15.3 \pm 1.2 \text{ cm}^2$) que en el grupo R/N ($11.1 \pm 1.3 \text{ cm}^2$); esta diferencia significativa también se mantuvo hasta el final del estudio. La capa de grasa dorsal fue más delgada en el grupo-R/N durante las primeras 5 evaluaciones ($p < 0.05$), pero se volvió similar a las de los otros grupos a partir de la sexta. El Cuadro 4 muestra las correlaciones lineales entre variables de los becerros. La mayoría de estas variables mostró coeficientes de correlación más elevados que los de las vacas, y nuevamente, la grasa dorsal presentó una correlación baja con las otras variables.

Actividad ovárica posparto. A pesar de las diferencias entre grupos en composición corporal materna o de los becerros, la función ovárica posparto fue similar en los tres grupos. Casi todas las vacas mostraron ondas foliculares desde la primera evaluación posparto (30 días); sólo una vaca del grupo R/N fue la excepción, y comenzó el día 69. Las demás variables ováricas también fueron similares, y el foliculo mayor alcanzó un diámetro máximo de $12.4 \pm 0.2 \text{ mm}$ (rango: 7-20), mientras que el intervalo entre ondas foliculares fue de $7.8 \pm 0.3 \text{ días}$ (rango: 4-23). Si se separan los datos de acuerdo a

la CCC promedio posparto (sin considerar la dieta consumida), las vacas con CCC media de ≥ 4 obtuvieron un diámetro folicular máximo mayor que las CCC media <4 (14.6 ± 0.3 vs. 11.9 ± 0.3 mm; $p < 0.001$).

Cuadro 4. Coeficientes de correlación para las variables de composición corporal en becerros.

	Peso corporal	Relación peso/alzada	Ojo de la chuleta	Grasa dorsal	Relación chuleta/grasa
Relación peso/alzada	0.99**				
Ojo de la chuleta	0.83**	0.91**			
Grasa dorsal	0.30**	0.61**	0.40**		
Relación chuleta/grasa	0.67**	0.91**	0.75**	-0.25*	
Edad	0.87**	0.90**	0.68**	0.17	0.59**

* ($p < 0.05$)

** ($p < 0.01$)

De todas las vacas evaluadas en el estudio, 77% mostraron por lo menos una onda folicular que sobrepasó 15 mm de diámetro folicular máximo. Una vaca del grupo N/N presentó folículos que alcanzaron 15-20 mm durante diez onda foliculares consecutivas, entre 67 y 128 días posparto; sin embargo, ninguno de estos folículos ovuló. Aunque se realizó un destete temporal de los becerros a los 60-90 días posparto, sólo tres vacas del grupo N/N, y una del grupo R/N (la que perdió su becerro) ovularon y presentaron ciclos estrales con dos o tres ovulaciones por vaca. Las dos vacas que perdieron sus becerros fueron las únicas que ovularon antes de 3 meses posparto. Sin embargo, ninguna de estas vacas mostró signos de estro asociados a las ovulaciones. Dos de las vacas presentaron cuerpo lúteo de corta duración (2-4 días) antes de la segunda ovulación con la que se produjo un cuerpo lúteo de duración mayor (10-18 días). Se evaluaron los patrones de secreción de estradiol y progesterona en las vacas, observándose que siguieron los cambios de crecimiento y regresión encontrados en los folículos y cuerpos lúteos. La Figura 5 muestra los patrones de desarrollo folicular y lúteo, así como los niveles de estradiol y progesterona de una de las vacas del grupo N/N.

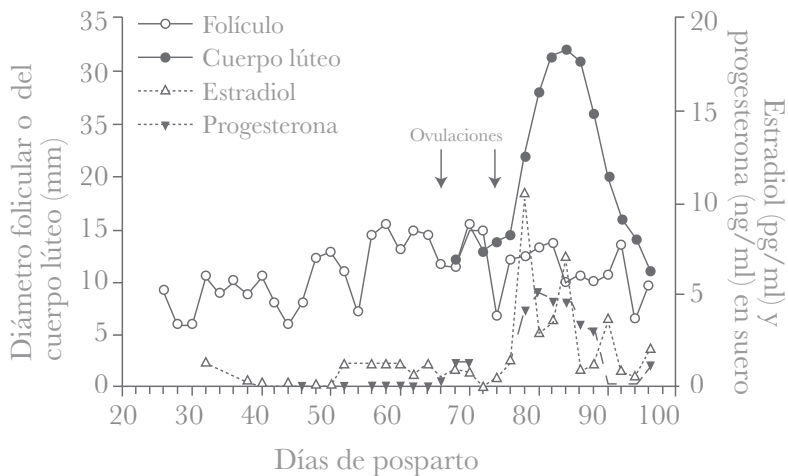


Figura 5. Patrones de desarrollo folicular y lúteo y niveles séricos de estradiol y progesterona en vacas posparto; se muestra como ejemplo una vaca del grupo N/N. Nótese el incremento gradual del diámetro folicular en las ondas previas a la primera ovulación, y la presencia de un cuerpo lúteo de vida corta antes de la segunda ovulación.

Discusión

Las vacas no mostraron todos los cambios esperados de composición corporal de acuerdo a las dietas recibidas. Los grupos N/N y N/R mostraron cambios similares en la mayoría de las variables estudiadas, a pesar de que habían recibido dietas diferentes en el periodo posparto. Esto se debió en parte a un estrés calórico que se presentó en los meses de primavera y verano (coincidiendo con el periodo posparto) y provocó una reducción en el consumo de alimento (Ealy *et al.*, 1997).

Las vacas de los grupos N/N y N/R parieron con la CCC mínima aceptable de 4; las del grupo R/N estuvieron bajo este límite. Varios autores recomiendan una CCC de por lo menos 5 para presentar una fertilidad adecuada (Rae *et al.*, 1993; Spitzer *et al.*, 1995; Crowe *et al.*, 2008). La reproducción es una función de baja prioridad en la supervivencia; si un animal presenta CCC baja, el mantenimiento, la producción de leche y la acumulación de nuevas

reservas de grasa se vuelven más importantes que la reproducción, con lo que se presenta un estado de anestro (DeRouen *et al.*, 1994; Freetly *et al.*, 2006). Una dieta deficiente antes del parto conduce a reservas de grasa insuficientes al llegar al parto y reduce el desempeño posparto, incluyendo la lactancia y la fertilidad (Spitzer *et al.*, 1995; Lake *et al.*, 2006; Castañeda-Gutiérrez *et al.*, 2009).

En la vaca, las mediciones de grasa dorsal se correlacionan con el volumen de las reservas de grasa corporal (Herd y Sprott, 1986; Hamlin *et al.*, 1995; Schröder *et al.*, 2006). Sin embargo, en el presente estudio, estas mediciones fueron similar entre los grupos, a pesar de las variaciones de dieta, peso y CCC. El grosor de la grasa dorsal tuvo baja correlación con las demás variables. No obstante, cuando se compararon los datos por CCC, en lugar de grupos experimentales, la capa de grasa dorsal fue significativamente más gruesa en vacas con CCC de 5, que en las de 3 o 4 (Cuadro 2).

La relación peso/alzada mostró una correlación mayor con las otras variables evaluadas que el peso solo. Esto puede deberse al hecho de que las variables compuestas reflejan los efectos combinados de dos variables (Hamlin *et al.*, 1995; Schröder *et al.*, 2006). Este efecto combinado no se observó con la relación ojo de la chuleta/grasa dorsal, probablemente por la variación en las mediciones de grasa dorsal descritas arriba. De esta manera, es posible emplear la relación peso/alzada como una herramienta complementaria en la evaluación de la condición corporal en el ganado bovino.

Fue posible monitorear el desarrollo fetal durante la gestación avanzada. Algunas de las evaluaciones más tempranas, entre 135 y 175 días de gestación, se dificultaron por la ubicación más lejana del útero gestante, que frecuentemente impidieron observar al feto (Kähn, 1989, 1990). La curva de regresión establecida en el presente estudio permite una predicción de la edad fetal basada en la medición del diámetro transversal del ojo fetal, entre 176 y 279 días de gestación. Por ejemplo, fetos de 180, 200, 220, 240 y 260 días de gestación tendrían diámetros oculares de 21.6, 23.4, 25.1, 26.6 y 28.0 mm, respectivamente. Esta ecuación es comparable a la descrita por Kähn (1990). Las otras estructuras fetales, como vértebras, tráquea, pezuñas y cordón umbilical, fueron medidas en pocas ocasiones por ser menos accesibles (en com-

paración con el ojo); así, no pudieron ser analizados para comparar grupos o evaluar el crecimiento fetal.

Aunque el diámetro de las arterias uterinas fue similar entre los grupos experimentales, tendió a ser menor en el grupo R/N, sobre todo durante los últimos 70 días de la gestación. Con una arteria uterina de menor tamaño, se puede predecir que el aporte de sangre al útero gestante sería menor (Buczinski *et al.*, 2007); si esta sangre además contiene menos nutrientes por la dieta restringida que recibían estas vacas, el efecto combinado explica la reducción de peso vivo observada en los becerros de este grupo al nacimiento. Efectivamente, el peso al nacimiento de los becerros del grupo R/N fue significativamente menor que los de otros grupos; un becerro solo vivió 9 días. Aunque el consumo de nutrientes puede afectar el desarrollo fetal final, y con ello, modificar el peso al nacimiento, estos efectos son variables porque la cantidad de nutrientes que recibe el feto de la circulación materna depende del consumo materno, pero también de la cantidad de reservas de grasa maternas movilizadas para mantener la gestación (Belkacemi *et al.*, 2010).

Las diferencias en el peso de los becerros correspondieron a los cambios encontrados en peso y CCC de sus respectivas madres, y en ambas variables, el grupo R/N mostró valores menores que los otros grupos. Otros investigadores también han descrito los efectos de la CCC materna sobre el peso y desarrollo del becerro (Spitzer *et al.*, 1995; Belkacemi *et al.*, 2010). Las diferencias entre grupos se mantuvieron durante 3 o 4 meses, porque la nutrición durante este tiempo se basa principalmente en la leche materna, cuya calidad también depende de la dieta y CCC de la vaca (Lake *et al.*, 2005).

La ultrasonografía es una técnica muy útil para la evaluación de la composición corporal, la gestación y la función ovárica, ya que permite evaluaciones frecuentes y no invasivas de los órganos internos (Rajamahendran *et al.*, 1994; Hamlin *et al.*, 1995; DesCôteaux *et al.*, 2009). Se ha evaluado la precisión del ultrasonido para detectar cambios pequeños en la grasa dorsal (Brethour, 1992), así como las correlaciones entre grasa dorsal, CC y peso (Herd y Sprott, 1986; Schröder y Staufenbiel, 2006). En el presente estudio, la grasa dorsal mostró una baja correlación con las demás variables, lo cual sugiere dificultades en la técnica para determinar los límites de la capa de grasa. Sin embargo, otras

estructuras, como la chuleta, estructuras ováricas y órganos fetales, fueron identificadas y medidas de manera confiable.

Independientemente de la composición corporal, los tres grupos de vacas mostraron actividad ovárica similar. Sin embargo, aunque se detectaron ondas foliculares, en la mayoría de éstas, los folículos no pudieron continuar su desarrollo hasta el folículo maduro que puede inducir la descarga de hormona luteinizante necesaria para ovular. La falta de la maduración folicular final y el subsecuente reinicio del ciclo estral pueden estar relacionados a las deficiencias nutricionales en las vacas con CCC baja. Niveles bajos de energía y proteína pueden alterar la secreción hormonal, impidiendo los patrones hormonales necesarios para la maduración final del folículo y la ovulación (Jolly *et al.*, 1995; Lake *et al.*, 2006; Flores *et al.*, 2008; Lents *et al.*, 2008; Casady *et al.*, 2009; Castañeda-Gutiérrez *et al.*, 2009; Rubio *et al.*, 2010).

En algunas evaluaciones, algunas de las vacas solamente presentaban folículos de menos de 5 mm, lo que comprueba la carencia de estímulos adecuados para que los folículos pudieran continuar su desarrollo más allá de los 5 mm, misma que puede estar asociada a una deficiencia nutricional (Jolly *et al.*, 1995; Lents *et al.*, 2008; Martin *et al.*, 2010). Los patrones de secreción de estradiol y progesterona evaluados en el presente estudio fueron similares a los descritos por otros autores (Grimard *et al.*, 1995; Flores *et al.*, 2008). Por lo tanto, la secreción de estos esteroides ováricos parece no haber sido afectada por el estado nutricional. No obstante, los niveles de estrógenos producidos por estos folículos incipientes no fueron suficientes para inducir la descarga preovulatoria de hormona luteinizante que conduce a la ovulación (Martin *et al.*, 2010).

Cuando las vacas se clasificaron de acuerdo a su CCC individual posparto promedio, y no según las dietas recibidas (Cuadro 2), se encontraron diferencias significativas entre vacas con $CCC \geq 4$ y $CCC < 4$; las primeras presentaron folículos más grandes. Este hallazgo concuerda con el efecto de la CCC sobre el número de folículos antrales presentes en los ovarios (Dominguez, 1995). De todas las vacas del presente estudio, 77% mostraron al menos una onda folicular que sobrepasó un diámetro máximo de 15 mm. Los folículos pueden llegar a ovular cuando alcanzan un diámetro de 9 a 23

mm (Edmondson *et al.*, 1986). Por lo tanto, la capacidad de un folículo para ovular depende no solo de su tamaño, sino también de la presencia de patrones hormonales adecuados; estos patrones pueden ser modificados por los efectos combinados de CCC baja y el amamantamiento de un becerro (Jolly *et al.*, 1995; Ciccioli *et al.*, 2003); por último, el estrés calórico también puede afectar la función ovárica y fertilidad (Roth *et al.*, 2001; Roth, 2008).

Solo después de varias semanas posparto, cuatro de las vacas pudieron ovular y restablecer sus ciclos estrales. Las únicas dos vacas que ovularon antes de 3 meses posparto fueron las que no tenían un becerro al pie; una de ellas era del grupo R/N, y a pesar de su CCC baja, la ausencia de la inhibición por el amamantamiento permitió el desarrollo folicular completo. Las vacas de los grupos N/N y N/R presentaban mejor condición corporal, pero no ovularon, lo cual recalca el efecto inhibitorio del amamantamiento sobre el reinicio del ciclo estral (Kawashima *et al.*, 2008).

Aunque algunas de las vacas empezaron a presentar sus ciclos estrales, ninguna mostró signos de estro que podrían haber conducido a una monta o inseminación. De esta manera, no fue posible evaluar la fertilidad en el presente estudio. La ausencia de estro en la primera ovulación posparto es un hallazgo frecuente en el ganado bovino (Murphy *et al.*, 1990), pero estas vacas continuaron sus ciclos sin presentar signos de estro en un total de 7 ovulaciones posteriores.

La presencia de un becerro al pie puede inhibir las manifestaciones del estro en la vaca aunque ya esté presentando su ciclo (Perry *et al.*, 1991). Por otra parte, de los pocos ciclos que se monitorearon, en dos casos se encontró que los cuerpos lúteos provenientes de la primera ovulación tuvieron una vida corta de 2-4 días, un hecho que también ha sido descrito por otros (Looper *et al.*, 2003). Los demás cuerpos lúteos observados duraron 10-18 días. En conclusión, la ultrasonografía es una excelente herramienta para la evaluación de la función reproductiva y composición corporal en el ganado.

La relación peso/alzada puede ser un complemento útil a la estimación de la CCC, ya que no es subjetiva. La condición corporal en el periodo posparto influye en el diámetro máximo del folículo, afectando el reinicio del ciclo estral en vacas productoras de carne. Las ondas foliculares

comienzan independientemente de la condición corporal, pero es necesaria una CC adecuada para alcanzar la ovulación in presencia del becerro. Además, la presentación de signos de estro también se impide si los animales están en CC deficiente y bajo el efecto del estrés calórico.

Bibliografía

- Belkacemi, L., D.M. Nelson, M. Desai and M.G. Ross. 2010. Maternal undernutrition influences placental-fetal development. *Biol. Reprod.* 83:325-331.
- Braun, R.K., G.A. Donovan, T.Q. Tran, J.K. Shearer, E.L. Bliss, D.W. Webb, D.K. Beede and B. Harris. 1986. Body condition scoring dairy cows as a herd management tool. *Comp. Contin. Educ. Pract. Vet.* 10:F62-F67.
- Brethour, J.R. 1992. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *J. Anim. Sci.* 70:1039-1044.
- Buczinski, S.M.C., G. Fecteau, R.C. Lefebvre and L.C. Smith. 2007. Fetal well-being assessment in bovine near-term gestations: Current knowledge and future perspectives arising from comparative medicine. *Can. Vet. J.* 48:178-183.
- Cassady, J.M., T.D. Maddock, A. DiCostanzo and G.C. Lamb. 2009. Initial body condition score affects hormone and metabolite response to nutritional restriction and repletion in yearling postpubertal beef heifers. *J. Anim. Sci.* 87:2262-2273.
- Castañeda-Gutiérrez, E., S.H. Pelton, R.O. Gilbert and W.R. Butler. 2009. Effect of peripartum dietary energy supplementation of dairy cows on metabolites, liver function and reproductive variables. *Anim. Reprod. Sci.* 112:301-315.
- Ciccioli, N.H., R.P. Wettemann, L.J. Spicer, C.A. Lents, F.J. White and D.H. Keisler. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 81:3107-3120.
- Crowe, M.A. 2008. Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reprod. Dom. Anim.* 43 (Suppl. 5):20-28.
- DeRouen, S.M., D.E. Franke, D.G. Morrison, W.E. Wyatt, D.F. Coombs, T.W. White, P.E. Humes and B.B. Greene. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Anim. Sci.* 72:1119-1125.

- DesCôteaux, L., G. Gnemmi and J. Colloton. 2009. Ultrasonography of the bovine female genital tract. *Vet. Clin. Food Anim.* 25:733–752.
- Domínguez, M.M. 1995. Relationships between body condition, follicular population and oocyte development in cows. *Theriogenology* 43:1405-1418.
- Ealy, A.D., C.F. Aréchiga, D.R. Bray, C.A. Risco and P.J. Hansen. 1997. Effectiveness of short-term cooling and vitamin E for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. *Memorias del VII Curso Internacional De Reproducción Bovina*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México. pp 136-142.
- Edmondson, A.J., R.A. Fissore, R.L. Pashen and R.H. BonDurant. 1986. The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract. I. Normal and pathological ovarian structures. *Anim. Reprod. Sci.* 12:157-165.
- Flores, R., M.L. Looper, R.W. Rorie, D.M. Hallford and C.F. Rosenkrans Jr. 2008. Endocrine factors and ovarian follicles are influenced by body condition and somatotropin in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 86:1335-1344.
- Freetly, H.C., J.A. Nienaber and T. Brown-Brandl. 2006. Partitioning of energy during lactation of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 84:2157-2162.
- Grimard, B., P. Humblot, A.A. Ponter, J.P. Mialot, D. Sauvant and M. Thibier. 1995. Influence of postpartum energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. *J. Reprod. Fertil.* 104:173-179.
- Hamlin, K.E., R.D. Green, L.V. Cundiff, T.L. Wheeler and M.E. Dikeman. 1995. Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass yield. *J. Anim. Sci.* 73:1725-1734.
- Herd, D.B. and L.R. Sprott. 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. *Ext. Bull. No. 1526*, Texas A&M Univ., College Station, Texas.
- INEGI. 2008. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico Tamaulipas. México, D.F. pp 450.

- Jolly, P.D., S. McDougall, L.A. Fitzpatrick, K.L. MacMillan and K.W. Entwistle. 1995. Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. *J. Reprod. Fertil, Suppl.* 49:477-492.
- Kähn, W. 1989. Sonographic fetometry in the bovine. *Theriogenology* 31:1105-1120.
- Kähn, W. 1990. Sonographic imaging of the bovine fetus. *Theriogenology* 33:385-396.
- Kawashima, C., K. Kida, M. Matsushashi, M. Matsui, T. Shimizu, N. Matsunaga, M. Ishii, Y. Miyake and A. Miyamoto. 2008. Effect of suckling on the reproductive performance and metabolic status of obese Japanese black cattle during the early postpartum period. *J. Reprod. Dev.* 54:46-51.
- Lake, S.L., E.J. Scholljegerdes, R.L. Atkinson, V. Nayigihugu, S.I. Paisley, D.C. Rule, G.E. Moss, T.J. Robinson and B.W. Hess. 2005. Body condition score at parturition and postpartum supplemental fat effects on cow and calf performance. *J. Anim. Sci.* 83:2908-2917.
- Lake, S.L., E.J. Scholljegerdes, D.M. Hallford, G.E. Moss, D.C. Rule and B.W. Hess. 2006. Effects of body condition score at parturition and postpartum supplemental fat on metabolite and hormone concentrations of beef cows and their suckling calves. *J. Anim. Sci.* 84:1038-1047.
- Lents, C.A., F.J. White, N.H. Ciccioli, R.P. Wettemann, L.J. Spicer and D.L. Lalman. 2008. Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. *J. Anim. Sci.* 86:2549-2556.
- Looper, M.L., C.A. Lents and R.P. Wettemann. 2003. Body condition at parturition and postpartum weight changes do not influence the incidence of short-lived corpora lutea in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 81:2390-2394.
- Martin, A.D., M.L. Lystad, O. Reksen, E. Ropstad, A. Waldmann, O. Nafstad and K. Karlberg. 2010. Assessment of progesterone profiles and postpartum onset of luteal activity in spring calving Hereford beef suckler cattle. *Acta Vet. Scand.* 52:42.

- Murphy, M.G., M.P. Boland and J.F. Roche. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post partum beef suckler cows. *J. Reprod. Fertil.* 90:523-533.
- National Research Council. 2000. Nutrient requirements of beef cattle (7th ed.). National Academy Press, Washington, D.C.
- Perry, R.C., L.R. Corah, G.H. Kiracofe, J.S. Stevenson and W.E. Beal. 1991. Endocrine changes and ultrasonography of ovaries in suckled beef cows during resumption of postpartum estrous cycles. *J. Anim. Sci.* 69:2548-2555.
- Rae, D.O., W.E. Kunkle, P.J. Chenoweth, R.S. Sand and T. Tran. 1993. Relationships of parity and body condition score to pregnancy rates in Florida beef cattle. *Theriogenology* 39:1143-1152.
- Rajamahendran, R., J. Divacar and B. Burton. 1994. Clinical and research application of real-time ultrasonography in bovine reproduction: a review. *Can. Vet. J.* 35:563-570.
- Roth, Z. 2008. Heat stress, the follicle and its enclosed oocyte: mechanisms and potential strategies to improve fertility in dairy cows. *Reprod. Dom. Anim.* 43(Suppl. 2):238-244.
- Roth, Z., R. Meidan, A. Shaham-Albalancy, R. Braw-Tal and D. Wolfenson. 2001. Delayed effect of heat stress on steroid production in medium-sized and preovulatory bovine follicles. *Reproduction* 121:745-751.
- Rubio, I., E. Castillo, R. Soto, F. Alarcón, C. Murcia and C.S. Galina. 2010. Postpartum follicular development in Brahman cows under two stocking rates. *Trop. Anim. Health Prod.* 42:539-545.
- Schröder, U.J. and R. Staufenbiel. 2006. Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Dairy Sci.* 89:1-14.
- Spitzer, D.G., R.P. Morrison, R.P. Wettemann and L.C. Faulkner. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 73:1251-1257.



Capítulo

**Ecosistemas de matorrales en las tierras de pastoreo:
noreste de México**

Eduardo A. González Valenzuela

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,

Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)

C. Wayne Hanselka

Retirado Texas Agrilife Extension Service-TAMUS

J. Miguel Ávila Curiel

INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas

Introducción

La mayoría de la ganadería del mundo se sustenta en los pastizales (Safriel y Adeel 2005), recursos importantes para el bienestar de la humanidad por su efecto directo en los ciclos del agua, carbón y nitrógeno (Campbell y Stafford Smith 2000). Sus grandes cuencas proveen hábitat para la fauna silvestre, así como beneficios y servicios ecológicos para la creciente población humana.

El manejo de pastizales, como una disciplina dentro del manejo de los recursos naturales nace teniendo entre sus objetivos el manejo del pastoreo y obras de mejoramiento de los agostaderos buscando detener y revertir el proceso erosivo de los pastizales en las zonas áridas y semiáridas. Estos episodios de degradación de los recursos naturales en las tierras de pastoreo han aumentado la preocupación de la sociedad en general.

El entendimiento de la composición vegetal, su producción y cobertura son la base para el manejo sustentable de los agostaderos, entendimiento clave para mantener una mezcla deseable de plantas herbáceas y leñosas (Archer *et al.*, 2011).

Uno de los cambios más notables de la vegetación en los pastizales durante los últimos 150 años ha sido la proliferación de árboles y arbustos reemplazando gramíneas perennes del pastizal. En algunos casos este aumento ha sido de plantas leñosas nativas, en otros casos el incremento ha sido de arbustos o árboles introducidos. Este cambio en el balance de plantas herbáceas y leñosas representa modificaciones en el hábitat de los animales (microbios, invertebrados y vertebrados) y por lo tanto, una marcada alteración de la estructura trófica de los ecosistemas (Archer *et al.*, 2011).

Aunque el impacto del incremento en la densidad de arbusto es variable en las diferentes zonas bioclimáticas, una constante es que los ecosistemas dominados por gramíneas se transforman en matorrales o zonas dominadas por especies leñosas; por lo tanto el aumento de arbustos representa una amenaza para los ecosistemas de pastizales y sabanas, así como para sus plantas y animales nativos (Sampson y Knopf 1994).

Las comunidades de matorrales en todo el mundo, son consideradas agostaderos. Con frecuencia representan un ecotono o zona de transición entre

los pastizales abiertos y los bosques. Existe una gran diversidad entre estos tipos de vegetación debido a su naturaleza, influenciada por factores como fuego, clima, enfermedades y las actividades del hombre (Platou y Tueller, 1988).

Matorrales del noreste de México

El sur de Texas y noreste de México comprenden una zona ecológica conocida como la “Provincia Biótica Tamaulipeca” (Blair, 1950), considerada como una extensión de las Grandes Planicies de Norteamérica. En esta Provincia Biótica Tamaulipeca, convergen la influencia del trópico hacia el sur, el desierto al oeste, los bosques y grandes planicies al norte, y el golfo de México al este. Esta gran diversidad de factores crea una gran cantidad de hábitats, compuestos por una enorme variedad de plantas y animales (González y Hanselka 2002).

En México es conocida también como la Planicie Costera del Noreste (Rzedowsky, 1978) y se continúa hacia el sur del Río Bravo, comprende prácticamente todo el estado de Tamaulipas (con la excepción de la Sierra de Tamaulipas y Sierra Madre Oriental), dos tercios de Nuevo León, el noreste de Coahuila y pequeñas áreas de San Luis Potosí y Veracruz. Su borde occidental lo comprende la Sierra Madre Oriental y al norte de Monterrey, donde la sierra se desvanece y confluye directamente con el Altiplano Mexicano, en Coahuila, mediante un área de transición de declives suaves.

Su extensión es muy difícil de precisar, pues existe una transición florística muy gradual hacia el noroeste con la provincia de la altiplanicie, también conocida como Desierto Chihuahuense (Rzedowsky, 1978).

Los matorrales son el componente dominante del paisaje de la Provincia Biótica Tamaulipeca, a ello se debe el nombre común en Texas del “Brush Country”, que podría traducirse como el país o región de arbustivas, o simplemente los matorrales del sur de Texas y noreste de México. Estos ecosistemas van desde los matorrales bajos en zona occidental más seca, hasta los matorrales altos de Nuevo León y la zona costera en Tamaulipas. La región está dominada por agostaderos, aunque existen algunas tierras de cultivos bajo condiciones de riego, principalmente en el Valle del Río Bravo, así como praderas perenes de crecimiento de verano.



Algunas plantas características del matorral tamaulipeco (fotografía Eduardo A. González V.)

Cambio pastizal-sabana/matorral

Existen muchos indicadores de que la vegetación nativa de la Provincia Biótica Tamaulipecana ha cambiado marcadamente desde inicios del siglo XIX (Hanselka y Archer, 1998).

Louis Berlandier, botánico que viajó en el noreste de México y Texas, en 1834 (Ohlendorf et al. 1980) describe la zona como planicies interminables y, en algunas partes, bosques de mimosa, gobernadora y yucca. “Las praderas abundan en excelentes pastizales, en estas inmensas planicies donde es posible ver hacia el horizonte, a cada paso se encuentran coyotes, hatos de venados y berrendos”. Berlandier también menciona que los habitantes de Tamaulipas y Texas, en muchas ocasiones encendían fuegos para “mejorar las pasturas”. Plantas leñosas jóvenes pudieron estar presentes, pero no eran evidentes.

Aunque esta región pudiera haberse caracterizado por estar compuesta principalmente de pastizales abiertos y sabanas hace aproximadamente 200 años, existían plantas leñosas a lo largo de las corrientes de agua, cordilleras, zonas escarpadas y en otras áreas protegidas

de los incendios. Estos lugares con arbustos y árboles sirvieron como fuente de semillas, para expandirse anualmente hacia las praderas. El pastoreo era ligero, estacional o no presente y siempre existía una densa masa de zacate, la cual ayudaba a prevenir el establecimiento de arbustos (Hanselka y Archer, 1998).

Algunas especies leñosas pudieron haber tenido oportunidad de establecerse, en especial si su semilla era diseminada por los animales (Brown y Archer, 1987). Sin embargo, épocas húmedas que pudieron haber favorecido el desarrollo de estas plántulas, también pudieron haber propiciado la producción de zacates y otras herbáceas. Esto a la vez, pudo haber acumulado grandes cantidades de combustible fino (forraje), haciendo el paisaje propicio para el desarrollo de incendios. Estos fuegos de verano, extremadamente calientes mataban a la mayoría de las plántulas de especies leñosas y permitían a las gramíneas crecer bajo condiciones favorables después de las quemas. (Hanselka y Archer, 1998).

Con el uso intenso de los pastizales empezaron a presentarse porciones de suelo desnudo, que favorecieron el desarrollo de arbustos, cuyas semillas pudieron ser dispersadas por los animales domésticos (Brown y Archer, 1989). La remoción del forraje por el pastoreo también redujo la cantidad de combustible fino para generar los fuegos intensos necesarios para matar las nuevas plantas arbustivas (Archer 1994).

Recientemente se ha generado otra teoría que señala un factor más asociado al incremento de la densidad de plantas arbustivas. Polley *et al.* (1997) y Briggs *et al.*, (2005) indican que con el incremento en la cantidad de CO₂ atmosférico, producto de la revolución industrial, se favorece el desarrollo de las plantas leñosas, conocidas como plantas C₃ por su ruta en la fotosíntesis en detrimento de los zacates de crecimiento de verano, conocidos como plantas C₄ por una ruta diferente en la fotosíntesis (Archer 2009).

Los cambios climáticos son otro posible factor asociado en esta conversión pastizal abierto-sabana/matorral. Van Devender y Spaulding (1979) y Van Auken (2000) indican que cambios similares parece ser que sucedieron de manera natural, aparentemente en respuesta a fluctuaciones climáticas.

Dyksterhuis (1949, 1958) desarrolló el modelo tradicional usado para determinar la condición de los agostaderos o pastizales nativos. Este modelo se basa en la teoría sucesión ecológica y clímax de Clemens; en la que se compara la condición actual de la vegetación con la comunidad clímax de mismo sitio. En la explicación clásica, existe un reemplazo de las comunidades vegetales, hasta alcanzar la comunidad final. Este proceso de cambio final, también conocido como una comunidad estable, se llama clímax (Holechek *et al.* 2001). La vegetación clímax es normalmente la más productiva y deseable combinación de plantas que una área puede soportar (Hanselka y Archer, 1998).

De acuerdo a esta explicación, los agostaderos del noreste de México deberían consistir principalmente de sabanas si su condición fuera de buena a excelente. Sin embargo, en su gran mayoría presentan una condición regular a mala, por lo que son zonas dominadas por diferentes tipos de matorrales. Este concepto del clímax para definir la condición de los pastizales se ha criticado recientemente, debido a que no necesariamente refleja la salud de los agostaderos. Por ejemplo, comunidades de arbustivas esteparias, pastoreadas por ganado, disminuyen su población herbácea, a medida que las plantas leñosas dominan el sitio. Una vez que las plantas leñosas se vuelven densas, la eliminación del ganado en pastoreo no será suficiente para permitir que la vegetación herbácea regrese a sus niveles previos en ese sitio (Borman y Pyke 1994; Laycock, 1999).

De acuerdo a Archer y Smeins (1991), una vez que la composición de la comunidad vegetal herbácea de los pastizales pasa cierto nivel, que define como umbral de transición, hacia otra comunidad vegetal dominada por matorrales, después de pasar este umbral, ya no es posible regresar a su condición anterior (figura 1). Esto ha llevado a la teoría de que una misma área puede tener diferente vegetación a través del tiempo, definidos como “Estadios Estables”, los cuales son el resultado de la alteración de las condiciones que produjeron los previos sistemas de estadios estables de los pastizales abiertos y/o sabanas. (Sciefres, 1985; Archer, 1989). Estas alteraciones pudieron deberse tanto a variaciones climáticas de un proceso dinámico de cambios del planeta; así como a la manipulación del hombre.

La Provincia Biótica Tamaulipeca es un ejemplo de este proceso, donde los matorrales no regresan a pastizales después de suspender el pastoreo, en especial, si las gramíneas desplazadas se establecieron originalmente bajo un régimen climático diferente (Archer 1989; Sciefres y Hamilton, 1993). La manipulación del hombre puede alterar esta comunidad de matorrales (desmontes), pero una sucesión subsecuente puede resultar en un rápido regreso a una comunidad dominada por plantas leñosas.

Se ha encontrado que una vez que inicia el proceso de invasión de arbustos, el manejo del pastoreo por si solo poco puede hacer para prevenir la conversión de pastizales abiertos o sabanas a matorrales (Browning *et al.* 2008). Sin embargo, de manera indirecta el manejo del pastoreo es importante ya que permite la acumulación de forraje (combustible) necesario para la conducción de quemas prescritas, las cuales son una herramienta valiosa en el manejo de arbustivas (Fuhlendorf *et al.* 2008; Fuhlendorf *et al.* 2011). Debido a que el manejo del pastoreo generalmente no es suficiente para detener o reducir la invasión de plantas leñosas, el manejo progresivo de arbustivas es una herramienta importante para la conservación de los pastizales (Archer *et al.*, 2011).

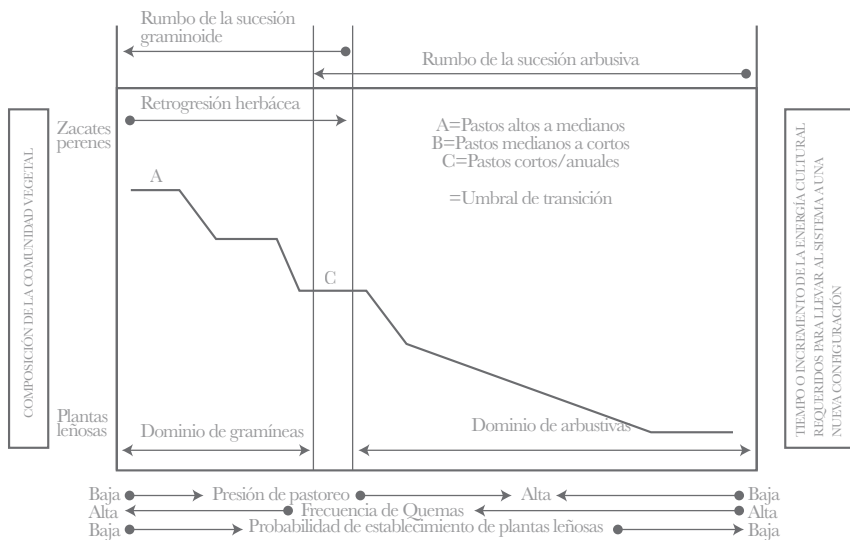


Figura 1. Diagrama conceptual de cambios de umbral en la estructura de la comunidad en función a la presión de pastoreo, frecuencia de fuegos en matorrales espinosos (tomado de Archer 1989)

En resumen, el reemplazo de grandes extensiones de pastizales y sabanas por densos matorrales dominados por especies de baja gustocidad, parece haber iniciado durante la colonización de los europeos en América. El incremento en la densidad de plantas leñosas es probablemente el resultado de sequías periódicas, más las actividades del hombre tales como el establecimiento de cercos, sobrepastoreo prolongado de herbívoros domésticos, reducción de fuegos y el incremento en los niveles de CO₂ atmosférico, los cuales favorecen el desarrollo de los arbustos C₃ sobre los zacates C₄ (Scifres y Hamilton, 1993).

El incremento en la densidad de plantas leñosas es transformativo, los pastizales abiertos se transforman en sabanas con arbustos y árboles presentes, y las sabanas se transforman en matorrales densos o áreas boscosas. Por lo tanto, aun en los casos en que el aumento de arbustos no disminuya la diversidad vegetal, e incluso la aumenten, se presenta la pérdida de ecosistemas de pastizales abiertos y sabanas, así como de las plantas y animales endémicos de ellos. En consecuencia, mientras que el manejo de arbustos históricamente se ha propuesto desde la perspectiva de beneficios potenciales para la producción de ganado y la hidrología, debería también considerarse desde la perspectiva de conservar los ecosistemas de pastizales y sabanas (Archer *et al.* 2011).

El modelo de condición del pastizal de Dyksterhuis fue simple y fácil de usar. Fue el concepto central en manejo de agostaderos por más de medio siglo, y continúa influyendo el manejo del pastizal en el siglo 21. Aunque modelos más complicados pueden ser más apropiados para futuras aplicaciones, la terminología utilizada en el concepto de condición del pastizal permanecerá por años en las mentes de los ganaderos y profesionistas de pastizales.

Antecedentes del manejo de arbustos

El aumento en la densidad de plantas arbustivas ha sido una preocupación para los manejadores de pastizales desde hace mucho tiempo (Leopold 1924). Por lo tanto, se han hecho muchos estudios sobre alternativas para reducir la

cubierta de arbustos, basados principalmente en los efectos adversos de las plantas leñosas en la producción forrajera y animal.

Terrenos con alta densidad de arbustos son un problema tanto mecánico como ecológico para los manejadores de las tierras de pastoreo. Se complica el manejo del ganado por la dificultad para localizarlo y por la barrera física de las plantas, se reduce la capacidad de carga animal y las plantas leñosas compiten también por el agua disponible con especies más deseables. Aunque debe reconocerse que los arbustos son importantes para el hábitat de muchas especies de fauna silvestre que mejoran la biodiversidad y que tienen funciones importantes en el equilibrio y desarrollo de los ecosistemas (Hamilton y Hanseka, 2000).

Después de la Segunda Guerra Mundial hubo una gran disponibilidad de maquinaria pesada y herbicidas (1950-1960) usados en gran escala en los Estados Unidos de América, lo que propició mucha investigación aplicada enfocada al uso de herbicidas y controles mecánicos, enfocados con frecuencia a la erradicación indiscriminada de arbustos (Scifres 1980; Bovey 2001).

Entre los años 1960 y 1970, aproximadamente, cambió el enfoque al control selectivo de arbustos. Para esos años empezó a quedar claro que no existía un tratamiento que por sí solo solucionara el problema (Scifres 1980). La necesidad de más de un tratamiento con relativa frecuencia, hizo el control de arbustos menos atractivo y difícil de justificar el costo-beneficio. Después de estas experiencias se desarrollaron los sistemas de manejo integral de arbustos (IBMS, por sus siglas en inglés) consistentes en procesos de planeación a largo plazo considerando no sólo la producción del ganado, sino el uso múltiple de los recursos del pastizal (Scifres *et al.* 1985, Hamilton *et al.* 2004); considerando como usos y servicios de los ecosistemas, todas aquellas cosas o experiencias producidas por los sistemas naturales, con valor para la humanidad (Fisher *et al.*, 2009).

Lo que debe incluir la producción forrajera; la conservación o mejoramiento de hábitat de la fauna silvestre; incremento la cosecha de agua superficial y recarga de agua del subsuelo; control de especies invasoras; mantenimiento del valor escénico y conservación de pastizales abiertos y sabanas (Hanselka *et al.* 1996).

Perspectiva actual

Antes de iniciar cualquier programa de manejo de arbustos, debe diseñarse un plan de manejo integral con objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo. Los objetivos deben variar de acuerdo a las necesidades específicas del dueño de la tierra y de su comunidad. Objetivos bien definidos en el corto y largo plazo son fundamentales para determinar cuándo, dónde, por qué, como y bajo qué condiciones debería llevarse a cabo el programa de manejo de arbustos. Proyectos de Manejo integral de arbustos además deben considerar otros factores como: disponibilidad de equipo, recursos financieros, mano de obra, tiempo requerido para realizarlo, regulaciones ambientales e incluso trámites legales (Archer *et al.* 2011).

Otro aspecto importante a considerar es la opinión de la sociedad, ya que cada día muestra mayor interés y preocupación por el impacto ecológico que puedan tener las distintas tecnologías empleadas en el manejo de los recursos naturales (Fox *et al.* 2009).

Los resultados en el control de arbustos, en general, han sido inferiores a lo esperado. Hamilton y Ueckert (2000) mencionan que la complejidad de las comunidades de arbustivas, en especial en la Provincia Biótica Tamaulipeca, donde el problema es la combinación de muchas especies, crea una susceptibilidad diferencial a los tratamientos de control, particularmente con el uso de herbicidas. Aún la combinación de herbicidas, aunque ayudan, no logran un control total (Scifres y Hamilton 2003).

Un encuesta en Texas muestra que los objetivos principales de los ganaderos en Texas al hacer manejo de arbustos son aumentar la producción forrajera e incrementar la cosecha de agua (Kreuter *et al.* 2005). Otras razones son el aumentar el valor estético, beneficiar a generaciones futuras y mejorar el hábitat para la fauna silvestre.

El monitoreo pre y post tratamiento está intrínsecamente ligado al proceso del manejo integral de arbustos: tratamiento, monitoreo, control, revegetación (Scifres *et al.* 1983; Scifres 1987). El entendimiento adecuado de las condiciones previas es básico para determinar y evaluar los efectos del manejo del matorral. El monitoreo de las condiciones climáticas y crecimiento

estacional de las plantas a evaluar debe iniciar de 3 a 6 meses previos a los tratamientos. Las evaluaciones posteriores a los tratamientos debieran ser al menos anuales para evaluar la respuesta.

La respuesta de biodiversidad en la vegetación al manejo de arbustos puede estar fuertemente influenciada por los patrones de aplicación del tratamiento. El uso combinado de diferentes tratamientos en “franjas”, esto es sin tratar el total de la superficie puede crear un hábitat más diverso e inter espaciado (Scifres *et al.* 1988), con un mejor hábitat tanto para el ganado doméstico como para la fauna silvestre.

La sostenibilidad de las empresas ganaderas requerirá sistemas y tecnologías económicamente viables, acordes con la conservación del medio ambiente, socialmente aceptables y que permitan alcanzar los objetivos y metas de los dueños de los ranchos. La producción animal sostenible requiere manejar los ecosistemas de tal manera que permitan conservar la estabilidad del suelo y una mezcla deseable de especies vegetales. Los sistemas de administración eficaces y eficientes, son esenciales para la sostenibilidad económica (Hanselka y Archer, 1998).

Mucha de la estabilidad, resistencia y capacidad de auto reparación asociada a ecosistemas ricos en especies, probablemente sea el resultado de diversidad funcional más que diversidad de especies por sí mismas. Por ejemplo, grupos funcionales que mejoren los procesos hidrológicos (infiltración, erosión o desarrollo estructural del suelo), eficiencia en el uso del agua, son críticos en ambientes con limitaciones de agua. Sitios con serios problemas de pérdida de nutrientes se benefician con especies que incrementan la captura, retención y uso eficiente de los nutrientes más escasos (Whitsenant, 1999).

Cada especie de ganado doméstico y fauna silvestre tiene diferentes preferencias de plantas. Por lo tanto, la composición de las plantas leñosas en los matorrales en cuanto a tamaño y forma de crecimiento afectan su accesibilidad, aceptabilidad y valor nutritivo. Las plantas leñosas también proveen de cobertura y sombra, particularmente importante para algunas especies de fauna silvestre. En consecuencia es necesaria la evaluación de la composición botánica que permita tener una idea clara de los recursos

vegetales existentes (Hamilton, 1985). Se recomienda la lectura de Cook y Stubbendieck (1986) para el conocimiento preciso de las técnicas de muestreo de vegetación.

Principios de alternativas de manejo de arbustos

Terrenos con alta densidad de arbustos son un problema tanto mecánico como ecológico para los manejadores de las tierras de pastoreo. Se complica el manejo del ganado por la dificultad para localizarlo y por la barrera física de las plantas, se reduce la capacidad de carga animal y las plantas leñosas compiten también por el agua disponible con especies más deseables. Aunque debe reconocerse que los arbustos son importantes para el hábitat de muchas especies de fauna silvestre que mejoran la biodiversidad y que tienen funciones importantes en el equilibrio y desarrollo de los ecosistemas (Hamilton y Hanseka, 2000).

En el sur de Texas y norte de México, donde las especies vegetales leñosas son dominantes, las decisiones de controlarlas pueden afectar dramáticamente el hábitat de la fauna silvestre y las actividades recreativas. Por lo tanto, la planeación del manejo de arbustos, debe realizarse considerando todos los recursos del agostadero, así como sus efectos tanto biológicos como económicos (Hamilton, 1998).

Los resultados en el control de arbustos, en general, han sido inferiores a lo esperado. Hamilton y Ueckert (2000) mencionan que la complejidad de las comunidades de arbustivas, en especial en la Provincia Biótica Tamaulipeca, donde el problema es la combinación de muchas especies, en lugar de una o dos especies, crea una susceptibilidad diferencial a los tratamientos de control, particularmente con el uso de herbicidas. Aún la combinación de herbicidas, aunque ayudan, no logran un control total. Otros factores como la forma de crecimiento y las condiciones del medio ambiente necesarias para el control de cada especie, dificultan el tratamiento en comunidades mixtas de plantas leñosas. Incluso en la misma zona, factores del suelo como textura y humedad, afectan la efectividad en el uso de herbicidas y otros tratamientos de control (Sheley *et al.* 2011).

Biológicas:

El control biológico se entiende como el uso de enemigos naturales (consumidores de plantas u organismos que causen enfermedades), que permitan reducir el impacto económico de plantas indeseables (Scifres, 1980).

El uso de animales para pastoreo o ramoneo, es el método de control biológico más utilizado en México. La dieta de las cabras y venados está constituida principalmente por plantas arbustivas (Vallentine, 1990). Esta característica, representa una doble ventaja, ya que por un lado el ramoneo frena el desarrollo de los arbustos, con lo que se permite el crecimiento de zacates, pero por otra parte hay una utilización del recurso matorral a través de la alimentación de animales ramoneadores.

Métodos mecánicos:

El control mecánico de plantas leñosas de manera manual, empleando azadones y talaches para sacar las plantas de raíz, se ha usado desde el siglo XIX hasta nuestros días; sin embargo, no es un método que pueda usarse a gran escala (Hamilton y Hanselka, 2000). El desarrollo de maquinaria inició a principios del siglo XX, hasta llegar al desarrollo de implementos desenraizadores. El equipo de tracción consiste de tractores con elevadores delanteros que permiten de cortar la raíz de las plantas con una hoja metálica afilada en forma de U. También existe la opción del desenraizador de tres puntos, conocido en México como cola de pescado, el cual se conecta a la parte posterior del tractor y con la toma de fuerza hidráulica, se extraen las plantas de raíz (Wiedemann, 2000).

Este sistema de *bulldozer*, consiste de una hoja metálica empujada por un tractor de oruga, se usa para derribar la vegetación al empujarla hacia delante. Debido a que la mayoría de las plantas no son arrancadas de raíz, muchos arbustos rebrotan (Welch, 1991).

El rastrillo para arbustos es un implemento usado al frente de un tractor de oruga y sirve para juntar y hacer pila de los restos de raíces, troncos y tallos, producto del previo desmonte con implementos como el arado desenraizador. El chapeo o chapoleo corta de manera uniforme la parte aérea de los arbustos, pero el porcentaje de mortandad es muy bajo en plantas leñosas con capacidad

de rebrote en las raíces o en la porción basal de los tallos. Chapeos repetidos normalmente incrementa el número y tamaño de los tallos basales. Las plantas chapeadas por varios años son más difíciles de controlar con herbicidas. Aunque este sistema sólo ofrece un control temporal, permite tener suficiente tiempo para el crecimiento de los zacates en programas de quemas prescritas, incrementa la disponibilidad y calidad de rebrotes jóvenes para ramoneo y permite mayor acceso y visibilidad para el manejo del ganado (Hamilton y Hanselka, 2000).

El rodillo triturador es otra opción para el control de arbustos consiste de un tambor o cilindro con varias hojas metálicas que corren paralelas el eje del rodillo, las cuales penetran en el suelo con el objetivo de triturar la vegetación arbustiva (Young *et al.*, 1983). Su tamaño es variable y en algunos casos pueden rellenarse con agua para aumentar el peso. En comparación con la chapeadora, este rodillo puede usarse en terrenos con topografía menos uniforme, en suelos más pedregosos y en arbustos con tallos de mayor diámetro.

Herbicidas:

La utilización de productos químicos en cualquier actividad humana se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la sociedad en años recientes. El uso de herbicidas a nivel agropecuario no es la excepción, por lo que todas las dudas deben tratar de aclararse, así como todos los cuidados correspondientes deben considerarse antes de usar cualquier producto de este tipo. La mayoría de los herbicidas de uso actual son de moderada a baja toxicidad, con periodos de residualidad bajos en el ambiente, así como biodegradables (Bovey, 2001); aun así deben tomarse todos los cuidados y recomendaciones pertinentes en el manejo y aplicación de estos herbicidas. Debido a la constante preocupación social respecto a aspectos tan importantes como toxicología y residualidad de los herbicidas utilizados en el control de arbustos y maleza en las tierras de pastoreo, se recomienda la lectura de Bovey (2001).

La mayoría de los herbicidas que actualmente se encuentran disponibles, se desarrollaron en los 1950's a 1970's. Por razones económicas,

así como leyes y regulaciones gubernamentales para el cuidado del medio ambiente, han frenado el desarrollo de nuevos productos (Bovey, 2000). Los productos de mayor uso incluyen los de aplicaciones foliares como: 2,4-D, dicamba, glifosato, clopyralid, triclopyr, picloram, diesel y tebuthiuron, tanto aplicados solos como en algunas mezclas.

Fuego prescrito:

El fuego fue un componente ecológico natural de la mayoría de los pastizales de América hasta antes de la colonización de los europeos, por lo que puede decirse que la vegetación nativa está bien adaptada a las quemas (Luna y Villanueva 2014). El fuego daña de manera efectiva la mayoría de las plantas leñosas y favorece el crecimiento de los zacates y herbáceas (Fuhlendorf *et al.*, 2011). Sin embargo, para lograr los beneficios esperados, debe acompañarse con un buen manejo del pastizal, del ganado doméstico y de la fauna silvestre (White y Hanselka, 1994).

Las quemas prescritas son una de las técnicas más factibles para manipular la vegetación en manejo de pastizales. La investigación, por muchos años, se ha enfocado a la evaluación del fuego sobre el control de plantas indeseables. Sin embargo, la prevención del desarrollo de nuevas plántulas, es tan importante como el control. Por lo tanto, el fuego es una herramienta de control y prevención de arbustos indeseables (Blair *et al.*, 2000).

Una quema prescrita puede definirse como la utilización sistemáticamente planeada del fuego, para lograr objetivos de manejo específicos. Las quemas prescritas de los pastizales deben seguir una guía que establezca las condiciones bajo las cuales debe manejarse el fuego para lograr los objetivos ecológicos y de manejo deseados. Esto es diferente a los fuegos sin control que constantemente se presentan y que en ocasiones tienen efectos sumamente dañinos.

Bibliografía

- Archer, S. 1989. Have Southern Texas Savannas Been Converted to Woodlands in Recent History? *Amer. Naturalist*. 134:545-561.
- Archer, S. 1994. Woody Plant Encroachment into Southwestern Grasslands and Savannas: Rates, Patterns and Proximate Causes. *En*: M. Vavra, W. Laycock, and R. Pieper [eds.]. Ecological implications of livestock herbivory in the West. Denver, CO, USA: Society for Range Management. p. 13–68.
- Archer, S. 2009. Rangeland Conservation and Shrub Encroachment: New Perspectives on an Old Problem. *En*: J. du Toit, R. Kock, and J. Deutsch [eds.]. Wild Rangelands: Conserving Wildlife while Maintaining Livestock in Semi-arid Ecosystems. Oxford, England: Wiley-Blackwell. p. 53–97.
- Archer, S.R., Davies, K.W., Fulbright, T.E., McDaniel, K.C., Wilcox, B.P. y Predick, K.I. 2011. Brush Management as a Rangeland Conservation Strategy: A Critical Evaluation. p 105-170. *En*: D.D. Briske (Ed), Conservation Benefits of Rangeland Practices Assessment, Recommendations, and Knowledge Gaps.
- Archer, S. y E.E. Smeins. 1991. Ecosystem-Level Processes. p 109-139. *En*: R.K. Heitschmidt y J.W. Stuth (Ed) Grazing Management, an Ecological Perspective. Timber Press, Portland, Oregon.
- Blair, W.F. 1950. The biotic Provinces of Texas. *Tex. J. Science*. 2:93-127.
- Blair, B.K., J.C. Sparks y J. Franklin. 2000. Prescribed Burning, the Current State of the Art. *En* Proceedings of the Rangeland Brush and Weed Management: The Next Millennium Symposium and Workshop. Texas A&M Univ. CGLRM, Texas section-Soc of Range Manage., Texas Tech Univ. San Angelo, TX. p. 147-158.
- Borman, M.M. y D.A. Pyke. 1994. Successional Theory and the Desired Plant Community Approach. *Rangelands*. 16:82-84.
- Bovey, R.W. 2000. Chemical brush and Weed Control, Where we Have Been. p 107-118. *En*: Proceedings of the Rangeland Brush and Weed Management: The Next Millennium Symposium and Workshop. Texas A&M Univ. CGLRM, Texas section-Soc of Range Manage., Texas Tech Univ. San Angelo, TX. p 69-81.

- Bovey, R. W. 2001. Woody plants and woody plant management: ecology, safety, and environmental impact. New York, NY, USA: Marcel Dekker. 584 p.
- Briggs, J. M., A. K. Knapp, J. M. Blair, J. L. Heisler, G. A. Hoch, M. S. Lett y J. K. McCarron. 2005. An Ecosystem in Transition: Causes and Consequences of the Conversion of Mesic Grassland to Shrubland. *BioScience* 55:243–254.
- Brown, J.R. y S.A. Archer. 1989. Woody Plant Invasion of Grasslands: Invasion of Honey Mesquite (*Prosopis glandulosa* var. *Glandulosa*) on Sites Differing in Herbaceous Biomass and Grazing History. *Oecologia*, 80:19-26.
- Browning, D., S. Archer, G. Asner, M. McClaran, and C. Wessman. 2008. Woody Plants in Grasslands: Post-Encroachment Stand Dynamics. *Ecological Applications* 18:928–944.
- Campbell, B. D. y D. M. Stafford Smith. 2000. A Synthesis of Recent Global Change Research on Pasture and Range Production: Reduced Uncertainties and their Management Implications. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 82:39–55.
- Cook, C.W. y J. Stubbendieck. 1986. Range Research: Basic Problems and Techniques. Society of Range Management Press. Denver, CO. 317 p.
- Dyksterhuis, E.J. 1949. Condition and Management of Rangeland Based on Quantitative Ecology. *J. Range Management*. 2:104-115.
- Dyksterhuis, E.J. 1958. Ecological Principles in Range Evaluation. *Bot. Rev.* 24:253-272.
- Fisher, B., R. K. Turner, and P. Morling. 2009. Defining and Classifying Ecosystem Services for Decision Making. *Ecological Economics* 68:643–653.
- Fox, W. E., D. W. McCollum, J. E. Mitchell, J. A. Tanaka, U. P. Kreuter, L. E. Swanson, G. R. Evans, H. T. Heintz, R. P. Breckenridge y P. H. Geissler. 2009. An Integrated Social, Economic, and Ecological Conceptual (ISEEC) Framework for Considering Rangeland Sustainability. *Society and Natural Resources* 22:593–606.
- Fuhlendorf, S., S. Archer, F. Smeins, D. Engle y C. Taylor. 2008. The Combined Influence of Grazing, fire and Herbaceous Productivity on Tree-grass Interactions. *En: O. V. Auken* [ed.]. Western North American Juniperus communities. New York, NY, USA: Springer. p. 219–238.

- Fuhlendorf, S., R. Limb, D. Engle y R. Miller. 2011. Assessment of Prescribed Fire as a Conservation Practice. p 75-104. *En*: D.D. Briske (Ed), Conservation Benefits of Rangeland Practices Assessment, Recommendations, and Knowledge Gaps.
- Fulbright T.E. y D.L. Drawe. 2003. The foundation Paradigm in Rangeland Ecology and Management p. 23-34. *En*: C.A. Forgason, F.C. Bryant y P.C. Genho (Eds) Range Management, Integrating Cattle, Wildlife and Range. King Ranch, Kingsville, TX.
- González V. E.A y C. W. Hanselka. 2002. Ecología y Manejo de Matorrales. INIFAP-Texas A&M University. Ciudad Victoria, Tamaulipas 151 p.
- Hamilton, W.T. 1985. Initiating IBMS. p. 9-14. *En*: Integrated Brush Management Systems for South Texas: Development and Implementation. Tex. Agric. Exp. Stn. B-1493. 71 p.
- Hamilton, W.T. y C.W. Hanselka. 2000. Mechanical Brush Management, where we Have Been. The Mechanical Practices Prior to 1975. *En*: Proceedings of the Rangeland Brush and Weed Management: The Next Millennium Sympoium and Workshop. Texas A&M Univ. CGLRM, Texas section-Soc of Range Manage., Texas Tech Univ. San Angelo, TX. p 69-81.
- Hamilton, W. T., A. McGinty, D. N. Ueckert, C. W. Hanselka y M. R. Lee. 2004. Brush management: past, present, future. College Station, TX, USA: Texas A&M University Press. 296 p.
- Hamilton, W.T. y D.N. Ueckert. 2000. Rangeland Brush and Weed Management: The Next Millennium. Why are we Here. *En*: Proceedings of the Rangeland Brush and Weed Management: The Next Millennium Sympoium and Workshop. Texas A&M Univ. CGLRM, Texas section-Soc of Range Manage., Texas Tech Univ. San Angelo, TX. p. 3-13.
- Hanselka, C.W. y S. Archer, 1998. Rangeland Ecosystems of South Texas: The keys of Sustainability. *En*: Proceedings of the Management of Grazinglans in Northern Mexico and South Texas. Texas A&M Univ., UAT, UANL, UAAAN, INIFAP, ITESM, FIRA, Unión Ganadera de Nuevo León, Tamaulipas and Coahuila. Laredo, TX. p 1-11.

- Hanselka, W. C., W. T. Hamilton, and B. S. Rector. 1996. Integrated Brush Management Systems for Texas. College Station, TX, USA: Texas Agricultural Extension Service. 6 p.
- Holechek, J.L., R.D. Pieper y C.H. Herbel. 2001. Range Management, Principles and Practices. Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA. Fourth Edition. 587 p.
- Kreuter, U. P., H. E. Amestoy, M. M. Kothmann, D. N. Ueckert, W. A. McGinty y S. R. Cummings. 2005. The Use of Brush Management Methods: a Texas Landowner Survey. *Rangeland Ecology & Management* 58:284–291.
- Laycock, W.A. 1999. Implications of Grazing vs. No Grazing on Today's Rangelands. p 250-280. *En: Vavra, M., W.A. Laycock y R.D. Pieper (Ed), Ecological Implications Of Livestock Herbivory in the West. Soc. of Range Manage. Second Edition. Denver, CO.*
- Leopold, A. 1924. Grass, Brush, Timber and Fire in Southern Arizona. *Journal of Forestry* 22:1–10.
- Luna M. y J.F. Villanueva. 2014. El Fuego como Herramienta del Manejo de Pastizales y su Impacto en el Cambio Climático. *En: V Congreso Internacional de Manejo de Pastizales I Congreso en Ciencias Veterinarias y Zootécnicas "Amado Nervo" I Reunión Red Latina de Ciencia Animal.* p. 40-54.
- Ohlendorf, S.M., J.M. Bigelow y M.M. Standifer. 1980. John Louis Berlandier, Journey to Mexico During the Years 1826 and 1834. Texas State Historical Assoc. And Center of Studies in Texas History. Univ. of Texas, Austin, TX. 240 p.
- Platou, K.A. y P.T. Tueller. 1988. The Ecology of Shrublands/Woodlands for Range Use. *En: Tueller, R.P (ed) Vegetation Science Applications for Rangeland Analysis and Management. Kluwar Public. CO., Dordrecht, The Netherlands.* p 295-305.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 p.
- Safriel, U. y Z. Adeel. 2005. Dryland systems. *En: R. Hassan, R. Scholes, and N. Ash [eds.]. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. Washington, DC, USA: Island Press.* p. 623–662.
- Sampson, F. y F. Knopf. 1994. Prairie Conservation in North America. *BioScience* 44:418–421.

- Scifres, C. J. 1980. *Brush Management: Principles and Practices for Texas and the Southwest*. College Station, TX, USA: Texas A&M University Press. 360 p.
- Scifres, C. J. 1987. Economic Assessment of Tebuthiuron-fire Systems for Brush Management. *Weed Technology* 1:22–28.
- Scifres, C.J. 1985. IBMS: Ecological Basis and Evolution of Concepts. p. 5-8. En: *Integrated Brush Management Systems for South Texas: Development and Implementation*. Tex. Agric. Exp. Stn. B-1493. 71 p.
- Scifres, C. J., W. T. Hamilton, J. R. Conner, M. Inglis, G. A. Rasmussen, R. P. Smith, J. W. Stuth y T. G. Welch. 1985. Integrated brush management systems for South Texas: development and implementation. College Station, TX, USA: Texas Agricultural Experiment Station. 71 p.
- Scifres, C. J., W. T. Hamilton, J. M. Inglis, and J. R. Conner. 1983. Development of integrated brush management systems (IBMS): decision-making processes. *In*: K. W. McDaniel [ed.]. *Proceedings Brush Management Symposium*. Lubbock, TX, USA: Texas Tech University Press. p. 97–104.
- Scifres, C. J., W. T. Hamilton, B. H. Koerth, R. C. Flinn y R. A. Crane. 1988. Bionomics of Patterned Herbicide Application for Wildlife Habitat Enhancement. *Journal of Range Management* 41:317–321.
- Scifres, C.J. y W.T. Hamilton. 1993. *Prescribed Burning for Brushland Management: The South Texas Example*. Texas A&M Univ. Press. College Station, TX. 246 p.
- Scifres, C.J. y W.T. Hamilton. 2003. Range Habitat Management: the Tool. p. 109-132. En: C.A. Forgason, F.C. Bryant y P.C. Genho (Eds) *Range Management, Integrating Cattle, Wildlife and Range*. King Ranch, Kingsville, TX.
- Sheley R.L., J.J. James, M.J. Rinella, D. Blumenthal y J.M. DiTomaso. 2011. Invasive Plant Management on Anticipated Conservation Benefits: A Scientific Assessment. p. 291-336 *En*: D.D. Briske (Ed), *Conservation Benefits of Rangeland Practices Assessment, Recommendations, and Knowledge Gaps*.
- Van Auken, O. W. 2000. Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annual Review of Ecology & Systematics* 31:197–215.

- Van Denvender, T.R. y W.G. Spaulding. 1979. Development of Vegetation and Climate in the Southwestern United States. *Science*. 204:701-710.
- Vallentine, J.F. 1990. *Grazing Management*. Academic Press, Inc. San Diego, CA.
- Welch, T.G. 1991. *Brush Management Methods*. Texas Agric. Ext. Service. B-5004. 17 p.
- Whisenant, S.G. 1999. *Repairing Damaged Wildlands. A Process-Oriented, Landscape-Scale Approach*. Cambridge, University Press. 312 p.
- White L.D. y C.W. Hanselka. 1994. *Prescribed Range Burning in Texas*. Texas Agricultural Extension Service. B-1310. 8 p.
- Wiedemann, H. 2000. Mechanical Control Current State of the Art. *En: Proceedings of the Rangeland Brush and Weed Management: The Next Millennium Symposium and Workshop*. Texas A&M Univ. CGLRM, Texas section-Soc of Range Manage., Texas Tech Univ. San Angelo, TX. p 83-94.
- Young, J.A., R.A. Evans D.W. McKenzie. 1983. History of Brush Control in Western U.S. Rangelands. p. 17-25 *En: McDaniel, K.C. (Ed) Proceedings of Brush Management Symposium*. Soc. Of Range Manage. Albuquerque, NM.

4

Capítulo

Manejo estratégico de bovinos productores de carne en pastoreo en el norte de México en condiciones de sequía

Eduardo A. González Valenzuela

Rigoberto López Zavala

Jaime Salinas Chavira

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,

Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)

C. Wayne Hanselka

Retirado Texas Agrilife Extension Service-TAMUS

J. Miguel Ávila Curiel

INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas

J. Alfonso Ortega Santos

TAMUK-Animal, Rangeland & Wildlife Sciences

En México la ganadería extensiva es una de las principales actividades económicas, ocupa una superficie de 112 millones 743 mil hectáreas, correspondientes al 57.3% del territorio nacional (INEGI, 2009). Uno de los retos más importantes de estas áreas es tener empresas ganaderas sustentables y rentables, sin deteriorar al ambiente y que permitan seguir manteniendo a generaciones futuras (FAO, 2008).

Los ganaderos viven en constante preocupación por estar sufriendo una sequía o por estar preparándose para ella. En algún lugar del norte de México siempre está ocurriendo una sequía. Los reportes climáticos indican que tres de cada cinco años son secos y que las sequías pueden ser estacionales, anuales o multianuales. Los años secos son erráticos, tanto en frecuencia como en severidad, y cualquier predicción de cuándo ocurrirán, de su duración y severidad, son meras probabilidades (González y Ávila 2010).

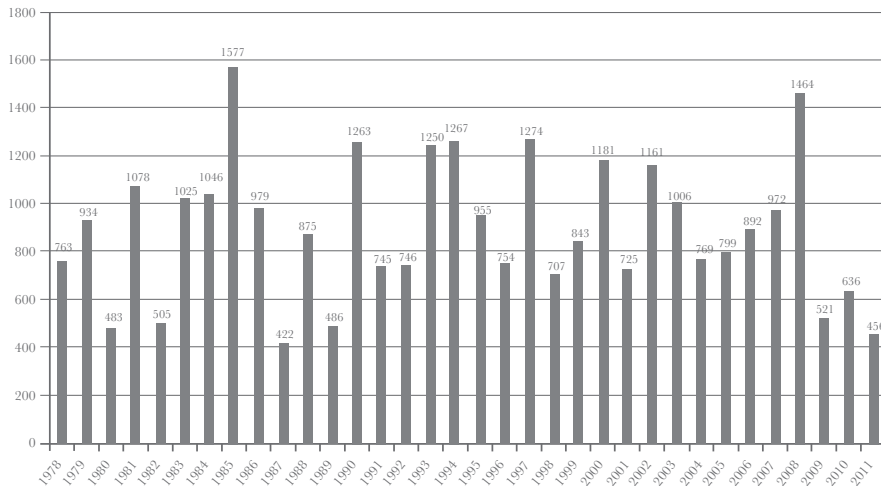
Sequía se define como un fenómeno natural que ocurre cuando la precipitación es significativamente menor que el nivel promedio, causando desbalances hídricos que afectan de manera adversa los sistemas de producción de la tierra (WMO-GWP, 2011). En manejo de pastizales, las sequías se definen como un periodo seco prolongado, generalmente cuando la precipitación es menor del 75% del promedio anual (SRM, 1989). Sin embargo, la sequía no es sólo falta de lluvia; está asociada también a humedad ambiental baja, altas temperaturas y vientos fuertes, lo que dificulta el crecimiento de la vegetación. También se puede decir que hay varias clases de sequías, dependiendo de su definición e impacto. La sequía meteorológica es el grado de “sequedad” en relación al promedio (Anderson, 2013). La sequía hidrológica impacta la disponibilidad de agua (nivel de agua en presas, acuíferos, etc.). Las sequías socioeconómicas impactan los sistemas económicos y sociales. Por último, las sequías agropecuarias impactan los cultivos y la producción de forraje (Thurow y Taylor, 1999). Las sequías agropecuarias no terminan hasta que la lluvia es suficiente para llenar de humedad el suelo (Hanselka y González 2006).

Desafortunadamente las sequías son consideradas con frecuencia como eventos esporádicos, después de las cuales las condiciones regresarán a lo “normal”. Al tratar el tema de manejo de la sequía, mucha gente piensa en que podrá contar con tecnologías que le permitan aumentar la lluvia en los ranchos,

o conocer sobre algunas opciones de plantas forrajeras capaces de crecer y producir forraje de buena calidad durante temporadas secas. Sin embargo no es posible lograr ninguna de las dos cosas, por lo que los primeros pasos para atenuar los efectos de la sequía en la producción pecuaria es reconocer a la sequía como un evento tan normal y frecuente como la temporada húmeda. De la habilidad que tenga el productor para sortear este fenómeno depende la viabilidad económica de la empresa (Hinojosa *et al.*, 1998).

En la Figura 1 se muestra la lluvia media anual durante 34 años en el Sitio Experimental Aldama, localizado al sur del estado de Tamaulipas, cabe señalar que es uno de los lugares con mejor precipitación en Tamaulipas y en todo el norte del país. Sin embargo, como puede observarse existe una gran variabilidad; con una lluvia de 421 mm en el año más seco (1987) y el año más lluvioso con un registro de 1,577 mm (1985).

Figura 1. Registro de la precipitación (mm) anual en el Sitio Experimental Aldama-INIFAP durante los últimos 34 años.



Uno de los valores más usados para describir la precipitación de un lugar es la lluvia media anual, en el caso de este ejemplo el promedio es de 921 mm, pero debido a la gran variación existente es poco útil como indicador de la

precipitación local. Un medidor más valioso es la moda, evaluación estadística que mide la frecuencia de eventos, en este caso la moda es de 739 mm, valor que expresa mejor la lluvia probable para este lugar.

Los datos muestran que la probabilidad anual de tener un año con lluvia promedio o superior a la promedio es tan sólo del 50%, por lo que los ganaderos deben estar preparados cada año para enfrentar una sequía. Como ya se señaló, en el noreste del país la zona con mejor precipitación es el sur del estado de Tamaulipas, por lo que las posibilidades de tener un año con lluvia inferior al promedio son superiores al resto de la zona. Datos similares se reportan para el suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica, con un registro de 43% de años secos (Holechek *et al.*, 1998). Por lo tanto la pregunta no es si las sequías ocurrirán en la zona, sino cuánto durarán; y por lo tanto se debe estar preparado. Por lo que los productores deben contemplar el manejo de la sequía dentro del plan de cada año del manejo de la empresa ganadera (Howery, 1999).

Uno de los más grandes retos de manejo a los que se enfrentan los ranchos es establecer un balance entre la producción y la demanda anual de forraje. La oferta (producción) forrajera está influenciada por la cantidad y distribución de la lluvia durante la temporada de crecimiento, así como por el programa de manejo del pastoreo. Muchos manejadores de ranchos se encuentran más preocupados por las condiciones climáticas que por implementar un plan de manejo al manejo sustentable del recurso forrajero, tanto en condiciones normales como de sequía (Encinias y Smallidge, 2009)

Como es de esperarse, la producción de forraje disminuye durante las sequías y mientras más severa sea la sequía, se reduce aún más la producción forrajera, en casos extremos, el pasto muere. El efecto de sequías extremas empeora debido a la negativa por parte de muchos ganaderos de descargar o reducir el número de animales en pastoreo; en consecuencia el daño de la sequía sobre las plantas forrajeras es exacerbado por el pastoreo continuo (Villalobos *et al.*, 2012), por lo que se afecta directamente la productividad y vigor de las plantas (Trilca *et al.*, 1977; Miller y Donart, 1981). Otro aspecto de importancia relevante que con frecuencia no consideran los ganaderos, es que al no reducir el número de animales en pastoreo durante las sequías baja

la productividad del hato al disminuir la ganancia de peso de los becerros y el porcentaje de becerros destetados (Shoop y McIlvain, 1971).

Algunas personas consideran el manejo de la sequía como una estrategia de “sobrevivencia”. Sin embargo una buena planeación permite sobrellevarla, la cual debe ser lo suficientemente flexible para manejar las condiciones que se presenten. Esta planeación requiere incluir manejo del pastoreo, reducción de la carga animal, planes financieros, así como un plan para asegurar la buena respuesta de la vegetación después de la sequía (Hart y Carpenter, 1999).

Una sequía se reconoce una vez que su impacto es fuerte; sin embargo, su desarrollo es lento y puede terminar de manera repentina al haber suficiente lluvia. Por lo tanto, decisiones importantes durante una sequía son difíciles de tomar por el temor a hacer decisiones prematuras que puedan afectar los ingresos futuros (Dunn *et al.* 2005). Estas decisiones de planeación en el manejo de la sequía deben basarse en la operación del rancho, a todos los niveles de organización, tanto a nivel estratégico (dueño), a nivel táctico o de manejo del ganado (administrador) y a nivel operacional (vaquero).

Recuperarse de la sequía implica regresar a la condición previa, aunque la recuperación puede llevarse varios años y en algunos casos los pastizales no regresan a la condición preexistente. Se requieren de cinco a siete años para recuperarse de sequías severas (Holechek 1996). Los agostaderos pastoreados de manera moderada o conservadora, producen más forraje en años secos que los agostaderos sobre pastoreados (Hamilton, 1998, Paulsen and Ares 1962).

El agua es el principal factor que limita la producción vegetal en la mayoría de los pastizales del mundo. Toda el agua de los pastizales proviene de la lluvia. Una parte de esta agua se mueve de manera lateral por escurrimiento hacia las corrientes, lagos, presas y el mar. Otra porción se retiene en el mismo sitio por medio del proceso de infiltración, y es el agua disponible para las plantas. Parte de la humedad que se infiltra se mueve hacia capas inferiores del suelo y alcanza corrientes subterráneas y manantiales (González y Ávila, 2010).

La distribución del recurso agua es el aspecto más importante para el administrador del pastizal. De hecho, algunas personas consideran que un manejador de pastizales es tan bueno, como sea su capacidad para cosechar el agua de lluvia.

La cobertura de las plantas y los residuos vegetales son importantes por su efecto en la reducción de la fuerza erosiva del impacto de la lluvia y el desgaste de la superficie del suelo. La superficie cubierta con vegetación y mantillo, reduce el escurrimiento superficial porque disminuye el impacto de las gotas de agua de la lluvia y al mismo tiempo mejora la infiltración. La vegetación también actúa como una barrera física disminuyendo el flujo del agua y aumentando la infiltración. Por lo tanto muchos de los sedimentos permanecen en el suelo en lugar de ser arrastrados por las corrientes, lo que reduce la potencial pérdida de nutrientes del sistema (González *et al.*, 2006).

Pasos para amortiguar los efectos de la sequía

Las siguientes son algunas recomendaciones que contribuyen a amortiguar la sequía en los pastizales y en la productividad de los ranchos ganaderos.

1. Carga animal moderada. Para lograrlo es necesario evaluar constantemente la cantidad de forraje presente y esforzarse por balancear el número de animales con la disponibilidad forrajera (Esqueda *et al.*, 2011). La reducción en la carga animal durante la sequía paga dividendos en términos de menor daño a las plantas forrajeras, más rápida recuperación de las plantas del pastizal después de la sequía, menos pérdidas de ganado por plantas tóxicas, reduce los costos de suplementación, inversión y riesgos (Ortega, 2011).

Como ya se mencionó es importante dejar el mayor remanente de forraje posible durante todo el año, pero en especial durante la sequía, lo que permitirá proteger el suelo de la erosión, así como aislar a las plantas del calor extremo creado por la falta de humedad (Holechek *et al.* 1999).

Los ganaderos piensan con frecuencia que a mayor número de animales mayor es su ingreso y ganancia. Sin embargo, resultados de investigación muestran que la productividad del hato ganadero y el retorno económico se maximizan al tener un pastoreo moderado. Una carga animal superior a la

capacidad de carga causa problemas de sobrepastoreo, el cual conduce a una reducción en la producción forrajera, degradación de las tierras de pastoreo y bajos índices de producción animal (Ortega y González 1992).

En el cuadro 1. Se muestra el efecto de la reducción en el número de las unidades animales en un rancho con problemas de sobrepastoreo, donde se incrementó el porcentaje de destetes de un 56% a un 75% y el peso de becerros destetados de 176 kg a 262 kg. Estos datos muestran que es posible incrementar la producción y productividad al balancear la disponibilidad de forraje con la demanda.

Cuadro 1. Efecto del ajuste de la carga animal sobre la producción en un rancho productor de carne en el sur de Tamaulipas, México.

	1989	1990	1991
Unidades animales (UA)	814	500	600
Porcentaje de destetes	56	73	75
Peso al destete (kg)	176	245	262
Número de becerros	267	223	225
Toneladas de becerros destetados	46.9	54.6	58.9

Tomado de Ortega y González (1992)

El manejo de pastizales requiere de programas a futuro haciendo ajustes constantes con base en los recursos forrajeros existentes y proyectados. Los ajustes a tiempo son necesarios para prevenir el sobre uso de las plantas en años secos, aún con cargas moderadas de ganado. Los potreros deben examinarse de manera periódica para constatar si existe cantidad suficiente de forraje para llenar los requerimientos del ganado y mantener los recursos del pastizal.

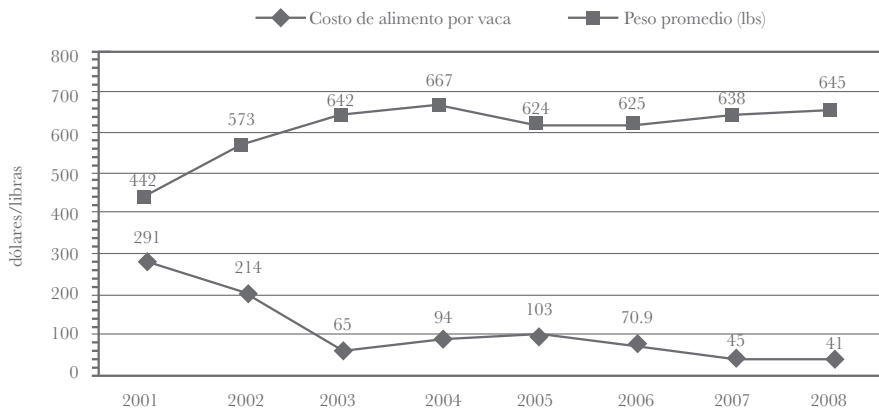
2. *Hatos flexibles de ganado.* La cantidad de animales en el hato debe ser flexible. La flexibilidad, o habilidad para reducir el número de animales, debe ser una constante en el manejo del hato. La producción de forraje cambia incluso en años que no sean secos. Un programa de reducción en la carga animal es necesario para reducir los riesgos de la sequía (Hanselka *et al.* 2001). La carga animal es el principal factor afectando los resultados

en cualquier programa de manejo del pastoreo (Kothmann *et al.*, 2009). Evaluaciones muestran que el ajuste en la carga animal de ranchos que han sido sobrepastoreados, pueden incrementar el porcentaje de gestación de los vientres, los pesos al destete de becerros y la rentabilidad de las operaciones ganaderas (González y Ortega, 1999; Lukefahr *et al.*, 2010).

En la gráfica 1 se muestra información de un rancho en el sur de Texas, en el cual se tenía una carga animal superior a la capacidad de carga, por lo que cada temporada de sequía se compraba heno para cubrir los requerimientos de biomasa del ganado, lo que elevaba considerablemente los costos de producción. Se redujo considerablemente la carga animal a partir del año 2002 (de 1.4 ha/UA/año a 2.3 ha/UA/año), haciendo ajustes cada año de acuerdo la producción forrajera, esta reducción en la carga animal permitió eliminar la compra de heno para la alimentación del ganado durante los periodos de estiaje. Como resultado se redujo considerablemente el costo de alimentación por vaca. Por otra parte, incrementaron los pesos al destete de 442 libras en el año 2001, a 642 libras en el 2003.

La renta de potreros resulta una estrategia más rentable que la compra de heno para alimentar el ganado durante la sequía (Frost, 2012).

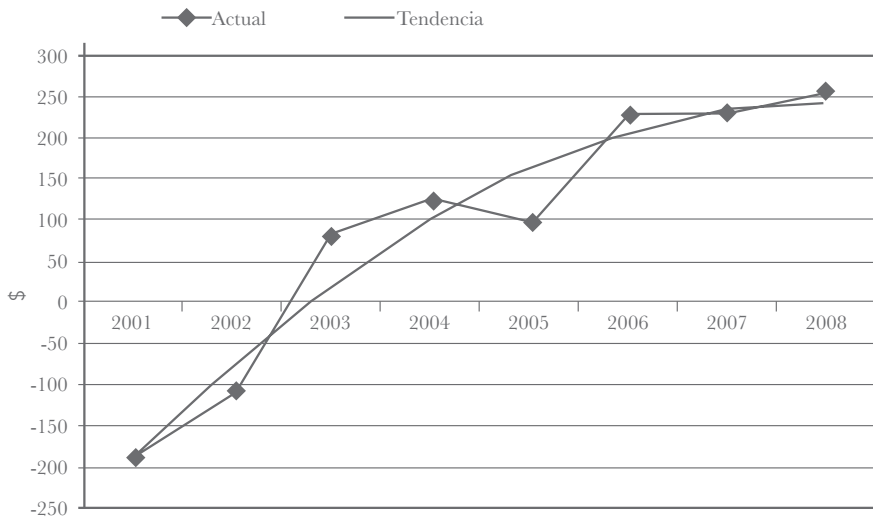
Gráfica 1.- Costo (dólares) anual de alimentación por vaca y pesos (libras) al destete ajustados a 205 días en un hato de bovinos en pastoreo en el sur de Texas.



Tomado de: Lukefahr *et al.* 2009

En cuanto a los ingresos por vientre (vaca), encontraron que al inicio del estudio en el año 2001, estaban perdiendo \$191.30 dólares anuales por vientre, para el tercer año de evaluación se tuvo un ingreso neto cercano a los \$82.04 dólares por vientre (gráfica 2). Para los años 2006 al 2008 aumentó considerablemente el ingreso por vientre, como resultado de un buen programa de manejo del pastoreo, así como al mejoramiento genético del ganado (Lukefahr *et al.* 2009). Así mismo señalan que la reducción en el número de animales permitió recuperar la condición de los potreros teniendo en consecuencia una mayor producción y mejor calidad forrajera que ayudaron para mejorar la condición corporal de las vacas, que se reflejó la ganancia de peso de los becerros.

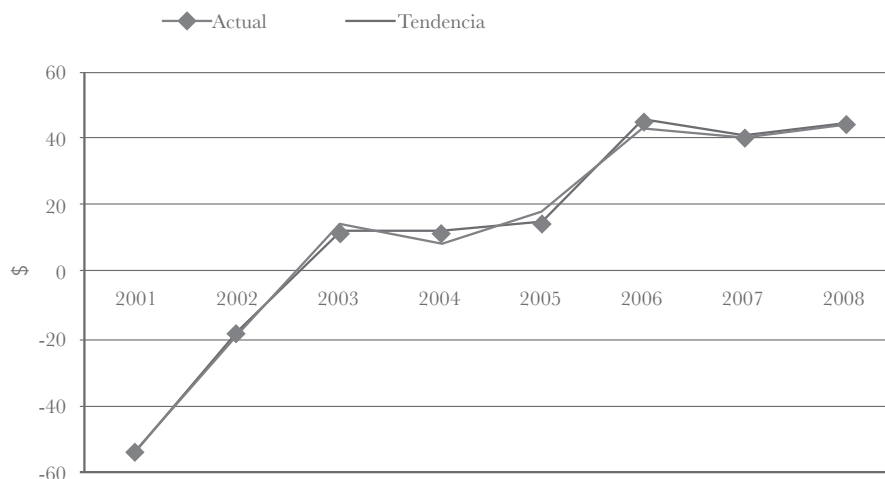
Gráfica 2. Ingresos netos por vaca en un hato de bovinos en pastoreo en el sur de Texas.



Tomado de: Lukefahr *et al.* 2009

Tendencia similar se observó con el ingreso neto por unidad de superficie, ya que en el año del 2001 tuvieron pérdidas de \$53.39 dólares por acre. Para 2003 al 2005 se observó una ganancia de \$11.62 a \$14.30 dólares por acre. Para el año 2006, una vez que los potreros se habían recuperado el ingreso neto por acre fue de \$44.78 dólares (gráfica 3).

Gráfica 3. Ingresos netos por acre en un hato de bovinos en pastoreo en el sur de Texas.



Tomado de: Lukefahr *et al.* 2009

Programas flexibles de manejo del pastoreo, con un monitoreo adecuado y oportuno permiten tomar decisiones oportunas, que finalmente determinan la rentabilidad de las empresas ganaderas (Ortega *et al.*, 2013).

En general el hato de las vacas para la cría debería estar compuesto de no más del 60% del total de la capacidad de carga del rancho, el resto pueden ser animales de año y de repasto. Cuando exista forraje adicional se puede comprar ganado para utilizar el forraje. Cuando existan condiciones de sequía y el forraje sea una limitante, se puede vender el ganado de repasto, sin afectar el grupo de vientres reproductores.

Es importante tener buenos registros productivos del hato, de tal manera que si es necesario vender vacas, se eliminen primero las menos deseables. Conforme avanza la sequía vacas menos productivas (vacas abiertas, viejas o con problemas físicos) deben venderse tan pronto como sea posible, para evitar que pierdan peso y bajen de precio. En sequías severas es recomendable conservar vacas con edad entre los cuatro y ocho años de edad, ellas han vivido al menos una sequía y sobrevivirán a la presente.

La reproducción es una función de lujo y amamantar un becerro aumenta las demandas nutricionales del ganado. En algunos casos debe destetarse a temprana edad y venderse, conservando quizá los reemplazos selectos.

Otra razón importante de reducir el número de animales es conservar suficiente forraje (combustible) para implementar programas de quemas prescritas y así reducir la densidad de plantas arbustivas indeseables, que tienden a aumentar en años secos (Taylor y Kothmann, 1993).

3. Suplementación al ganado. Suplementar al ganado para asegurar que cumpla con sus requerimientos nutricionales es esencial para prevenir reducciones en la tasa reproductiva y comportamiento en general. Debe recordarse que el forraje disponible de los potreros durante la sequía es bajo en calidad, por lo que el ganado necesita ser suplementado para cubrir sus requerimientos nutricionales (Ávila *et al.* 2009). Le tomará mucho tiempo digerir el pasto seco y fibroso y no podrán comer lo suficiente para mantener su condición corporal.

Para tener éxito en el empadre, es necesario que el ganado presente buena condición corporal antes y después del parto. Las vacas deben tener una condición mínima de 5 (en una escala del 1 al 10) donde las costillas no sean visibles (Carpenter y Hart, 2001).

La proteína es el principal nutriente requerido durante la sequía. Se necesita información para saber en qué nutrientes hay deficiencias y en qué cantidad deben suplementarse (Hamilton, 2003). Se debe tener un programa preciso de suplementación para cubrir los requerimientos del ganado al menor costo. Debe recordarse que hembras lactantes y preñadas tienen mayores requerimientos que el ganado vacío.

La vitamina A también es limitada durante el periodo seco. Esta vitamina puede ser almacenada en el hígado del ganado por un máximo de 90 días. Debe suministrarse cuando la sequía se prolongue por más tiempo.

Los animales indicarán cuando la dieta no llena sus requerimientos, porque van a invertir más tiempo en comer. Además pastorearán en una superficie más amplia, en lugar de mantener el hato más junto. El estiércol se nota duro, en lugar de desparramarse al caer al suelo, debido a la alta cantidad de fibra no digestible. Tan pronto como estos signos aparezcan, puede empezar

a notar que los animales pierden peso, reducen su capacidad para preñarse y tienen problemas para sostener una preñez temprana.

El ganado requiere mucha agua. Una vaca seca consume en promedio 50 l diarios de agua y el consumo aumenta en días cálidos y secos. Una vaca lactante requiere más agua. El agua de pozos o papalotes es mejor que la de presas. Además cuando el nivel del agua baja en las presas pueden ser trampas para becerros y animales débiles. Revise constantemente su fuente de agua y retire animales que pudieran verse en problemas. Una buena distribución de agua de calidad es una buena herramienta para distribuir el pastoreo. El ganado puede dejar de pastorear lugares alejados con buen pasto, por mantenerse cerca del agua.

4. Diversificación de actividades. Considerar otras posibles fuentes de ingresos, la diversificación implica el uso armonioso del rancho para más de un propósito. Se pueden obtener importantes ingresos por la comercialización de otros productos diferentes a la ganadería: cacería, observación de la fauna silvestre y recursos naturales, cabalgatas, leña y madera, etc.

Es importante señalar, que al igual que con el pastoreo, todos los usos que se den a los recursos naturales deben ser moderados y sustentables (suelo, cuencas, ganado, fauna silvestre, recreación). En la actualidad, la mayoría de las especies de fauna silvestre en regiones con sociedades tecnológicamente avanzadas, son consideradas de valor comercial, recreacional, biológico, estético y/o científico.

Se espera que la tendencia en el crecimiento de las actividades cinegéticas en los ranchos ganaderos aumente, debido a la demanda de cacería y de diferentes actividades al aire libre de la creciente población urbana. Debido a las condiciones tropicales y subtropicales y a la diversidad tanto de suelos como de vegetación existe un gran número de especies de importancia cinegética entre las que destacan el venado, codorniz, guajolote y palomas, entre otras.

5. Toma de decisiones oportuna. Los manejadores deben monitorear las condiciones actuales y cambios con el tiempo para determinar si hay daños al suelo, a las comunidades vegetales, agua o a los recursos

financieros. Es necesario conocer si las decisiones pasadas están produciendo los resultados esperados; para implementar prácticas que corrijan situaciones adversas antes de que se conviertan en crisis y en una carga financiera.

Las crisis son frecuentemente el resultado de un proceso gradual. Por ejemplo, la falta de forraje es el resultado de un gradual consumo del forraje disponible. Existen procedimientos para monitorear y mejorar las decisiones de manejo de los pastizales; el uso de estas técnicas puede reducir considerablemente los riesgos y permiten reducir el impacto de malas decisiones.

Comentarios finales

Las sequías ocurren en los pastizales cada cierto tiempo. Los ganaderos que planean estrategias para la sequía, que mantienen adecuadas reservas de forraje de acuerdo a la demanda del ganado, y utilizan prácticas correctas de manejo, no se verán forzado a hacer ventas de pánico de animales en un mercado de precios bajos. Estos ganaderos podrán también reducir de manera significativa los efectos adversos de largo plazo causados por las sequías en agostaderos y fuentes forrajeras.

Debe tenerse un plan escrito listo para implementarse. La clave para el éxito en el manejo de las sequías de los pastizales, recae en la habilidad del manejador para predecir y/o monitorear condiciones actuales y futuras, y hacer los cambios necesarios.

El clima es incontrolable, pero ciertos aspectos son más o menos predecibles. Un manejador que sobrevive a la sequía en la mejor posible situación financiera, con un pastizal capaz de producir un forraje abundante y de calidad, se capitaliza rápidamente en años lluviosos. El principio básico es proteger el pastizal antes y durante los años secos que permitan una recuperación más rápida con más altos retornos después de la sequía. Nunca “es muy pronto” para reducir el número de animales durante periodos de sequía. Es importante reconocer el límite de producción forrajera del rancho. Es necesario romper el círculo vicioso donde la degradación es el motor de la degradación del suelo, la pérdida de humedad, de la baja productividad de

la actividad ganadera y la pérdida de hábitat de la fauna silvestre. El círculo virtuoso representa que a mayor cobertura de zacate se tiene menos erosión, menor evaporación, mayor cosecha de agua y suelos más fértiles (Ortega, 2012) y en consecuencia mayor productividad de la ganadería.

Bibliografía

- Anderson, B. 2013. Forage and Grazing Tips: Is the Drought over?
<http://newsroom.unl.edu/announce/beef/2206/12885>.
- Ávila CJM; A. Cantú C. y E.A., González V. 2009. Crecimiento y desarrollo de becerros con suplementación en Tamaulipas. Folleto para productores MX-0-310402-06-03-14-10-14. INIFAP-CIRNE-CE Las Huastecas. Cuauhtémoc, Tam. México. 14 p.
- Carpenter, B.B. y C.R. Hart. 2001. Rangeland Drought Management for Texans: Livestock Management. AgriLife Extension. Texas A&M System. E-62. 3 p.
- Dunn, B., A. Smart, y R. Gates, 2005. Barriers to successful drought management: Why do some ranchers fail to take action? *Rangelands* 27:13-16.
- Encinias M. y S.T. Smallidge. 2009. Management of Rangelands and Cattle in Drought-Prone Areas of the Southwest. NMSU. Guide B-816. 4 p. Las Cruces, NM.
- Esqueda M.H., E. Sosa, A.H. Chávez, F. Villanueva, M.J. Lara, M.H. Royo, J.S. Sierra, A. González y S. Beltrán. 2011. Ajuste de Carga Animal en Tierras de Pastoreo, Manual para Prestadores de Servicios Profesionales Pecuarios. Memoria Técnica, SAGARPA-INIFAP, México, D.F. 35 p.
- FAO. 2008. Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en América Latina y El Caribe: Lecciones a partir de casos exitosos. FAO-Producción y Sanidad Animal. Santiago de Chile. 91 p.
- Frost, R. 2012. Rangeland Climate and Drought. Extension. Montana State University. <http://www.extension.org/pages/58222/rangeland-climate-and-drought>.
- González V., E.A. y J.M. Ávila C. 2010. Manejo de la sequía en ranchos ganaderos del noreste de México. Folleto para productores. INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas. 17 p.
- González V. E.A. y J.A. Ortega S. 1999. Sistemas de Pastoreo y Uso Adecuado del Recurso Forrajero. Primer Simposio Internacional de Ganadería Tropical Sostenible. Huejutla, Hgo. INIFAP, Texas A&M Univ., Univ. Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. P 17-24.

- González-VEA., C.W. Hanselka y J.M. Ávila-C. 2012. Alternativas para el manejo de la sequía en ranchos ganaderos el norte de México. *Conferencia Magisterial*. 3er. Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zac. México. P: 180-185.
- Hamilton, W.T. 1998. Management and Range Recovery Following Drought. *En: Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Rentable y Diversificación*. INIFAP-SAGAR, gob. del estado de Tamaulipas, UGRT, Fundación Produce Tamaulipas. N. Laredo, Tamps. p. 43-53.
- Hamilton, W.T. 2003. Drought: managing for and during the bad years. Pages 133-152 *in* C.A. Forgason, F. C. Bryant, and P. C. Genho, eds. *Ranch Management; Integrating Cattle, Wildlife, and Range*. King Ranch, Kingsville, TX.
- Hanselka, C.W. y E.A. González. 2006. Manejo de la Sequía en los Pastizales de Chihuahua. III Simposio Internacional de Pastizales. Chihuahua, Mex. p 19-30.
- Hanselka, C. W., L. D. White y J. L. Holechek. 2001. Managing residual forage for rangeland health. Texas Cooperative Extension, E-127. 2 p.
- Hart, C.R. y B.B. Carpenter. 1999 a. Planning, the Key to Surviving Current and Future Drought Situations. TAMUS-Texas Agricultural Extension Service. Drought Management Series. RLEM No 1-2/99.
- Hinojosa, R., E. Guerra y H. Garza. 1998. Estrategias de manejo de la sequía. *En: Proceedings of the Management of Grazinglands in Northern Mexico and South Texas*. Texas A&M Univ., UAT, UANL, UAAAN, INIFAP, ITESM, FIRA, Unión Ganadera de Nuevo León, Tamaulipas and Coahuila. Laredo, TX. p 135-139.
- Holecheck, J. L. 1996. Drought in New Mexico: prospects and management. *Rangelands* 18: 225-227.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper, and C. H. Herbel. 1998. Range management principles and practices. 3rd edition. Prentice Hall. 542pp.
- Holechek, J. L. M. Thomas, F. Molina y D. Galt. 1999. Stocking desert rangelands: what we've learned. *Rangelands* 21:8-12.
- Howery, L. 1999. Rangeland Management Before, During, and After Drought. Cooperative Extension. University of Arizona. AZ1136. 6p. <http://ag.arizona.edu/pubs/natresources/az1136.pdf>.

- INEGI. 2009. El VIII censo agrícola, ganadero y forestal. Aspectos metodológicos y principales resultados. Disponible: www.inegi.org.mx. Consultado 22 sep., 2010.
- Kothmann, M., R. Teague, H. Díaz-Solís y W. Grant. 2009. Viewpoint: New Approaches and Protocols for Grazing Management Research. *Rangelands*. 31(5): 31-36.
- Lukefahr SD, Ortega JA, Holth J and Schmidt R. 2009. Grazing management: A case study for sustainable beef production in South Texas. Texas A&M University-Kingsville, MSC 228. Kingsville, TX, U.S.A. 9 p
- Lukefahr, S.D., J.A. Ortega-S., J. Holth y R. Schidt. 2010. Grazing Management: Key for Sustainable Cattle Production in South Texas. *Tuli Journal*. 2010:42-49.
- Miller, R. F. y G. B. Donart. 1981. *Response of Muhlenbergia porteri* Scribn. to season of defoliation. *Journal of Range Management*. 34(2): 91-94.
- Ortega, C. 2012. El Rol de los Pastos en Períodos Recurrentes de Sequía: Retos y Oportunidades en el Manejo de Pastizales. 3er Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zac. México. p 159-64.
- Ortega, J.A. 2011. Proper Grazing Management Drought: The Difference Between Making a Profit or Losing your Herd. Reunión Conjunta de Producción Animal y Manejo de Pastizales-II Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Chihuahua, Méx.
- Ortega, J.A. y E.A. González. 1992. Estrategias de Producción de Carne de Bovino en Pastoreo. p 5-14. En: Simposio sobre Ganadería Tropical "Producción de Becerros para Engorda. SARH-INIFA-CIPEP. Hueytamalco, Pue. México.
- Ortega, J.A., S.D. Lukefahr, y F.C. Bryant. 2013. Optimum Stocking Rate, Monitoring, and Flexibility, Key Components of Successful Grazing Management Programs. *Rangelands* 35(5):22-27.
- Paulsen, H.A. y F.N. Ares. 1962. Grazing values and management of black grama and tobosa grasslands and associated shrub ranges of the southwest. U.S. Dept. of Agr. Tech. Bull. 1270.
- Shoop, M.C y E.H. McIlvain. 1971. Why some cattlemen overgraze and some don't. *Journal Range Management*. 24:252-257.

- Society for Range Management. 1989. A glossary of terms used in range management. 3d ed. Society for Range Management, Denver, CO.
- Taylor, C.A. Jr. and M.M. Kothmann. 1993. Managing stocking rates to achieve livestock production goals on the Edwards Plateau. p. 42-52. In: J.R. Cox (ed.) Managing Livestock Stocking Rates on Rangeland. Dept. of Rangeland Ecol. and Manage. Texas Agr. Ext. Serv. College Station, Tx.
- Thurrow, T.L. y C.A. Taylor. 1999. Viewpoint: The role of drought in range management. *J. Range Manage.* 52:413-419
- Trilca, M.J., M. Buwai y J.W. Menke. 1977. Effects of rest following defoliation on the recovery of several range species. *Journal Range Management.* 30:20-27.
- Villalobos, C, L. Richarte y R.E. Sosebee. 2012. Sustainable Livestock Production: Drought, Desertification and Natural Resources Management. 3er Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zac. México. p 165-171.
- World Meteorological Organization-Global Water Partnership. 2011. Integrated Drought Management Programme. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/drought/idmp/documents/IDMP_Concept_Note.pdf.



Estrategias de alimentación para borregos en el norte de México

Jaime Salinas Chavira

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,

Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)

Ramón Florencio García-Castillo

División de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Oscar Ruiz Barrera

Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua

Introducción

En el Norte de México, por su extensión el principal tipo climático es el árido seco; ocupa parte de los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. En las regiones montañosas se puede encontrar en menor extensión el clima templado. En Nuevo León y Tamaulipas se puede encontrar un clima de transición a trópico seco. En estos tipos climáticos se realiza la producción de ovinos en esta región del país.

En el norte de México la demanda de carne de borrego es reducida, ya que no existe la tradición de su consumo; se come mayormente carne de aves, cerdo y res. No obstante el bajo consumo de carne ovina, la ovinocultura en el norte de México presenta crecimiento. La producción de borrego se envía al centro del país, a los estados de Hidalgo, Estado de México, Distrito Federal, entre otros, en los cuales se demanda carne ovina y principalmente para consumo en forma de barbacoa; los cortes clasificados de cordero son una posibilidad para promover un mayor consumo de carne de ovino. El precio del borrego en México puede hacer atractivo el negocio ya que la producción nacional de carne de borrego no alcanza a satisfacer el mercado interno, lo que hace necesaria su importación de países como Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos de Norteamérica. La carne de borrego que proviene de esos países generalmente es de animales productores de lana que al final de su ciclo productivo son sacrificados, y su carne comercializada a nivel mundial.

Los sistemas de producción pueden ser extensivos, intensivos o mixtos. El sistema de cría extensivo se realiza basado en pastoreo durante todo el año en praderas nativas o introducidas, realizando solo suplementación mineral y en algunos meses críticos (estiaje) forrajes y suplementos proteicos. Los corderos que permanecen en la pradera con escasa o nula suplementación obtienen limitadas ganancias de peso y producen menor calidad de la canal, en comparación con corderos finalizados en corral (sistema intensivo) alimentados con raciones altas en concentrados y que recibieron manejo tecnificado (García, 2003). En el sistema mixto los ovinos pueden criarse, desarrollarse y finalizarse en praderas de alta calidad, en donde pueden

suplementarse para mejorar su desempeño productivo. El sistema intensivo requiere más inversión y tecnología, aunque permite mayor producción en menos tiempo. El sistema extensivo tiene menores requerimientos económicos y técnicos, pero ocupa mayor tiempo y su producción es menor. El sistema mixto es intermedio entre el intensivo y el extensivo.

Los sistemas de alimentación en corrales (confinamiento) están diseñados para rápido crecimiento de los corderos, en donde se engordan antes del sacrificio. Las raciones de iniciación son para borregos de destete, posteriormente se usan las raciones de transición (crecimiento), y por último las raciones de engorda (finalización). Los granos pueden ofrecerse enteros, molidos o quebrados, y se mezclan con fuentes de energía, proteína, minerales y vitaminas. Además se pueden agregar a la dieta algunos aditivos estimulantes de crecimiento. De los nutrientes consumidos, el animal primero satisface sus requerimientos para mantenimiento, y los nutrientes restantes los utiliza para la producción de carne (NRC, 1985). Para obtener mayor producción, es necesario que los corderos maximicen su consumo de nutrientes (García, 2003). En este capítulo se muestran alternativas de alimentación para borregos para producción de carne en el Norte de México.

Ingredientes y nutrientes en dietas para ovinos

Energía y proteína son los nutrientes que más requieren los animales y los que más comúnmente limitan la producción de ovinos. Minerales y vitaminas son también importantes, pero pueden ofrecerse en suplementos minerales y vitamínicos. En algunos casos se ofrece el suplemento mineral en la ración y las vitaminas (ADE) son aplicadas por vía parenteral.

La proteína forma del 16 al 20 % del cuerpo, y la leche contiene de 3.5 a 5 % de proteína. El animal requiere cantidades adecuadas de este nutriente tanto para el crecimiento como para la producción de leche. Una deficiencia reduce seriamente el crecimiento y/o la producción de leche. Una parte de la proteína consumida por el borrego se degrada en el rumen, y esta fracción permite un mejor desarrollo de los microorganismos del rumen para elevar la eficiencia de degradación de la fibra contenida en los

forrajes consumidos. Si no existen cantidades suficientes de proteína en la dieta (mínimo 6 %) el primer problema que presentará el animal es una disminución en consumo, lo que reduce de manera drástica su producción.

La proteína y la energía son requeridas para mantenimiento y una producción animal adecuada. Es común que el productor quiera obtener producción de un animal cuando ni siquiera le está proporcionando lo nutrientes requeridos para mantenimiento. En general, si los concentrados son consumidos abundantemente, los requerimientos se cubren con facilidad. Un error que debe evitarse es proporcionar concentrados proteicos cuando lo que más necesita el animal es energía y viceversa, es decir las raciones deben estar balanceadas en nutrientes.

Los forrajes son los recursos más económicos utilizados en la alimentación de ovinos, desafortunadamente su calidad cambia grandemente en menos de 35 días, de otoño a invierno. A medida que el pasto madura, la proteína y la energía digestible disminuyen considerablemente. La máxima cantidad de forraje con buena calidad se obtiene antes de la floración y bajo esta condición, los pastos cubrirán los requerimientos de una borrega en gestación o incluso en lactación si tiene una condición corporal adecuada. Para un mejor desarrollo de los corderos, en la pradera deben recibir un suplemento alto en proteína (25 a 40 %, dependiendo de la época del año y calidad del forraje).

Alimentación de borregas secas y en gestación

Una borrega adulta debe de ser alimentada de acuerdo a su estado fisiológico. Glimp, (1991) usa la condición corporal de las borregas como un indicador a través del ciclo productivo para planear la alimentación de la hembra. Considerando como extremos a una calificación de 1 (extremadamente flaca sin grasa dorsal) o 5 (extremadamente gorda y con grandes depósitos de grasa dorsal), se recomienda alimentar a la borrega adulta para permitir los cambios de peso vivo y condición corporal que se muestran en la Figura 1. La borrega puede ser alimentada con una dieta de mantenimiento por 4 a 5 meses, es decir una tercera parte del año. Las borregas pueden entonces llenar sus requerimientos de esta etapa con forraje suficiente de mediana calidad.

El método llamado “flushing” consiste en suplementar la borrega por 3 a 4 semanas antes del empadre y sirve para incrementar la tasa de ovulación y concepción. Su efectividad depende de la condición corporal que tenga la borrega al momento del empadre. Borregas con una condición corporal de 3 a 3.5, no responden a la suplementación. Un efecto negativo a la suplementación se presenta cuando la condición corporal es arriba de 3.5. Las borregas responden positivamente a la suplementación en condiciones corporales de 2.5. La suplementación o “flushing” no tiene que ser a base de granos o suplementos proteicos, un forraje de buena calidad puede ser eficiente para promover mejores índices reproductivos, pero es más económico que el concentrado.

Con una dieta balanceada de mantenimiento se debe alimentar a la borrega desde la concepción hasta los 100 a 120 días de gestación. Durante las últimas 5 a 6 semanas de gestación ocurren las últimas dos terceras partes del crecimiento fetal. El nivel de proteína a este tiempo es más crítico debido al alto requerimiento proteico del tejido fetal y el calostro. La energía es importante para sostener la lactación e incrementar las reservas de grasa corporal. En este período la borrega debe de aumentar de 15 a 20% su peso corporal. Si la borrega pierde peso antes de este período, su alimentación se vuelve doblemente crítica ya que no solo debe de guardar reservas sino recobrar el peso perdido. Esto es común cuando se programan los partos en marzo y el último tercio de la preñez ocurre durante el invierno donde la vegetación puede ser insuficiente para las necesidades de la borrega próxima a parir. En la práctica se recomienda dividir el hato en 2 o 3 grupos en esta etapa y alimentarlos de acuerdo a su condición corporal, o por lo menos separar las borregas en buena condición de aquellas que por su edad requieran de una atención y alimentación especial.

Las bondades de la suplementación con proteína a borregas antes del parto son evidenciadas por el aumento en la producción de calostros después del parto lo cual es trascendente para la sobrevivencia de los corderos. Un aumento de 48 g de proteína suplementaria incrementó la producción de calostro en las borregas recién paridas en un 50% (Robinson, 1988).

Alimentación de la borrega durante la lactancia

Ovejas criando gemelos producen un 30 a 50% más leche que aquellas con cría sencilla. Las crías de parto sencillo tienen generalmente un ritmo de crecimiento más rápido que las de parto doble. Por otra parte, existe gran variación en la producción diaria de leche de las borregas dependiendo de la raza. Gutiérrez *et al.* (1996) encontraron que borregas Suffolk producían 1 224 g de leche diario durante un período de 30 días post parto, producción superior ($P < 0.02$) a las de las razas Pelibuey (812 g/d) y Rambouillet (862 g/d). Borregas con parto sencillo tendieron a producir menos leche que las de parto doble (880 g vs. 1043 g/d). Después del primer mes de lactancia se reduce la producción de leche drásticamente, siendo solo de 200 a 400 g/día durante el segundo mes de lactancia, por lo que los corderos deben de ser alimentados y destetados a los 60 días. La máxima producción de leche en borregas solo puede darse cuando consumen altas cantidades de energía. Las necesidades energéticas de la borrega durante el primer mes de lactancia rara vez son cubiertas con energía dietética, por lo que el animal utilizará sus reservas de grasa para tratar de producir la máxima secreción láctea para sus crías.

Alimentación de corderos pre-destete

El peso vivo al nacer de los corderos varía de 1.5 a 6 kg. Un peso al nacer reducido (2.5 kg) incrementa los riesgos de mortalidad (Theriez, 1991). Al nacer, el cordero debe generar el calor suficiente para mantener su temperatura corporal, esto lo logra con sus reservas y luego con la energía proporcionada por el calostro. La energía de reserva es limitada por lo que si el cordero no consume rápidamente calostros moriría por falta de energía. Los calostros también son fundamentales como fuente de anticuerpos. Con 50 a 100 ml/calostro de buena calidad es suficiente para transmitir los anticuerpos necesarios al cordero recién nacido.

La alimentación de los corderos es dependiente de su edad; durante los primeros 60 días de vida el cordero debe ser alimentado a base de leche; la suplementación con un concentrado permite el rápido desarrollo del retículo-

rumen. Hodge, (1966) demostró que los corderos inician el consumo de pasto de buena calidad a los 23 a 27 días de edad, además los componentes nutricionales de dicho forraje son digeridos en una proporción muy similar a la que realizan borregos adultos. Una reducción en la leche consumida antes del destete aumenta considerablemente el consumo de forraje (Figura 2).

El cordero lactante tiene un potencial de crecimiento de 50 a 100 g/d hasta 350 a 400 g/d dependiendo de la raza, sexo y alimento. Bajo condiciones del Noreste de México con borregas Pelibuey en pastoreo se obtuvieron ganancias diarias en corderos antes del destete de 120 g (n=48), siendo la máxima ganancia de 229 g/d. Las ganancias diarias son afectadas principalmente por el número de crías tras el parto; borregas que amamantan cría sencilla promueven los mayores incrementos de peso de sus corderos, pero producen menos kilogramos de cordero por borrega que aquellas que amamantan crías dobles.

Lograr el máximo consumo de alimento de buena calidad al destete es fundamental para que el estrés del destete sea minimizado y el cordero no disminuya drásticamente su ritmo de crecimiento. Borregos Pelibuey destetados (60 días) de 10.8 kg consumen 500 g/d de concentrado. El cordero consume mejor el suplemento si los granos son de maíz o trigo los cuales deben ser molidos para su mejor aprovechamiento al igual que otros granos. El cordero no debe ser destetado antes de las 3 semanas de edad o antes que haya duplicado su peso vivo con respecto a su peso al nacer, esto siempre y cuando ya esté consumiendo de 200 a 300 g de un concentrado de buena calidad.

La alimentación pre-destete tipo Creep Feeding consiste en ofrecer alimento suplementario a los corderos durante la lactación. Esto permite que los corderos se conviertan en rumiantes más rápido y el destete sea entre 60 y 75 días de edad sin ningún problema y con mejores pesos. Además, en engorda intensiva pudieran no necesitar periodo de adaptación. Igualmente, las borregas recuperan más rápido la condición corporal y fisiología reproductiva, sobre todo si tienen partos múltiples y un programa de partos continuos. En esta práctica de alimentación se requiere de un área en

la cual los corderos pueden entrar, pero no las borregas, es decir es la corraleta tiene entrada para el cordero, pero la borrega no puede entrar. En la corraleta se coloca un comedero en el cual se pone el alimento que consumirá el cordero.

La corraleta con la entrada solo para el cordero, puede ser de cualquier material disponible, desde las más costosas de fierro y malla, hasta las más sencillas de ramas y troncos. El principio básico es que sea una área limpia, seca, ventilada y que permita la iluminación natural, además no debe haber riesgo que el cordero se lastime, es decir, sin clavos, alambres o cualquier cosa que ponga en riesgo la integridad del cordero. Las corraletas se pueden colocar en el corral de partos y lactación desde el inicio de los partos. El alimento se puede colocar en el comedero a partir de 5 a 10 días, en esta época el consumo es bajo. Es a partir de la semana 3 en que el cordero incrementa su consumo. Debe recordarse que solo es una alimentación complementaria. La ración debe ser sencilla y contener de 17 a 19 % de PC. Usualmente puede mezclarse un grano (maíz o sorgo) con una pasta oleaginosa (soya, canola, etc.) con un suplemento mineral, y en algunos casos algún aditivo (melaza o un probiótico) podría ayudar. Los granos pueden estar molidos o rolados (en seco o al vapor), en casos más tecnificados la ración puede estar en forma de pastilla comprimida, llamado pellet. Cuando los corderos están próximos al destete, las raciones pueden incluir la mitad del grano entero; también pueden incluir una proporción de forraje de buena calidad (10 a 20%). Esto con el fin de prevenir posibles problemas de acidosis.

Alimentación post destete

Una vez destetado, el cordero puede consumir dietas que incluyan grano entero. En estas condiciones se tiene un ahorro en evitar moler los granos, debido a que la masticación inicial que hacen los borregos es muy completa, no existe el riesgo de que la digestibilidad de los granos sea reducida por el paso del grano intacto a través del aparato digestivo.

Borregos en engorda intensiva a partir del destete consumen el 4.3% de su peso vivo (Gutiérrez y Tapia, 1995). Dicho consumo está influenciado por un gran número de factores como son peso vivo, sexo, raza, época del año, nivel de forraje etc. (Cuadro 1). Kawas *et al.* (1991) evaluó 3 diferentes niveles de energía

y proteína en borregos de 16.5 kg de peso vivo, sin embargo, el máximo nivel fue solo de 12.5 % de proteína cruda en la dieta por lo que las máximas ganancias solo fueron de 183 g/animal/día. En esta prueba el consumo diario de alimento se afectó seriamente solo cuando se les proporcionó dietas concentradas (3.0 Mcal ED/Kg) conteniendo 7.5 % de PC.

Alimentación de corderos en sistemas de producción intensiva

En corral, los ovinos deben consumir raciones energéticamente densas que contengan altos niveles de grano como sorgo o maíz, además de niveles apropiados de proteína para satisfacer las necesidades nutricionales requeridas para su finalización. En contraste, corderos que permanecen en la pradera con escasa o nula suplementación tardan más en llegar al peso para su sacrificio, con una menor calidad de la canal (Kawas y Houston, 1990). En la región norte de México se han estado desarrollando y perfeccionando diferentes métodos de alimentación, con el objetivo de optimizar la utilización de los diferentes ingredientes disponibles y que permitan producir carne de ovino de una manera rentable y de alta calidad.

Granos de cereales en las raciones de engorda para borregos

Diferentes tipos de procesamiento de los granos han sido usados en la engorda de ganado en corral. Los métodos de procesamiento varían en costo y efectividad. El propósito principal del procesamiento de los granos es aumentar la disponibilidad del almidón y consecuentemente de energía. Dependiendo del tipo de procesamiento, las características del alimento pueden también cambiar, afectando el desempeño de los animales.

En la engorda de corderos en corral, el método de procesamiento más comúnmente usado es la molienda. Las recomendaciones del Consejo Norteamericano de Granos Forrajeros (1994) enfatizan raciones altamente energéticas durante el período de engorda o finalización. Para este tipo de

raciones, se requieren altos niveles de grano. La USFGC recomienda no usar forraje e incluir sorgo entero para evitar problemas de acidosis. Sin embargo, aunque el cordero rumia gran parte del sorgo entero, pero pudiera haber pérdidas significativas de grano en las heces. Pérez-Reyes, (2000) con corderos engordados en corral con una ración base de 15% de PC, estudió relaciones de sorgo entero: molido de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75; 0:100. El pH ruminal más bajo (6.3) se obtuvo con la ración que contenía solamente sorgo molido, mientras que con solamente sorgo entero, el pH ruminal fue mayor (6.7). El consumo de materia seca fue similar entre tratamientos. El tiempo dedicado a rumiar fue mayor para la ración con solamente sorgo entero. La inclusión parcial de sorgo entero ayuda a reducir la incidencia de acidosis, ya que al estimular rumia causa amortiguación del pH ruminal, mientras que la adición parcial de sorgo molido permite un mezclado más homogéneo de los ingredientes en la ración. En este estudio se concluye que, al menos 25% del sorgo de la ración debe estar entero si se incluye forraje (zacate, alfalfa, rastrojos, cascarillas de soya o algodón) en la ración de finalización; pero si se excluye el forraje, entonces de 50 a 75% del grano debe estar entero.

Chávez, (2003) utilizó dietas con 70 % de sorgo en tres proporciones de molido: sorgo entero (100:0, 50:50 y 0:100). Todas las dietas fueron isoproteicas (14 % PC) e isoenergéticas conteniendo 1.9 Mcal de ENm y 1.3 Mcal de ENg/kg de materia seca, 14.5 % de FDN y 59.4 % de carbohidratos no estructurales (CNE). No observaron efecto de tratamiento en el consumo de materia seca, ganancia de peso y eficiencia alimenticia. El pH ruminal no observó diferencia entre las tres dietas ni a las diferentes horas antes o después de comer (0, 2, 4 y 8 horas). No se encontró efecto del grano de sorgo entero sobre la digestibilidad aparente de la materia seca, PC y energía digestible. Mientras que la digestibilidad aparente de la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y los carbohidratos no estructurales (CNE) fue afectada por el nivel del grano de sorgo entero integrado a la dieta (Cuadro 2). Petit, (2000) reporta que maíz molido y rolado no mostraron diferencia en GDP, consumo de MS, conversión alimenticia o rendimiento en canal. Orskov, (1979) apunta que el procesamiento de granos para ovinos y caprinos no tiene valor, y en algunas circunstancias puede tener un efecto negativo sobre la canal, en ruminitis o digestión de la celulosa.

Nivel y calidad de forraje en dietas para borregos de engorda

En su investigación, Fimbres, (2000) determinó el efecto del nivel heno picado (0, 10 20 y 30%) en la ración de finalización sobre el desempeño productivo de corderos. Reportan que el consumo de materia seca (MS) fue mayor en corderos con 30 % de heno, pero fue menor la ganancia de peso (Cuadro 3). Los pesos de la canal (kg) caliente y fría se redujeron en forma lineal con un aumento en el contenido de heno en la ración. El peso del tracto gastrointestinal lleno tendió a aumentar con un aumento en el nivel de heno en la ración. Sin embargo, no hubo un efecto de tratamiento en los pesos del tracto gastrointestinal vacío. El nivel de heno en la ración no afectó marmoleo, grado de finalización, cobertura de grasa o área del músculo *longissimus* (ojo del lomo). Ningún efecto del nivel de heno en las raciones fue obtenido en los pesos de piel, hígado, pulmones, testículos y sangre. El rendimiento de la canal para cortes de primero y segundo grado se redujeron linealmente a medida que el nivel de heno en la ración se incrementó (Cuadro 4). El tiempo de rumia varió de 2.4 horas por día en corderos a los que les ofreció la ración sin heno, hasta 6.9 horas por día en corderos consumiendo la ración con 30 % de heno. El tiempo de consumo aumentó conforme se incrementó la cantidad de heno en la ración. La digestibilidad de la MS fue de 85.5, 79.9, 67.5 y 66.6 % para 0, 10, 20 y 30 % de heno en la ración, respectivamente. La digestibilidad de la FDN fue de 59.4, 58.2, 42.5 y 35 % para 0, 10, 20, y 30 % de heno en la ración, respectivamente. La digestibilidad de los carbohidratos no-estructurales disminuyó linealmente de 94. 2% para la ración sin heno a 86.6 % para la ración con el 30 %. El incremento de heno en la ración disminuyó el nitrógeno retenido y la concentración del propionato, mientras que incrementó el pH ruminal y la concentración de acetato.

En la investigación anterior se probaron niveles de forraje de 0 a 30% en la ración. Para probar niveles de forraje de 7 a 14% en la ración, en otra investigación en ovinos de pelo engordados en corral se probaron 3 tratamientos, el T1 7% de forraje, T2 10.5% de forraje y T3 14% de forraje. Las raciones contenían 14% PC y 2.6 Mcal/kg de Energía Metabolizable (EM). El consumo

diario de alimento fue 1014, 1083, 1109 gramos (g), la ganancia diaria de peso fue 242, 285, 270 g, la conversión alimenticia fue de 4.20, 3.80, 4.11 kg/kg, para los tratamientos 1 al 3 respectivamente. No se observó diferencia entre tratamientos para ninguna de las variables estudiadas. Concluyen que en la engorda de los ovinos, el nivel de forraje de 7% hasta 14% en la ración produce similar comportamiento productivo (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2008).

Se reporta que se ha obtenido mayor crecimiento de corderos con la reducción del nivel de forraje en la dieta (Papi *et al.*, 2011). Sin embargo, se requiere pequeñas cantidades de forraje en la dieta para mejorar la eficiencia alimenticia. La principal función del forraje en estas dietas es la reducción de la acidosis por medio de incrementar la rumia y la masticación que aumenta la producción de saliva, que actúa como búfer de ácidos ruminales. Esta funcionalidad de la fibra es proporcionada por el contenido de fibra detergente neutro (FDN). Una mejor aproximación en la formulación de dietas para borregos se hace en base a FDN. En bovinos de engorda los niveles de FDN del forraje deben estar entre 6 a 9% para máxima ganancia de peso. En términos generales dietas con menos de 6% de FDN del forraje pueden reducir el consumo y la ganancia de peso (Galyean and Defoor, 2003) dietas con más de 9% de FDN del forraje pueden causar llenado ruminal con alimentos fibrosos, esto también se traduce en menor ganancia de peso (Alvarez *et al.*, 2004).

En borregos de engorda existe poca información en relación al nivel óptimo de FDN del forraje que se debe incluir en la ración. Sin embargo en una investigación de engorda de ovinos en corral se evaluó el efecto de dos niveles de fibra detergente neutro del forraje (6 y 9%) y dos tipos de forraje (soca de sorgo y heno de alfalfa) en raciones sobre el comportamiento productivo de ovinos engordados en corral. En esta investigación concluyen que, los ovinos en las dietas con 6% de FDN del forraje observaron mejor ganancia de peso y conversión alimenticia en comparación con raciones con 9% de FDN del forraje; también reportan que los borregos en la dieta con soca de sorgo registraron mejor ganancia de peso que aquellos en alfalfa (Flores Mar, 2013). En otra investigación en ovinos de pelo en engorda se probaron tres raciones; el T1 con 12% soca de sorgo (SS) y 0% heno de alfalfa (HA); el T2 con 9% SS más 3% HA; y T3 con 6% SS y 6% HA. Las raciones se formularon para

contener 12% de forraje, 14% de proteína cruda y 2.6 Mcal/Kg de EM. Para el total de la prueba (1 a 60 d) no se observó efecto de tratamiento sobre ganancia de peso o eficiencia alimenticia, sin embargo en el primer periodo de alimentación (1 a 20 d), el grupo de animales T1 observó la menor ganancia de peso vivo en relación con los animales alimentados con heno de alfalfa (T2 y T3). Se concluye que la alfalfa mejora la ganancia de peso solo en la primera etapa de la engorda de los ovinos, lo cual se puede lograr con 3% de alfalfa en la dieta (San Juan *et al.*, 2008).

Aditivos en alimentos mejoradores de producción

En alimentación de ovinos en engorda intensiva se adicionan en las dietas varios compuestos de diversa naturaleza los cuales tienen el propósito de mejorar la eficiencia en la producción. El efecto puede ser estimular el crecimiento en los animales, favorecer la ganancia de peso, la retención de nitrógeno, pueden cambiar las especies de microbios y la fermentación ruminal para un mejor aprovechamiento de la ración alimenticia. Cuando los borregos son alimentados en confinamiento en dietas con alta proporción de concentrados se añaden aditivos buffers o amortiguadores para estabilizar el pH y los microorganismos del rumen, lo cual puede incrementar consumo, ganancia de peso y la eficiencia productiva en los animales y mejorar la calidad de la carne. Otros ejemplos de aditivos son: antibióticos, ionóforos, sulfas, hormonas, buffer, los cuales producen excelentes resultados (Rubio, 2000; Utley y McCormick, 1974; Daugherty *et al.*, 1982; Ángeles y Corona, 2000). La administración de dichos compuestos se refleja en la eficiencia de producción de carne de borrego, tomando en cuenta otros factores que influyen en su desempeño como son: la raza, edad, alimentación y el manejo ante y post mortem.

Martínez *et al.* (2002) evaluó el efecto de aditivos en la dieta de ovinos de pelo en estabulación. Los tratamientos consistieron en: a) dieta base (DB), b) DB + Bovatec y c) DB + ram-tox. La ganancia de peso y el peso vivo final no presentaron efecto significativo de los aditivos, aunque los ovinos que recibieron la dieta con Bovatec (ionóforo) ganaron más peso y registraron mayor peso

final. Similarmente, Rangel y Núñez, (1992) evaluaron el efecto de adicionar monensina sódica (ionóforo) a raciones de engorda para borregos. Se usaron dos tratamientos: grupo testigo sin monensina y el grupo experimental con monensina sódica en la ración. El grupo con la monensina mostró marcado efecto positivo sobre el grupo testigo con ganancias totales de peso de 26 vs 13 kg, respectivamente. La ganancia diaria de peso fue 374 y 175 g/día para el del grupo recibiendo monensina y el grupo testigo, respectivamente. El consumo de materia seca no fue estadísticamente influenciado por el tratamiento. Igualmente, Purata, (1994) observó que ovinos mejoraron el comportamiento productivo al utilizar monensina sódica o lasalosida sódica en la ración. González y Salinas, (2003) al comparar dos ionóforos (25 ppm monensina vs 28 ppm salinomicina) en la alimentación de ovinos Pelibuey engordados en corral. Reportan que los ovinos en salinomicina ganaron más peso vivo y consumieron más alimento; la conversión alimenticia fue similar entre ambos tratamientos. Lara *et al.*, (2003) evaluaron el efecto de los dos ionóforos sobre la grasa de cobertura y el área del músculo dorsal (*Longissimus dorsi*) en ovinos. Concluyen que en comparación con monensina, la salinomicina mejoró el área del músculo dorsal y no afectó la grasa dorsal, por lo que se mejoran las características cárnicas con su uso en ovinos.

Algunas sales minerales conocidas como amortiguadores (buffers) pueden mejorar el consumo de materia seca, la ganancia de peso y la salud de los rumiantes que consumen altas cantidades de grano en corral. Uno de estos amortiguadores es el bicarbonato de sodio (NaHCO_3). Los amortiguadores son sales minerales con capacidad de mantener una concentración apropiada de iones hidrógeno en el rumen, intestinos, tejidos y fluidos corporales, y además, puede aumentar la tasa de paso de líquidos desde el rumen.

Los antibióticos se usan en el alimento del ganado de engorda en corral en Norteamérica para maximizar la eficiencia de producción. Sin embargo, el posible incremento en la resistencia de los microbios al uso continuo de antibióticos ha despertado un interés para reducir su uso; debido a esto, se proponen posibles alternativas con preparados de microorganismos llamados probióticos. El tema de probióticos en alimentación de borregos es revisado por Khalid *et al.*, (2011). Los microbiales de uso directo (DFM,

direct-fed microbials), son suplementos de microorganismos (pueden ser vivos o no). La levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) puede conferir efectos benéficos en la fermentación ruminal y en la producción animal. García (2003) en corderos alimentados con raciones altas en concentrado experimentó cuatro tratamientos: 1) ración base (RB) sin levadura (LEV) ni bicarbonato de sodio (BS); 2) RB más LEV al 0.12 %; 3) RB con BS al 5.0 %; y 4) RB con ambos aditivos. El BS mejoró el consumo de materia seca y el nitrógeno retenido en los corderos. La LEV o el BS no afectaron la digestibilidad de la MS o de los carbohidratos no estructurales, pero la digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) fue mayor para los tratamientos sin BS. El pH del contenido ruminal quedó por encima del límite mínimo de 5.6 que se considera pueda causar acidosis. Tripathi y Karim, (2010) en alimentación de ovinos probaron tres cultivos de levaduras. La suplementación con levaduras mejoró la síntesis de proteína microbial, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia en comparación con los ovinos del grupo control; *S. cerevisiae* presentó el mayor potencial como promotor de crecimiento en la producción de corderos y lo exponen como alternativa a los antibióticos e ionóforos en corderos alimentados postdetete. Malekhhahi *et al.*, (2015) en ovinos alimentados con dietas altas en concentrados reportan que las levaduras son mejores que ácidos orgánicos o malato ya que las levaduras mejoran la digestibilidad de la proteína cruda y pared celular; también mejoran la proporción de propionato en rumen y la glucosa en plasma. En algunos casos (Tripathi *et al.*, 2008; Pienaar *et al.*, 2012) no se ha observado efecto benéfico de las levaduras en la producción de borregos en engorda. En el trabajo de Hernández-García *et al.*, (2015) se muestra que la suplementación solo con levadura no mejora la producción de ovinos, pero suplementada con cromo y selenio se mejora la producción de los borregos. Mencionan que la diferente respuesta en producción de ovinos se puede deberse a factores como niveles de levaduras, proporción de forraje respecto al concentrado y a la calidad de ingredientes de la ración.

Algunos extractos de plantas como orégano, canela, ajo, clavo, además de otros compuestos como el propóleo, pueden ser activos en rumen y causar un efecto similar a los ionóforos, o en otros casos podrían tener efecto a prebióticos. Estos aditivos están en investigación y podrían ser efectivos

para mejorar la producción de borregos. Otros aditivos que se podrían usar en dietas de engorda para borregos son los obtenidos por biotecnología de fermentaciones de diversos microorganismos e incluye varias enzimas exógenas capaces de incrementar la digestibilidad de la fibra, de la proteína, del fósforo no disponible; en estas enzimas exógenas están las fibrolíticas, proteasas, fitasas, entre otras, las cuales tienen efecto sinérgico con los microbios del rumen y mejorar la digestibilidad de las dietas de engorda.

Un aditivo que es activo en tejidos del animal son los agonistas beta-adrenérgicos, modifican el metabolismo y promueven (estimulan) la formación de tejido muscular con disminución de la proporción de grasa en el ovino; esto resulta con la mejora de la ganancia de peso y eficiencia alimenticia. Actualmente estos compuestos beta adrenérgicos solo están aprobados para usarse en bovinos y cerdos de engorda. Otro aditivo que tiene actividad en los tejidos del animal son los relacionados con el cromo orgánico como el picolinato de cromo o la metionina de cromo. También en un futuro podrían tener potencial uso, pero están siendo probados en la actualidad.

Bibliografía

- Álvarez EG, Calderon JF, Montaña MF, Ware RA, Zinn RA., 2004. Influence of dietary forage level on digestive function and growth performance in cattle fed steam-flaked corn-based diets. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 3, 503-509.
- Ángeles, C. S y G. L. Corona 2000. Alimentación Animal Forrajes y Concentrados en Bovinos. UNAM. México. pp. 158,162.
- Consejo Norteamericano de Granos Forrajeros (1994). Nuevos Métodos en el Manejo de Ovinos (Manual) CNOG. 2002. Situación Pecuaria en México en Cifras. Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas. México D. F.
- Chávez, H. Sh. D. 2003. Evaluación de dietas conteniendo grano de sorgo entero sobre consumo, digestibilidad y como un medio de prevención de acidosis en ovinos. Tesis Maestría en Ciencias, Especialidad Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Saltillo, Coahuila, México.
- Daugherty, M. S., M. L. Galyean y M. Ortiz. 1982. Influence of monensin and vitamin B12 on growth, feed intake and feed efficiency of finishing lambs. *J. Anim. Sci.* 54:123-125.
- Fimbres, H. 2000. Efecto del nivel de fibra en la ración de corderos de engorda, sobre el desempeño, digestibilidad y parámetros ruminales. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León. NL., México.
- Flores, M.J. 2013. Efecto de dos niveles de fibra detergente neutro y dos tipos de forraje en raciones sobre el comportamiento en engorda de ovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.
- Galyean ML, Defoor PJ. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 81, 8-16 (E. Suppl. 2)

- García C. R. F. 2003. Efecto del bicarbonato de sodio y un cultivo de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) en raciones para corderos sobre el consumo, digestibilidad, parámetros ruminales y características de la canal. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL, Monterrey, N. L., México.
- González S. M. y Salinas Ch. J. 2003. Comparación de dos ionóforos (monensina sódica y salinomocina sódica) en la alimentación de ovinos pelibuey en engorda. XXVII Congreso Nacional de Buiatría. Villahermosa, Tabasco, México.
- Glimp H.A. 1991. Nutrition of the ewe. In: D. C. Church Ed. Livestock Feeds and Feeding, third Ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ.
- Gutiérrez, O. E y V.A. Tapia. 1995. Factores que afectan el consumo voluntario de alimentos de ovinos en crecimiento y engorda. In. Memorias Curso-Taller Internacional sobre Consumo Voluntario de Alimento. Grupo Norte Mexicano de Nutrición Animal. Saltillo Coahuila, México.
- Gutiérrez O. E., Landa G. J. y Tapia V. A. 1996. Efecto de la suplementación energética para borregas después del parto. Avances de Investigación CIAFAUANL 1995. Marín N.L. México. Pp 34-35.
- Hernández-García, P.A., A. Lara-Bueno, G. D. Mendoza-Martínez, J. R. Bárcena-Gama, F. X. Plata-Pérez, R. López-Ordaz, J. A. Martínez-García. 2015. Effects of feeding yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), organic selenium and chromium mixed on growth performance and carcass traits of hair lambs. Journal of Integrative Agriculture. 14:575–582.
- Hodge, R. W. 1966. The apparent digestibility of ewes milk and dried pasture by young lambs. Australian J. of Exp. Agric. and Anim. Husb. 6:139-144.
- Khalid, M. F., Shahzad, M. A., Sarwar, M., Rehman, A. U., Sharif, M. and Mukhtar, N. 2011. Probiotics and lamb performance: A review. African Journal of Agricultural Research. 6:5198-5203.
- Kawas, J. R. y J. E. Houston. 1990. Nutrient requirements of hair sheep in tropical and subtropical regions. In: Hair Sheep production in Tropical and Sub-tropical regions. M. Shelton and E. A. P. Figueiredo (ed). p. 37.

- Kawas et al 1991. Kawas JR, Luevano JL, de la Cruz R. 1991. Effect of varying structural and non-structural carbohydrate components in diets of Pelibuey sheep on intake, digestibility and rumination. In: Wildeus, S. (ed.). Proceedings of the hair sheep research symposium. University of the Virgin Islands, St. Croix, Virgin Islands, USA. Article p. 37.
- Kennelly, J., y Doepel, K. L. 2001 Bitácora pecuaria, órgano de difusión científica del departamento de agroindustrias volumen 3 No. 1 pp. 1,5.
- Lara, P. E. de L., Salinas, Ch. J. y Domínguez, M. M. 2003. Efecto de dos ionóforos (monensina sódica y salinomycin) sobre la grasa dorsal y área del Longissimus dorsi en ovinos Pelibuey en engorda. XXXI Reunión Anual de la AMPA. Phoenix, Arizona, EUA. Pp 169-173.
- Malekkhahi M., A. M. Tahmasbi, A. A. Naserian, M. Danesh Mesgaran, J. L. Kleen and A. A. Parand. 2015. Effects of essential oils, yeast culture and malate on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance and nutrient digestibility of Baluchi lambs fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99: 221-229.
- Martínez G. J. C., Villarreal V. E., Salinas Z. N., González R. A., 2002, Aditivos En Dietas Integrales Para Corderos De Razas De Pelo En Estabulación., II Taller Sobre Sistemas De Producción Ovina Del Noreste y Golfo de México., Cd. Victoria, Tamaulipas, México, Noviembre de 2002. p. 29.
- NRC, 1985. Nutrient Requirements of Sheep (6th Revised Ed.). National Academy Press, Washington, D.C.
- Ørskov ER, McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92, 499-503.
- Papi, N., Mostafa-Tehrani, A., Amanlou, H., Memarian, M., 2011. Effects of dietary forage-to-concentrate ratios on performance and carcass characteristics of growing fat-tailed lambs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 163: 93–98.
- Pérez-Reyes, M. 2000. Relación sorgo entero: molido en raciones para ovinos en corral, sobre las actividades de masticación, pH y concentración de ácidos grasos volátiles. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León, NL., México.

- Petit, H.V., 2000. Effect of whole and rolled corn or barley on growth and carcass quality of lambs. *Small Ruminant Res.* 37:293-297.
- Pienaar, G.H., O.B. Einkamerer, H.J. van der Merwe, A. Hugo, G.D.J. Scholtz and M.D. Fair. 2012. The effects of an active live yeast product on the growth performance of finishing lambs. *South African Journal of Animal Science*, 42 (Issue 5, Supplement 1): 464.468.
- Purata, G. F. 1994 inclusión de cerdaza al mismo nivel en dietas completas para ovinos y la adición de ionóforos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tam., México.
- Ramírez-Sánchez, R.; Salinas-Chavira, J.; Guevara-Guerrero, M. 2008 Efecto del nivel de forraje y concentrado en raciones sobre el comportamiento productivo de ovinos en engorda. *Memorias de XIV Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinos*. México. P 1-5.
- Rangel, H.M., y Núñez, O.M. 1992. Efecto de la Aplicación de Monensina Sódica en la Engorda de Borregos de la Raza Corriedale. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Chihuahua, Chih. México. Pág. 188.
- Robinson J.J. 1988. Energy and protein requirements of the ewe. In: Haresign W. y D.J. A. Cole (Eds.). *Recent Developments in Ruminant Nutrition* 2. Butterworths. London. pp 365-382.
- Rubio, L. M. 2000. Semana nacional de investigación y ciencias veterinarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tam., México.
- San Juan, M.R.; Salinas, CH. J.; Yado, P.R.; Anaya, A. D. 2008. Efecto de la calidad de forraje sobre el comportamiento productivo de ovinos en engorda. *Memorias XXXII de Congreso Nacional de Buiatria*. México. p462.
- Theriez, M. 1991. Nutrition of the ewe. In: D. C. Church Ed. *Livestock Feeds and Feeding*, Third Ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J., U. S. A.
- Tripathi, M.K. and S.A. Karim. 2010. Effect of individual and mixed live

yeast culture feeding on growth performance, nutrient utilization and microbial crude protein synthesis in lambs. *Animal Feed Science and Technology* 155:163-171.

Tripathi, M. K., S. A. Karim, O. H. Chaturvedi and D. L. Verma. 2008. Effect of different liquid cultures of live yeast strains on performance, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in lambs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 92: 631-639.

Utey, P. R. y W. C. McCormick 1974. Effects of feeding melengesterol acetate in combination with diethylstilbestrol and Zeranol implants on the feedlot performance of finishing heifers. *J. Anim. Sci.* 54: 211.

Anexos

Cuadro 1. Algunos factores que afectan el consumo voluntario.

Efecto ^a	Consumo, g	Consumo ^b , g	% PV	g/kg PV	g/kg PV ⁷²⁵
Media general	1005	883	4.34	43.4	94.9
Sexo					
Machos	1063	910	4.41	44.1	97.6
Hembras	947	855	4.27	42.7	92.2
Raza					
Pelibuey	872	915	4.81	48.1	98.8
Lana	1060	872	4.14	41.4	93.1
Cruzas	1027	893	4.28	42.8	94.7
Mes ^c					
Febrero	950	781	3.88	38.8	84.2
Abril	1116	1038	5.39	53.9	114.2
Junio	1211	949	4.30	43.0	99.7
Agosto	906	823	3.97	39.7	86.7
Octubre	962	818	4.04	40.4	87.8
Diciembre	937	855	4.32	43.2	97.8
Periodo					
0-14 d	836	894	4.82	48.2	97.1
15-28 d	963	923	4.73	47.3	99.8
29-42 d	1054	939	4.60	46.0	100.6
43-56 d	1050	843	3.88	38.8	89.2
% CV	18.8	15.2	15.8	15.8	14.8

a Todos los efectos son altamente significativos ($P < .01$).

b Datos de consumo ajustados por peso vivo (covariable).

c Promedio del mes escrito y el mes anterior.

Cuadro 2. Digestibilidad in vivo aparente de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos no estructurales (CNE) y energía digestible (ED) de dietas conteniendo sorgo entero y/o molido (Chávez, 2003).

Digestibilidad (%)	Relación de sorgo molido: entero			EE
	100:0	50:50	0:100	
Materia seca	58.02	62.01	67.32	1.03
Proteína cruda	52.30	50.61	44.35	2.39
FDN	28.58b	34.91b	48.39a	1.99
FDA	17.75c	28.61b	34.17a	0.70
CNE	76.44c	95.14a	87.57b	0.80
ED	58.98	63.00	64.25	1.32

a,b,c Medias con distinta letra difieren ($P < 0.05$)

Cuadro 3. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de corderos consumiendo varios niveles de heno en raciones de engorda.

Variable	Periodo (días)				Heno (%)					Probabilidad		
	0-30	31-60	0-60	EE	0	10	20	30	EE	Periodo	Heno	PxH ¹
CMS ²	1.23	1.26	1.24	0.038	0.96	1.20	1.38	1.43	0.044	0.855	0.001	0.508
GDP ³	268	149	209	12	250	207	203	174	14	0.001	0.003	0.763
CONV ⁴	5.0	10.1	7.5	0.775	4.9	7.1	7.6	10.3	0.895	0.001	0.005	0.990

¹PxH, Interacción periodo x heno.

²CMS Consumo de Materia Seca, kg

³GDP Ganancia Diaria de Peso

⁴CONV Conversión alimenticia (consumo/ganancia)

Cuadro 4. Rendimiento y calidad de la canal de corderos alimentados con varios niveles de heno en raciones de engorda.

	0	10	20	30	EE1	L	Q
Peso al sacrificio (kg)	39.0	36.3	36.5	31.1	0.95	0.01	0.76
Peso de canal caliente (kg)	21.5	19.6	19.2	18.5	0.80	0.02	0.49
Peso de canal frío (kg)	21.1	19.3	18.9	18.1	0.79	0.02	0.49
Rendimiento de canal caliente (%)	55.0	54.1	52.5	54.2	1.78	0.61	0.49
Rendimiento de canal frío (%)	53.9	53.0	51.5	53.1	1.74	0.61	0.48
Marmoleoa	4	4	3	5	0.67	0.47	0.12
Grado de finalización	1	1	1	2	0.21	0.11	0.35
Cobertura de grasa (mm)	0.07	0.11	0.08	0.11	0.01	0.26	0.70
Ojo del lomo (cm ²)	1.9	1.8	2.0	2.0	0.11	0.27	0.85
Grasa de RPC (%)	3.3	3.5	2.9	2.5	0.39	1.10	0.45
cCortes-primer grado (%)	54.2	53.2	52.2	51.2	0.14	0.01	1.00
dCortes-segundo grado (%)	74.2	72.2	70.2	68.2	0.28	0.01	1.00

1EE, error estándar de la media

2P, probabilidad; L, efecto lineal; Q, efecto cuadrático.

a1, Ligeramente Abundante; 2, Moderado; 3, Modesto; 4, Pequeño; 5, Ligero y 6, Trazas.

b(1) Suprema; (2) Selecta.

cCortes de primer grado, porciento de cortes esperados en cortes al detalle de la Piña, Costillas, Lomo y Pescuezo

dCortes de segundo grado, porciento esperado en cortes al detalle, con Falda y Chamberete. Empadre 3 meses Pre-parto Parto Destete Empadre

Figura 1. Cambios en el peso vivo (kg) y condición corporal de la borrega durante su ciclo de producción.

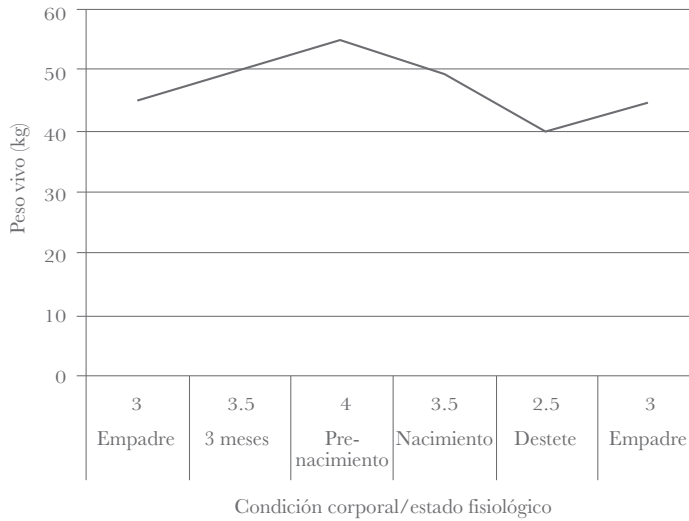
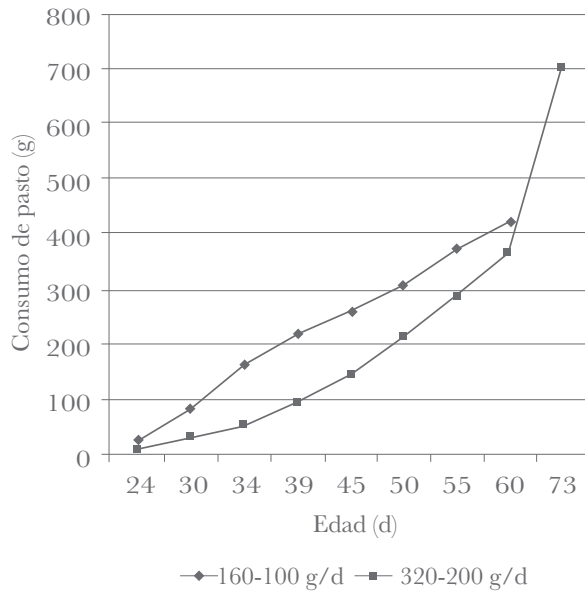


Figura 2. Efecto del nivel de leche (g materia orgánica/d) sobre consumo de pasto en cordero.





Uso estratégico de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) en dietas para borregos

Jaime Salinas Chavira
Rigoberto López Zavala
Miguel Domínguez Muñoz
Eduardo Arcadio González Valenzuela
*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)*
Efrén Ramírez Bribiesca
Colegio de Postgraduados

Introducción

El alto costo de los ingredientes hace que los nutricionistas de animales busquen alternativas para reducir el costo de producción, formulando raciones con ingredientes de menor costo por unidad de nutriente; formulando raciones de mínimo costo con rendimiento productivo adecuado. En los Estados Unidos de América (USA) los granos secos de destilería con solubles (por sus siglas en inglés se llaman DDGS) se producen en grandes cantidades por la industria del combustible llamado etanol. Los DDGS son disponibles a un precio relativamente bajo, y pueden ser una alternativa para reducir el costo de alimentación y de producción animal. Los DDGS tienen alta concentración de nutrientes como proteína, energía y fósforo, por lo que en las dietas para animales pueden sustituir parcialmente a ingredientes convencionales de mayor costo como grano de sorgo o de maíz, la harina de soya o la fuente mineral de fósforo. Cuando los DDGS se usan adecuadamente en las raciones para animales son seguros en la salud (animales y consumidores), el comportamiento productivo y el rendimiento en el producto obtenido (carne o leche) son satisfactorios.

La gran disponibilidad de DDGS en los Estados Unidos, produce exportación a otros países como México, en donde son disponibles a relativo bajo costo. Los DDGS son un ingrediente usado en la formulación de raciones para los animales y se usan cada vez más en alimentación animal. En la actualidad hay disponible una gran cantidad de información, que genera nuevos conocimientos para obtener de los DDGS el mayor beneficio en producción animal. A pesar de esto, algunas personas involucradas en producción animal podrían encontrar en DDGS una alternativa para mejorar su sistema de producción, basados en investigaciones recientes publicadas en alimentación animal con DDGS.

Existen muchas preguntas técnicas acerca de los beneficios y limitantes para el uso exitoso de DDGS. Para responder estas cuestiones se requiere conocer los factores relacionados al valor nutritivo de los DDGS como contenido de nutrientes y digestibilidad así como por algunas características físicas como color y tamaño de partícula. También se requiere conocer los

niveles de inclusión en las dietas para ovinos y bovinos entendiendo su efecto en la digestión, metabolismo, comportamiento productivo, salud de los animales y características de la canal y de la carne obtenida de animales alimentados con dietas con DDGS. Esta información sobre los DDGS se publica en diferentes revistas técnicas y científicas de todo el mundo y se actualiza día a día, ya que usuarios e investigadores de todo el mundo siguen la búsqueda de alternativas para obtener el mayor beneficio de uso de DDGS en producción animal.

Producción de etanol y DDGS

Varios granos de cereales (cebada, trigo, sorgo, triticale) se usan para la producción industrial de etanol, pero el grano de maíz es el que se usa en mayor cantidad en los Estados Unidos (USA). En este proceso, el maíz se usa como fuente de almidón el cual se hidroliza hasta glucosa, la cual se fermenta hasta etanol. Los dos procesos utilizados para producir etanol a partir de granos de cereales son el molido seco y el molido húmedo. El proceso industrial es diferente, aunque en términos generales la principal diferencia es que en el molido seco se usa directamente el grano de maíz el cual es molido y fermentado para la obtención del etanol; mientras que en el proceso húmedo, previo a fermentación, el grano de maíz es separado industrialmente en componentes como aceite, germen, gluten y almidón. Para la producción de etanol en la fermentación por proceso húmedo se usa el almidón como sustrato.

En general en el proceso seco, como primer paso se muele el grano seco y luego se mezcla con agua más una parte de la fracción líquida de la fermentación anterior (solubles), esta mezcla se somete a un proceso de cocinado que tiene como objeto extraer el almidón y convertirlo en glucosa con el uso de diferentes temperaturas y algunas enzimas para favorecer el proceso. Posteriormente se realiza el proceso de fermentación. Al producto del cocinado se le agregan levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) que convierten los azúcares en alcohol. Por destilación el producto de la fermentación se separa en etanol más el subproducto completo que contiene principalmente agua, fibra, proteína y grasa. Por centrifugación,

el subproducto completo se separa en dos fracciones: la fracción fina (líquida) que se evapora y forma los solubles condensados de destilería (en forma de jarabe), los cuales se pueden utilizar en la alimentación del ganado, aunque en muchos casos se mezclan con la otra fracción sólida (gruesa) o torta la que también se puede ofrecer al ganado. Cuando se mezclan deshidratan la fracción líquida (solubles) y la fracción sólida (torta) forman los granos secos de destilería con solubles llamados DDGS por sus siglas en inglés (figura 1).

Composición y valor nutritivo de DDGS

Los ingredientes que forman una dieta se deben seleccionar por el costo en el mercado, lo cual se relaciona con el aporte de nutrientes que se utilizan por el animal, es decir, por el costo de proteína, energía y minerales que se usan para la producción de los ovinos. Una medida de valor nutritivo en los DDGS es el contenido de nutrientes y su utilización por los animales. Ambos, contenido de nutrientes y digestibilidad en los DDGS presentan variación, y cuando se incluyen dietas influyen en la producción de los borregos. La tabla 1 muestra el contenido de nutrientes de DDGS obtenidos de diferentes granos. Las principales fuentes de variación en el contenido de nutrientes son el tipo de grano (maíz, sorgo, cebada) y el procesamiento (temperatura de secado) que se utiliza para la obtención de DDGS. En algunas plantas productoras de etanol a los DDGS adicionalmente se les extrae el aceite, lo que causa una reducción en el contenido de energía e incremento en proteína.

Ingredientes convencionales como granos de cereales (maíz o sorgo) o ingredientes proteicos como harina de soya tienen menor variación en el contenido de nutrientes que en los DDGS, por esta razón en la formulación de una dieta con DDGS se debe tener conocimiento que el rendimiento de los animales se puede afectar cuando el contenido de nutrientes de los DDGS está fuera del valor promedio. Debido a esto, el productor pecuario debe identificar al proveedor de DDGS de mejor calidad y costo, además debe verificar constantemente que los animales rinden los beneficios esperados.

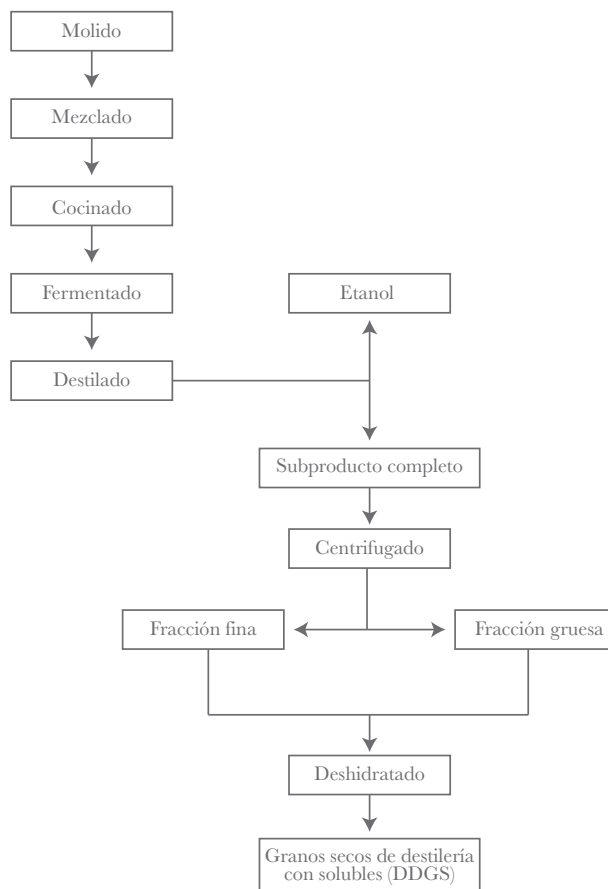


Figura 1. Diagrama simplificado en la producción de etanol y granos secos de destilería (DDGS)

Tabla 1. Composición química de DDGS obtenidos de diferente fuente.

	Maíz			Trigo		Triticale
MS	94.2 ^a	90.32 ^b	88.8 ^c	90.8 ^d	91.5 ^e	89.3 ^f
PC	26.3	30.4	32.6	33.9	43	30.7
EE	9.0	10.6	5.7	5.5	4.4	5.4
FDN	42.7	43	32.9	32.1	28	29.6

Fuente: ^aCastro-Pérez *et al.* (2013), ^bNRC (2013), ^cMcKeown *et al.* (2010b), ^dDimova *et al.* (2009), ^eMcKeown *et al.* (2010b), ^fMcKeown *et al.* (2010a).

Una reducción en producción animal podría relacionarse a reducción en valor nutritivo de los DDGS. Comúnmente los animales producen más cuando se alimentan con dietas que incluyen ingredientes buen valor nutritivo en comparación con ingredientes de menor valor nutritivo.

La calidad de un ingrediente se puede medir por métodos cualitativos (subjetivos) y cuantitativos (objetivos). En los métodos cualitativos están las características físicas de un alimento como olor, color, sabor, textura, tamaño de partícula, así como la identificación de contaminantes o impurezas. Estas medidas cualitativas tratan de relacionarse con el valor nutritivo de los DDGS. Los métodos cuantitativos (objetivos) son más exactos para medir el valor nutritivo de los DDGS e incluyen los métodos químicos (análisis de laboratorio) y pruebas biológicas. Los análisis químicos se mencionaron anteriormente; de los cuales el análisis proximal de los DDGS puede ser usado de rutina para estimar el valor nutritivo en la formulación de raciones. Las pruebas biológicas relacionan la composición química de los alimentos con su utilización por los animales, e incluyen pruebas de digestión (digestibilidad) y metabolismo, y que generalmente se hacen en centros de investigación y educativos. Los resultados obtenidos en las investigaciones se difunden en los congresos (ciencia animal) y en las publicaciones de memorias de congresos y revistas técnicas y científicas. La alta disponibilidad en los DDGS en el mercado ha generado una gran cantidad de información para mejorar el conocimiento de su utilización por los animales (valor nutritivo), que finalmente el fabricante de alimentos balanceados y el productor pecuario debe considerar en la formulación de raciones para obtener el mayor beneficio económico.

Los análisis de laboratorio son medidas objetivas para verificar el contenido de nutrientes en los DDGS. Esto permite una formulación de dietas más exacta, y predecir de forma aproximada los rendimientos en la producción de los animales. Los análisis recomendados para los DDGS son: análisis proximal (humedad, materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, ceniza y extracto libre de nitrógeno), análisis de Van Soest (fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina detergente ácido), minerales (principalmente calcio, fósforo y azufre), aminoácidos (esenciales), almidón, micotoxinas (aflatoxinas) y residuos de antibióticos.

Color como medida de valor nutritivo de DDGS

El color de los DDGS se agrupa en 5 categorías, en las cuales la categoría 1 es amarillo claro (oro brillante) y la categoría 5 es un color café oscuro, las categorías 2 a 4 son intermedias en su coloración. El color de los DDGS es una medida de apreciación (subjetiva) en la cual se trata de relacionar el color con la reacción bioquímica de Maillard, la cual se genera por calentamiento al reaccionar las proteínas con carbohidratos, y generalmente ocurren en el proceso de secado por sobrecalentamiento de los ingredientes proteicos, causando un oscurecimiento (café oscuro, tabaco) y olor a azúcar quemado (caramelo). La reacción de Maillard se relaciona con una disminución en la digestibilidad de la proteína para los animales (Klopfenstein and Britton, 1987). El oscurecimiento ocasionado por la reacción de Maillard también puede ocurrir en otros ingredientes proteicos sujetos a desecación como las harinas de sangre o de soya, indicando sobrecalentamiento y posible pérdida de valor proteico. De esta forma, el color es un indicador general de la calidad proteica de los ingredientes usados en las dietas para los animales.

Las características de los DDGS son influenciadas por la proporción de los solubles (jarabe o fracción líquida) que se agregan a la fracción grosera (sólida o pasta de granos). Noll *et al.* (2006) encontraron que a medida se incrementa el nivel de solubles, el color final de los DDGS se torna más oscuro, con incremento en la grasa, ceniza y minerales (fósforo y azufre) y con mínimo efecto en la proteína y digestibilidad. El incremento en la grasa cruda genera un incremento en la energía metabolizable. Debido a esto, el color de los DDGS no debe ser el único criterio para valorarlos, tanto en el valor comercial como para su incorporación en la formulación de dietas o valor nutritivo.

Valor nutritivo

Los DDGS contienen 31% de PC, 34% de NDF, 13% de EE, 0.26% Ca, 0.83% P y 0.4% S 2.07 ENm y 1.41 ENg, Mcal/kg MS (NRC). Los DDGS son excelente fuente de energía en dietas de finalizado para bovinos, por su alto valor de EE tiene mayor valor de energía que el grano de maíz. Su contenido

de PC es excelente, de igual forma el contenido de fósforo y azufre es elevado. Cuando los DDGS se incluyen en dietas de crecimiento y finalizado de ovinos y bovinos en niveles moderados o bajos (menor a 15%) en la dieta en sustitución del grano, y no se hace ningún ajuste, se espera una producción adecuada, y dependiendo de las características de la dieta, podría haber una mejora ligera en la producción. En estas condiciones hay un pequeño incremento en PC, energía, S y P, adicionalmente también puede acompañar un mejor medioambiente ruminal, ocasionado por el menor contenido de almidón en los DDGS (referencia) con la menor producción de ácido que baja el pH ruminal. Aunque los DDGS contienen niveles medios de fibra detergente neutro, ésta no contribuye de manera notable en la modulación de pH ruminal ya que esta fibra no es “efectiva” es decir no contribuye de forma considerable a la rumia y producción de saliva, la cual contiene las sales de bicarbonato y fosfato que actúan como amortiguador o regulador de pH en rumen. (Referencia).

Efecto de la fuente de DDGS en valor nutritivo

El grano de maíz es la fuente más común para la obtención de los DDGS en los Estados Unidos, por tanto en los DDGS de maíz se encuentra la mayor cantidad de información para su uso en alimentación animal. Sin embargo, otros granos como el sorgo, la cebada, entre otros, también son utilizados para la producción de etanol. La composición química de los distintos granos varía, por lo que también la composición de los DDGS obtenidos de diferente fuente también varía (Tabla 1).

Los DDGS obtenidos de grano de trigo tienen mayor contenido de proteína cruda, y ceniza con similar contenido de NDF y ADF, pero contienen considerablemente menos grasa que los DDGS de obtenidos de grano de maíz. Los DDGS de trigo aportan menos energía pero mayor contenido de aminoácidos como lisina, metionina y triptófano en comparación con los DDGS de maíz. Los DDGS obtenidos de grano de sorgo tienen mayor contenido de proteína cruda, y considerablemente mayor contenido de ADF y ceniza pero contienen menos grasa y lisina que los DDGS de obtenidos de grano de maíz.

Valor nutritivo de DDGS: digestión y metabolismo

El pH de rumen no se ha afectado el nivel de DDGS en dietas de finalizado en ovinos y bovinos, en dietas con, 20% (Peter *et al.*, 2000), 30% DDGS (Carrasco *et al.* 2013; Castro-Pérez, *et al.* 2013) o 40% (Ham *et al.*, 1994) y 60% (Felix *et al.* 2012). Con la inclusión de DDGS en dietas de crecimiento y finalizado se espera que tengan poco efecto en pH ruminal, ya que tienen bajo contenido de almidón y alto contenido de FDN. También se ha reportado un incremento en pH ruminal con el incremento de DDGS en la dieta (Leupp *et al.*, 2009). El alto contenido de pared celular con el bajo contenido de almidón en los DDGS no es suficiente para mantener el pH del rumen adecuadamente. Una alternativa efectiva para incrementar el pH del rumen en dietas altas en concentrado con 60% de DDGS es la inclusión de 10% de forraje (Felix and Loerch, 2011).

La proteína

En la producción de etanol las levaduras fermentan el almidón, y las proteínas con otros componentes se concentran en los DDGS. La proteína de los DDGS es principalmente zeína, que es la proteína original del grano de maíz y que es más resistente que la proteína de la harina de soya a la hidrólisis por los microorganismos del rumen (Little *et al.*, 1968). Las proteínas del alimento que resisten la degradación ruminal y pasan a la porción posterior del tubo digestivo (abomaso y duodeno) para su digestión se denominan proteínas de sobrepaso. Ingredientes proteicos con alta proteína de sobrepaso son necesarios para máxima producción de animales rumiantes en crecimiento y alta producción de leche. Los DDGS son excelente fuente de proteína en las dietas de crecimiento y finalizado para ovinos y bovinos ya tiene alta proporción de proteína de sobrepaso, la cual es de 60 a 70% comparada con el 30% de la harina de soya. La mayor parte de la proteína de sobrepaso en los DDGS se debe a las características propias del grano (zeína) más que al procesamiento que ocurre en el secado. La proteína de los DDGS no degradada en rumen es de 52% con alta variación que puede ir de 31

a 75% (NRC 2000). La inclusión de granos secos de destilería en dietas de finalizado incrementa la proporción de proteína del alimento que llega al intestino para su absorción (Carrasco *et al.*, 2013; Castro-Pérez *et al.* 2013). En información distinta, Leupp *et al.* (2009).

Observaron que la cantidad de proteína del alimento que llega al duodeno era estadísticamente similar, aunque el valor numérico fue mayor en dietas con DDGS, y al encontrar mayor digestibilidad en tracto digestivo total de proteína cruda, tiene indicación de mayor absorción de PC en el intestino delgado. En el estudio de McKeown *et al.* (2010a) se reporta mayor flujo de proteína al intestino delgado pero también hay mayor excreción en heces y orina que reduce la digestibilidad aparente de la proteína con el incremento de los DDGS en la dieta. Otras investigaciones también reportan incremento en la excreción fecal de PC (Carrasco *et al.*, 2013; Castro-Pérez *et al.* 2013), pero se debe notar que los DDGS sustituyen el grano (maíz) por lo que la cantidad de proteína cruda consumida excede el requerimiento y por tanto se incrementa su excreción.

La inclusión de DDGS en dietas de crecimiento y finalizado incrementa la mayoría de los aminoácidos consumidos, sin embargo los aminoácidos que llegan al duodeno (metabolizables) lisina y arginina no se incrementan, pero otros como metionina e histidina son incrementados con el incremento de DDGS en la dieta (Carrasco *et al.*, 2013). Archibeque *et al.* (2008) Reportan mayor flujo de nitrógeno en forma de aminoácidos en venas portal y hepática en corderos alimentados *ad libitum* con heno de pasto bromo suplementados DDGS en comparación con aquellos suplementados con maíz.

Waller *et al.*, (1980) reportan que combinaciones de urea y granos secos de destilería no afectó significativamente materia seca o la digestibilidad de las dietas. En forma práctica en las dietas de crecimiento y finalizado de bovinos y ovinos, la inclusión de DDGS en dietas en niveles que no excedan los requerimientos de proteína, se espera un incremento en la absorción de proteína (aminoácidos) en intestino, en comparación con fuentes convencionales de proteína como harina de soya.

Lípidos

Los DDGS tienen alto contenido de lípidos, 10.6% (NRC 2007), de tal forma que su inclusión en las dietas incrementaría su contenido proporcionalmente, y éste deberá ser considerado en la inclusión en la ración junto con otras fuentes de grasa como sebo de res, grasa amarilla, aceites, entre otras fuentes. Una dieta sin DDGS podrá incluir 4 a 5% de sebo o grasa amarilla en la dieta, cuando se usan niveles moderados de DDGS (20%) en la dieta el sebo o grasa amarilla se podría usar aproximadamente 2%; niveles altos de DDGS (40% o mayores) en dietas de crecimiento y finalizado podrían requerir niveles bajos de lípidos agregados adicionalmente a la dieta, proporcionalmente, un nivel de 40% de DDGS aportará 4.2% de grasa a la dieta. En dietas de finalizado para ovinos al incluir 0, 20, 30, 40, y 60% de DDGS sin grasa adicional en la dieta se reporta disminución en la digestibilidad aparente del extracto etéreo en las dietas con 40 y 60% de DDGS, con extracto etéreo de estas dietas considerando todos los ingredientes fue de 5.9 y 7.1% respectivamente (Felix *et al.*, 2012). Castro Perez *et al.* (2013) utilizaron 0, 10, 20 y 30% de DDGS en la dieta con 1.5% de sebo de res, y no reportan efecto en la digestión posruminal o total de lípidos en la dieta. Carrasco *et al.* (2013) en dietas de finalizado con 0, 10, 20 y 30% de DDGS pero con 2% de sebo de res reportan una disminución en la digestión posruminal de lípidos en las dietas con mayor contenido de DDGS, ya que se sobrepasa la capacidad de digestión intestinal de lípidos en dietas con 30% de DDGS. Estos mismos autores reportan mayor producción de acetato y disminución en propionato, con incremento en la producción de metano con el incremento en DDGS en las dietas.

Digestibilidad de materia seca

McKeown *et al.* (2010a) se sustituyó el grano de la cebada por granos secos de destilería de triticale (TDDGS) en 0, 20, 40 y 60% de materia seca (MS) de dieta. En el estudio de digestibilidad, el consumo de MS aumentó linealmente con el aumento de TDDGS en la dieta, considerando que la digestibilidad de la MS, proteína cruda y grasa respondió cuadráticamente. La digestibilidad

de almidón disminuyó linealmente (y la digestibilidad de ADF aumentó, pero no había ningún efecto del tratamiento en la digestibilidad de la FDN. La excreción de nitrógeno total, fósforo total y la de fósforo soluble con el aumento de TDDGS.

Comportamiento productivo de ovinos crecimiento y finalizado en dietas con DDGS

Los DDGS tienen buena aceptabilidad (palatabilidad) en consumo de los ovinos en engorda, lo cual es demostrado por Charles *et al.* (2012) en dietas con 62% de grano de cebada que se reemplazó por granos secos de destilería con solubles obtenidos de trigo (DDGST) en 0, 20, y 40% de la dieta. Al determinar el grado de preferencia de la dieta se encontró mayor consumo de MS en las dietas con DDGST en comparación con la dieta control. Como posibles explicaciones mencionan la novedad al sabor y su palatabilidad así como su mayor contenido de proteína cruda de los DDGST en comparación con las dietas basadas en cebada. Similarmente, (Sewell *et al.*, 2009) reportan que residuos de cosechas (pajas de trigo, maíz y trigo) en combinación con DDGS mejoran consumo de nutrientes y digestibilidad.

En la investigación conducida por Schauer *et al.* (2008) en ovinos alimentados con DDGS en 0, 20, 40 y 60% de la dieta (base MS). Se incluyó tiamina (142 mg/cabeza/d, base MS) en todas las raciones. El peso final, la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia, mortalidad y características de la canal no se afectaron por el nivel de DDGS en la dieta. El consumo de alimento aumentó linealmente con nivel de inclusión de DDGS. Sus resultados sugieren que es posible usar altos niveles de DDGS (40 y 60%) en la dieta con comportamiento en engorda aceptable del cordero, sin efectos negativos sobre características de la canal. De acuerdo con esta investigación, McKeown *et al.* (2010a) en una dieta de engorda se sustituyó el grano de la cebada por granos secos de destilería obtenidos de triticale (TDDGS) en 0, 20, 40 y 60% de materia seca (MS). Los corderos se alimentaron hasta que alcanzaron el peso del sacrificio. Concluyen que los TDDGS pueden ser alimentados en lugar de grano de la cebada en niveles de hasta un 60% en las dietas sin efectos adversos sobre

el crecimiento o características de la canal, pero esta práctica conducirá a un aumento en la excreción de N y P en el medio ambiente. En base a los resultados de este estudio se recomienda no usar más de 20% TDDGS en dietas de corderos en finalizado para evitar la disposición ambiental de N y P.

En el estudio realizado por McKeown *et al.* (2010b) se usaron 20% DDGS de diferente fuente (maíz, trigo o triticale). Reportaron que no influyó la fuente de DDGS en consumo de materia seca (CMS) o ganancia diaria promedio (GDP). Pero la conversión alimenticia de corderos alimentados con DDGS obtenidos de trigo fue aproximadamente 12% más pobres que en los corderos alimentados con dietas control o con DDGS de maíz. La ineficiente ganancia pudo haber sido atribuible a una mayor concentración de amoníaco y menor digestibilidad de DDGS de trigo. Las características de la canal no se afectaron por el tratamiento dietético.

Van Emon *et al.* (2012) alimentaron corderos con dietas isocalóricas que contenían 25% DDGS, 50% DDGS, 25% DDGS + proteína de gluten de maíz, 25% DDGS + aceite vegetal y 25% DDGS + proteína de gluten de maíz + aceite vegetal. Encontraron que el PV final, días en alimentación y conversión alimenticia no difirieron como resultado del tratamiento dietético, pero la suplementación con proteína de gluten de maíz disminuyó el consumo de MS y el promedio de ganancia diaria. El tratamiento no influyó en las características de la canal. Sus datos muestran que 25% de DDGS en dietas son suficientes para cubrir los requisitos nutricionales de los ovinos y no se requiere suplementar con fuentes adicionales de proteína o lípidos en la dieta; la producción de ovinos en engorda tampoco se mejora con 50% de DDGS en la dieta, aunque la producción es similar entre dietas con 25 y 50% de DDGS; por lo que, niveles de hasta un 50% de DDGS no afectan negativamente al rendimiento productivo, calidad de la canal de los ovinos.

Ríos (2013) utilizó dos niveles DDGS (0 y 20%) y dos fuentes de grasa (sebo de res y grasa de sobrepaso). Las raciones se formularon para similar contenido de energía (2.7 Mcal/kg de EM) y proteína cruda (14% PC). Se concluye que los DDGS (20%) se pueden utilizar con sebo de res o grasa de sobrepaso en la alimentación de los borregos ya que no hay efecto en el comportamiento en engorda por el tipo de grasa. En las dietas con 0% y 20% de DDGS incluyeron

14 y 3.7% de harina de soya, además de reducir este ingrediente, también se redujo el grano de sorgo en la dieta.

Van Emon *et al.* 2013 (DDGS) usaron 0, 15 y 30% DDGS en sustitución de maíz. Los carneros fueron alimentados hasta el peso de mercado. El PV inicial y final, días de alimentación, características de la canal, no fueron diferentes debido al tratamiento dietético. Aunque la eficiencia alimenticia empeoró con el aumento de DDGS en la ración. Pero no se afectó los días de alimentación, por lo que los DDGS no afectaron el comportamiento productivo o las características de la canal de los ovinos. En este estudio no se usa fuente de forraje en las dietas, un posible efecto benéfico de los DDGS por su bajo contenido de almidón contribuir a pH ruminal más adecuado, aunque los autores no lo reportan. La dieta con 30% de DDGS reporta un contenido de proteína cruda de 19.4% en base seca, lo que excede el requerimiento de los ovinos (NRC, 2007). Por su parte Huls *et al.* (2006), en una dieta de finalizado para corderos alta en grano más cáscara de soya (CS) como la única fuente de fibra dietética. Se probaron 2 tratamientos: 1) 10% CS, 75.2% maíz, 0% DDGS, y 2) 10% CS, 62.2% maíz, 22.9% DDGS. Las dietas fueron formuladas a similar PC (14,6%), energía metabolizable (3.4 Mcal/kg), y con relación calcio:fósforo de 2:1. Las dietas fueron peletizadas. La prueba duró 64-d. El promedio de ganancia diaria, consumo de MS, eficiencia alimenticia, y las características de la canal no difirieron entre tratamientos. Los ovinos que recibieron los DDGS presentaron mayor grosor de grasa dorsal. Los granos secos de destilería con solubles son un sustituto adecuado de harina de soya y de una porción del maíz en una dieta de acabado donde la cáscara de soya es la única fuente de fibra. En este estudio no se puede diferenciar si la cáscara de soya tiene efecto positivo en las dietas con DDGS ya que no hay una dieta sin cáscara de soya. Se requiere investigación y apreciar si las dietas con DDGS requieren fuente de fibra en dietas altas en concentrado. Whitney and Lupton (2010) en dietas con 40% granos secos de destilería (DDG) y como fuente de fibra usaron diferentes niveles de cáscara de semilla de algodón (CSA): 10, 20 o 30% en sustitución de grano de sorgo molido. Observaron que el incremento de CSA en la dieta aumentó linealmente GDP, DMI, que se tradujo en un aumento lineal en la ingesta de proteína degradable. Todos los corderos

tuvieron similar eficiencia alimenticia. La sustitución del grano de sorgo por CSA redujo la energía de la dieta, a pesar de ello se aumentó el consumo y la ganancia de peso con la inclusión de la cáscara de semilla de algodón. Este efecto benéfico podría relacionarse con el mayor contenido de fibra en la cáscara de semilla de algodón que mejoró el ambiente ruminal reduciendo posible acidosis subclínica de los corderos, el mayor contenido de fibra pudo estimular la rumia, salivación y mejor pH en rumen para un mayor consumo de alimento y ganancia de peso.

En otra investigación, Gutiérrez *et al.* (2009) alimentaron corderos con 3 niveles dietéticos de DDGS (0, 15 o 30%, BS). El consumo de alimento fue similar entre los niveles de DDGS, pero se redujo la ganancia de peso corporal cuando los corderos fueron alimentados con la dieta 30% de DDGS (0,221 kg/d) en comparación con la alimentación de las dietas DDGS 0 y 15% (0,284 y 0,285 kg/d, respectivamente), lo que sugiere que un nivel menor de DDGS en alimentación de corderos en relación a lo reportado por Felix *et al.* (2012) quienes usaron DDGS en 0%, 20% 40% y 60% DDGS en sustitución principalmente maíz en las dietas. Reportan que los corderos alimentados con la dieta con 20% DDGS tuvieron la mayor ganancia de peso. El aumento de DDGS dietético no afectó consumo (CMS) y resultó en forma lineal en disminución de la eficiencia alimenticia.

Curzanyz (2013) en corderos alimentados en dietas con 0, 20, y 40% BS de DDGS, en dietas formuladas a similar contenido de energía y proteína, y los DDGS reemplazaron la harina de soya, el gluten de maíz y grasa de sobrepaso, de tal forma que la dieta con 40% de DDGS no los contenía. Encontraron similar comportamiento productivo en la engorda de ovinos, por lo cual se concluye que DDGS los pueden sustituir harina de soya, gluten de maíz y grasa de sobrepaso sin afectar la producción de los ovinos en engorda.

Raymundo (2013) en alimentación de ovinos en dietas con 0, 10, 20 y 30% MS de DDGS concluyen que los DDGS pueden sustituir a maíz hojueado al vapor sin afectar el comportamiento productivo de los ovinos en engorda. En las dietas se incrementó el contenido de proteína cruda de 10.7 hasta 15.3 en las dietas con 0 y 30% de DDGS, respectivamente. La grasa se adicionó en 4.5% en todas las dietas, por su mayor contenido de grasa en los DDGS, la dieta

con 30% contenía mayor contenido de grasa total. En este estudio, la diferencia en proteína y grasa total de las dietas no se afectó la producción de los ovinos en engorda.

McEachern *et al.* (2009) los DDG reemplazaron la harinolina en 0%, 6.6%, 13.2 % o 20% DDG. Se observó una disminución cuadráticamente en GDP y eficiencia alimenticia, pero el consumo de alimento no se afectó por el nivel de DDG. Los corderos alimentados con la dieta 20% DDG tuvieron similar producción que los alimentaos con dieta 0% DDG, por lo que los DDG pueden reemplazar toda la harinolina en dietas de finalizado de ovinos sin afectar el crecimiento o la eficiencia de ganancia, y potencialmente puede reducir el costo de alimento por de aumento de peso vivo. En esta investigación la inclusión de DDG también incluyó urea en 0, 0.60, 1.20 y 1.82% en las dietas con 0%, 6.6%, 13.2% y 20% de DDG, respectivamente, También se debe considerar suplementar con una fuente de proteína de fácil degradación ruminal, en este caso con urea, para compensar en menor contenido de proteína en DDG en comparación con harinolina, de tal forma que el contenido de proteína cruda de las dietas sea similar.

Leupp *et al.* (2009a) en novillos de carne en crecimiento o acabado no encontraron efecto de la sustitución de DDGS por maíz rolado seco en el desempeño productivo de novillos, incluyendo GDP y conversión alimenticia o características de la canal. McKinnon and Walker (2008) con 25 y 50% de DDGS de trigo en sustitución de grano de cebada en raciones de engorda, encontraron mejor ganancia de peso, sin efecto en consumo de materia seca en novillos de engorda. Beliveau and McKinnon (2008) en estudios similares reportan que los DDGS de trigo reemplazan efectivamente el grano de cebada en dietas de finalizado del ganado, aportando tanto proteína como energía. El valor energético de estos DDGS es similar al del grano de cebada a niveles superiores a 23%.

Neville *et al.* (2010). En dietas de acabado de cordero con 60% DDGS con alto nivel de azufre, probaron tiamina suplementaria en la dieta en diferentes niveles. Este estudio muestra como la suplementación con tiamina no tiene efecto en la producción de los corderos en engorda cuando reciben dietas con altos niveles de DDGS que ocasionan alto nivel de S en la dieta.

Los resultados de Archibeque *et al.* (2008) indican que los DDGS son un complemento viable para mejorar la nutrición de rumiantes consumiendo forrajes de calidad moderada. Felix *et al.* 2012b estudiaron la suplementación de corderos de pastoreo con DDGS o cáscaras de soya en comportamiento de crecimiento, en cuatro experimentos. En el pastoreo de los corderos, en dos experimentos se probó el control (sin suplemento) contra la suplementación con DDGS, mientras que en el experimento 3 además de estos tratamientos se utilizó un tratamiento con cáscaras de soya, y en cuarto experimento se consideró un tratamiento con cáscara de soya más fósforo. En promedio los ovinos del control ganaron 112 g/d, mientras que los suplementados con DDGS 232 g/d, con cáscara de soya 188 g/d y con cáscara de soya más fósforo 206 g/d. La suplementación de corderos en pastoreo suplementados con DDGS en este estudio permitió aumentar el crecimiento.

Efecto de DDGS en dietas sobre las características de la canal

En la investigación conducida por Schauer *et al.* (2008) en dietas para ovinos los DDGS en 0, 20, 40 y 60% base MS en sustitución de soya y cebada. Encontraron que altos niveles de DDGS (40 y 60%) en la dieta producen aceptable comportamiento en engorda del cordero, sin efectos negativos sobre características de la canal. Van Emon *et al.* (2012) en corderos asignados a dietas con 25 y 50% de DDGS, con suplementación adicional de proteína o aceite vegetal. Encontraron que la suplementación con proteínas a dietas con DDGS disminuyó el consumo de MS y el promedio de ganancia diaria de peso. Pero el tratamiento no influyó en las características de la canal de los corderos como: peso canal caliente, grosor de grasa en la 12^a costilla, área LD, espesor de la pared del cuerpo, grado de rendimiento, puntuación de pierna, por ciento de carne deshuesada, cortes menores, y extracto de éter de LD. Por lo tanto, estos datos indican que pueden incluirse DDGS en dietas para cordero en feedlot en niveles de hasta un 50% de DM sin afectar negativamente al rendimiento productivo o calidad de la canal. Van Emon *et al.* 2013 en carneros asignados a uno de tres tratamientos dietéticos): 1) 0DDGS, 2) 15% DDGS y 3) 30% DDGS.

ADG DMI aumentaron linealmente como DDGS aumenta en la ración. El nivel de DDGS no influyó sobre el PV final, o características de la canal: peso de la canal caliente, rendimiento en canal, área del LD, grasa dorsal, grosor de pared del cuerpo, conformación, flancos y grado de rendimiento. Neville *et al.* (2010) En corderos alimentados con una dieta de acabado que contiene 60% DDGS base MS de con una concentración de S de 0,73% (base de DM). Los tratamientos fueron con diferentes niveles de tiamina. La GDP y el consumo de MS fue menor en corderos alimentados con altos niveles de tiamina, pero las características de la canal no se afectaron con el tratamiento, peso de la canal caliente, conformación, grasa dorsal, área del LD, rendimiento. En el estudio 2 no se afectó la producción de los ovinos en engorda o la mayoría de las características de la canal, solo se observó mayor valor en los flancos de los corderos en HI +S, aunque no se conoce la razón de este efecto.

Huls *et al.* (2006) en una dieta de finalizado alta en grano con cáscara de soja (CS) única fuente de fibra incluyeron DDGS en 2 tratamientos con 0 y 22.9% de DDGS en corderos en finalizado. El nivel de DDGS no influyó sobre el promedio de ganancia diaria, consumo de MS, eficiencia alimenticia, o características de la canal como peso de canal caliente, rendimiento en canal y área del musculo Longissimus, aunque los ovinos alimentados con la ración con DDGS observaron mayor grosor de grasa dorsal.

Resultados diferentes se reportan en el estudio conducido por Felix *et al.* (2012) incluyeron 0, 20, 40 o 60% de DDGS en sustitución de maíz en la dieta de corderos en finalizado. La grasa dorsal, el marmoleo y el grado de rendimiento de la canal no fueron afectados por los DDGS dietéticos, aunque ovinos en 40 y 60% de DDGS menor producción en la engorda. Los corderos en la ración con 20% de DDGS tuvieron los valores más altos en peso de canal caliente y grasa renal-pélvica. El valor de extracto etéreo en el musculo dorsal disminuyó linealmente con el aumento de DDGS en la dieta. El color de la grasa medido con colorímetro reportó cambios en el color por efecto de alimentación con DDGS, pero los cambios no se detectan por el consumidor común sin entrenamiento. Leupp *et al.* (2009a) En novillos en crecimiento y finalizado probaron dos niveles de DDGS (0 y 30% BS) en sustitución de maíz rolado seco en las dietas. No se observó efecto de la sustitución de DDGS por

maíz en las características productivas en la engorda como el consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión o PV final. Alimentación de 30% DDGS no afectó el rendimiento ni las características de la canal como Área LD, espesor de grasa en 12-costilla sobre LD, grasa de riñón, pélvica y cardíaca, en el grado de rendimiento o marmoleo. En los filetes no se afectó la resistencia al corte, pérdida al cocinado o las características sensoriales del panel como jugosidad, sabor o suavidad (tenderness); sin embargo las características de color medidas con instrumental (colorímetro) pueden ser afectadas con la inclusión de DDGS en la dieta. Aunque las características relacionadas al color no son apreciadas por el consumidor entrenado en pruebas panel, pero podrían tener relación con la presentación de venta, ya que al reducir el color los filetes podrían oxidarse más rápido y cambiar la preferencia del consumidor al comprar.

Curzanyz (2013) en corderos alimentados en dietas con 0, 20, y 40% BS de DDGS, no encontraron efecto en las características de la canal como peso, rendimiento, área del ojo de la chuleta, grasa dorsal o pH. Las características de la carne como contenido de proteína, grasa, humedad, resistencia al corte, capacidad de retención de agua o color medido con colorímetro.

Whitney and Braden (2010) en corderos alimentados en dietas con DDG a 0%, 6.6%, 13.2% o 25%. Los DDG reemplazaron cáscara de soya (CS). Las características de la canal no fueron afectadas por la dieta. En la carne, el aumento de DDG aumentó la grasa extraída del LD. Los isómeros trans-9, 10 y 11 del ácido 18:1 cis-vaccénico aumentaron en LD, y los ácidos linoléico (18:2 cis-9, cis-12) y araquidónico (20:4) disminuyeron linealmente como DDG aumentó en la dieta. Los isómeros cis-9, trans-11 de CLA cuadráticamente aumentaron en el LD con el aumento de DDG en la dieta. El aumento de DDG en las dietas cuadráticamente afectó pérdida de cocinado, la jugosidad inicial y sostenida, la ternura sostenida e intensidad de sabor. La carne de corderos alimentados 25DDG tuvo menos pérdida de cocinado y una mayor jugosidad inicial y sostenida que la carne de corderos alimentados con dieta 0DDG. Los resultados indicaron que parcialmente o totalmente sustituyendo DDG por CS en dietas de acabado de cordero es aceptable y puede realzar los rasgos sensoriales.

De acuerdo con esta investigación, McKeown *et al.* (2010a) en una dieta se sustituyó la cebada por granos secos de destilería de triticales (TDDGS) en 0, 20, 40 y 60% de materia seca (MS). Concluyen que los TDDGS pueden ser alimentados en lugar de grano de la cebada en niveles de hasta un 60% en las dietas para los corderos sin efectos adversos sobre el crecimiento o características de la canal. En forma consistente. McKeown *et al.* (2010b) utilizaron 20% DDGS de diferente fuente (maíz, trigo o triticales) en sustitución de cebada y canola en dietas para corderos basadas en cebada. La ganancia de peso y el consumo de alimento fueron similares entre tratamientos, pero la conversión alimenticia fue 12% peor en la dieta con granos secos de destilería de trigo. Las características de la canal, incluyendo el peso de la canal caliente, de espesor de pared de cuerpo y rendimiento de carne vendible, no afectaron por tratamiento dietético. Total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en la grasa subcutánea tampoco no fueron afectados por fuente DDGS. No hubo efecto de tratamiento en concentraciones de $n-6:n-3$, pero alimentación DDGS de triticales incrementó la concentración de ácido linoleico conjugado $c9, n11$ (CLA). La inclusión de DDGS de triticales también puede mejorar el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea.

Whitney and Lupton (2010). En corderos alimentados a libre acceso con dietas peletizadas durante 98 d con 40% de granos secos de destilería se utilizó cáscara de semilla de algodón como fuente de fibra en niveles de 10%, 20% y 30% en sustitución de grano de sorgo. La ganancia diaria de peso y el consumo de MS aumentaron con el incremento de cáscara de semilla de algodón, que se tradujo en un aumento lineal en la ingesta de proteína degradable. La eficiencia alimenticia no se afectó por el tratamiento. Características de la canal y rasgos del panel sensorial no fueron afectados por dieta, excepto por el espesor de la pared del cuerpo y una disminución lineal de ternura con el aumento en porcentaje de cáscara de semilla de algodón en la dieta. Como cáscaras de semilla de algodón aumentaron en la dieta, los porcentajes de ácido mirístico, palmitoleico y araquidónico disminuyeron, pero aumentaron y aumentaron los CLA *cis-9, trans-11*.

Aspectos parasitarios y reproductivos asociados con DDGS alimentados en ovinos

Un efecto benéfico en la reducción en parásitos obtenido con la suplementación con DDGS en ovinos es reportado por Felix *et al.* (2012b) quienes suplementaron ovinos en pastoreo con DDGS o con cáscaras de soya (CS) en cuatro experimentos en años consecutivos. El pastoreo de corderos fue asignado a uno de tres tratamientos de suplementación: 1) control, ningún suplemento (CONT), 2) DDGS, o 3) CS (experimentos 3 y 4). Los resultados revelaron una reducción en el tratamiento antihelmíntico requerida cuando se complementaron los DDGS (81.2 vs 30.1 % en CONT y DDGS, respectivamente). La suplementación de DDGS redujo el índice FAMACHA. Concluyen en su estudio que la suplementación de corderos en pastoreo con DDGS aumenta el crecimiento de los ovinos, reduce el tratamiento antihelmíntico y reduce el riesgo de anemia debido a parásitos internos. Los autores no conocen el mecanismo exacto de acción por el cual los ovinos que recibieron los DDGS redujeron su índice parasitario, pero explican que posiblemente los corderos mejoraron su estado nutricional y por tanto su resistencia a los parásitos. También mencionan que el alto nivel de fosforo en los DDGS podría relacionarse con la reducción en carga parasitaria. Se requiere información para esclarecer este mecanismo de acción de los DDGS en ovinos.

La suplementación con DDGS podría no afectar las características productivas o reproductivas de ovejas en lactación. Dimova *et al.* (2009) probó un sistema sencillo y barato de alimentación de ovejas con forrajes suplementados con DDGS, así como con harina de girasol como fuente de proteína y granos enteros (cebada, trigo y maíz) como fuente de energía, en comparación con la dieta tradicional de forraje más alimento balanceado. Usaron ovejas lecheras en dos grupos iguales en edad, peso y condición corporal (BCS), rendimiento de leche y fertilidad. El primer grupo de corderas se alimentó por 195 días con forraje más alimento balanceado. El segundo grupo recibió el mismo forraje más DDGS y granos enteros de cebada, trigo y maíz. Las dos dietas fueron aproximadamente iguales en energía y proteína cruda. Ambos grupo pastaban juntos durante los meses de mayo y junio y se dividieron para alimentación

adicional según el esquema experimental. No encontraron diferencias significativas fue en la producción de leche promedio (81 vs 82 kg / oveja, respectivamente para el primer y segundo grupo), composición de la leche, producción de lana, la fertilidad de las ovejas paridas (1,42 vs 1.45) y fertilidad del rebaño (1.11 vs 1.10), ganancia de corderos hasta el destete y características de la leche. En conclusión, DDGS más grano entero reemplazan con éxito los alimentos balanceados con harina de girasol en la dieta de ovejas lecheras.

La suplementación con DDGS podría tener efecto negativo en las características reproductivas de ovinos machos. Van Emon *et al.* (2013) determinaron los efectos de DDGS en comportamiento productivo de corderos en engorda, características de canal y reproductivas. Los carneros se asignaron tres tratamientos dietéticos 1) 0DDGS: 85% maíz y 15% alimento comercial para cordero en pastilla, 2) 15DDGS: 15% DDGS sustituidos por maíz (base de MS) y 3) 30DDGS: 30% DDGS sustituido para el maíz (base de MS). La prueba fue por 116 d. La circunferencia escrotal se midió en todos los carneros en d, 84, 96 y 116. Se recolectaron muestras de semen y sangre en un subconjunto de los 48 carneros para evaluar la calidad del semen. Se recolectaron muestras de sangre cada 14 días durante todo el estudio. Se colectaron muestras de semen en d 84, 98 y 112. Los carneros fueron alimentados hasta alcanzar el peso de mercado. El peso vivo inicial y final, el cambio en la circunferencia escrotal, días de alimentación, características de la canal, las concentraciones séricas de testosterona y calificación de la motilidad de los espermatozoides no fueron diferentes ($P \geq 0.23$) debido al tratamiento dietético. Sin embargo, el consumo de materia seca aumentó linealmente ($P < 0.001$) como DDGS aumenta en la ración, lo que resultó en un aumento lineal ($P = 0,02$) en la ganancia diaria de peso. La concentración de espermatozoides disminuyó linealmente ($P = 0.05$) como la concentración de DDGS aumentó en la ración. Concluyen que el aumento de DDGS en la dieta no produjo impacto negativo en comportamiento en engorda o las características de la canal; sin embargo, la producción de espermatozoides pudo haber sido negativamente afectada. Aunque los autores no tienen la explicación de sus resultados en la calidad del semen, mencionan dos posibles causas. Primero el alto nivel de energía y proteína en los DDGS pudo afectar

negativamente las características del semen; en segundo lugar el alto contenido de azufre en los DDGS pudo influir en el desbalance de otros minerales como el cobre, zinc y el selenio que también pudieron afectar las características del semen de los corderos que recibieron el nivel más alto de DDGS en su dieta. Se requiere investigación sobre el impacto de DDGS en desarrollo de los corderos como posibles sementales.

Aspectos relacionados con minerales, Ca, P y Cu

Los DDGS tienen bajo aporte de calcio, mientras que el fósforo y el azufre es alto. Este aspecto debería considerarse en la alimentación de minerales de los animales. A niveles moderados (15 a 20%) de DDGS en la dieta aportan casi el total de fósforo requerido por los animales en engorda, por lo cual la premezcla mineral debería modificarse para contener bajo nivel de fósforo. Si no se ajusta la premezcla mineral entonces el fósforo que está en exceso se excreta en las heces y contribuye como contaminante ambiental. Otro problema en caso de no ajustar el nivel de fósforo en la premezcla es que por el alto contenido de fósforo y el bajo contenido de calcio en los DDGS se pierde la relación de calcio a fósforo (2-1) en la dieta. Una solución sencilla es agregar una fuente de calcio a la dieta para mantener la relación calcio a fósforo en nivel adecuado. Cuando no se corrige este problema, entonces la producción animal se puede reducir, además de que pueden formar cálculos urinarios que también pueden afectar la producción animal. El azufre es otro mineral que se encuentra en altas concentraciones en los DDGS, este mineral se relaciona con problemas de poliencefalomalacia, además de presentar interacción con otros minerales como el cobre. En el estudio reportado por Felix et al. (2012) utilizaron 0, 20, 40 o 60% DDGS en la dieta de corderos alimentados en confinamiento. Los DDGS substituyeron principalmente maíz en dietas. Encontraron que en el hígado, el S aumentó linealmente, mientras que el Cu disminuyó linealmente con el aumento de DDGS en la dieta; otros minerales del hígado no fueron afectados. En un segundo estudio de metabolismo con corderos usaron las mismas dietas. La absorción de N, P y S aumentaron linealmente con el aumento de DDGS dietético. La retención

aparente de N, K, Mg, Fe, Cu y Zn no fue afectada por la inclusión de DDGS, mientras que disminuyó la retención de S y P. La diuresis diaria aumento linealmente y el pH de la orina disminuyó linealmente con el aumento de DDGS en la dieta.

Cuando los DDGS son usados adecuadamente existe poco riesgo de formación de cálculos urinarios. Huls *et al.* (2006) en dietas de finalizado altas en grano de maíz (75%), con cáscara de soya (10%, CS) como la única fuente de fibra dietética, utilizaron DDGS en 0 y 22.9% de las dietas formuladas a similar PC (14,6%), energía metabolizable (3.4 Mcal/kg), y con relación calcio:fósforo de 2:1. Las dietas fueron peletizadas. La prueba duró 64-d. Concluyen que los DDGS son un sustituto adecuado de harina de soya y de una porción del maíz en una dieta de finalizado donde la cáscara de soya es la única fuente de fibra. En este estudio no se observaron cálculos urinarios o síntomas de su formación posiblemente debido a que se usa un nivel moderado de DDGS (22.9% en BS), la relación Ca:P es 2:1, se incluye una fuente de fibra y adicionalmente las dietas incluyen cloruro de amonio para prevenir la formación de cálculos urinario.

McKeown *et al.* (2010a) incluyeron 0, 20, 40 y 60% de granos secos de destilerías con solubles obtenidos de triticale (TDDGS) en la dieta de corderos que fueron alimentados hasta que alcanzaron el peso al sacrificio. Concluyen que los TDDGS pueden ser alimentados en lugar de grano de la cebada en niveles de hasta un 60% en las dietas para los corderos sin efectos adversos sobre el crecimiento o características de la canal, pero esta práctica conducirá a un aumento en la excreción de N y P en el medio ambiente, además muestran que 20% de TDDGS es suficiente para exceder el requerimiento de P en la dieta de ovinos (NRC 2007). Las dietas de estos autores incluyeron carbonato de calcio para mantener la relación Ca:P en 2:1; sin embargo observaron 6 casos de cálculos urinarios en la prueba de metabolismo por lo que relacionan el alto nivel de TDDGS con el riesgo de los cálculos urinarios, a pesar de mantener la relación Ca:P en forma adecuada. También explican que las dietas peletizadas, como en este caso, al reducir la rumia y producción de saliva, se incrementa la excreción de P en orina, y que también puede contribuir al riesgo de presentación de los cálculos urinarios de los ovinos en

estas condiciones de alimentación. Otro factor que se debe considerar es que en este estudio no se usó cloruro de amonio para reducir el riesgo de formación de cálculos urinarios. En base a los resultados obtenidos se recomienda no usar más de 20% TDDGS en dietas de corderos en finalizado. De acuerdo con estos datos, en otros estudio se usó 0, 20, 40 y 60% de DDGS en dietas de engorda de ganado en corral, se encontró que con niveles de 40 y 60% de DDGS el ganado excreta altos niveles de nitrógeno, fósforo y amoniaco, y para reducir las emisiones de estos elementos en el terreno y la pérdida de nutrientes en las excretas de los animales se debe usar máximo 20% de DDGS en la dieta (Hao *et al.*, 2009).

Aspectos relacionados con azufre y poliencefalomalacia (PEM) en los DDGS

El azufre comúnmente en el proceso industrial de obtención de etanol a partir de granos de cereales, tanto en el proceso de fermentación como en el proceso de limpiado del equipo. Debido a esto, el nivel de azufre en los DDGS es alto. Cuando el azufre (S) es consumido en exceso (con niveles superiores a 0.4% de S en la dieta en BS) por los rumiantes existe el riesgo de que se presenten problemas neurológicos como la poliencefalomalacia (PEM). Cuando el azufre se consume por rumiantes es reducido a sulfuro de hidrógeno por los microbios del rumen; el sulfuro de hidrógeno es tóxico. Aunque el mecanismo no está perfectamente claro, se acepta que el exceso de azufre puede causar una deficiencia de tiamina que causa la PEM. Debido al alto contenido de S en los DDGS. Alto nivel de DDGS en la dieta de corderos se podría relacionar con presentación de PEM. El cambio brusco de alimentación (de forrajes a concentrados) también aumenta el riesgo de PEM. El periodo de adaptación de animales de pastoreo a dietas altas en concentrados debe ser gradual, para evitar disturbios digestivos y metabólicos. Cuando se pretende usar alto nivel de DDGS en las dietas de finalizado de ovinos, se puede hacer lo mismo, las dietas de transición inician con niveles bajos de DDGS (10%) y se incrementan gradualmente hasta el nivel final de DDGS en la dieta.

De acuerdo con la NRC (1996) el nivel máximo de azufre en dietas para bovinos de carne es 0.4%. El contenido de azufre en los DDGS es de 0.4% (NRC, 1996), cuando los niveles de DDGS en la dieta son altos (40% o superiores, en BS) entonces se alcanza el nivel máximo recomendado de azufre, con el riesgo de PEM. Schauer *et al.* (2008) se alimentó corderas en dietas con DDGS con 0, 20, 40 y 60% de la dieta (base MS), cuyas concentraciones de azufre fueron 0.22, 0.32, 0.47 y 0.55% respectivamente. La tiamina fue incluida en un nivel de 142 mg/cabeza/d (base MS) en todas las raciones. Ellos no observan efecto de la concentración de DDGS y S en la presentación de PEM, por lo que sugieren futura evaluación en el uso de tiamina para prevenir PEM inducida por azufre. Neville *et al.* 2011. En estudios de digestión y metabolismo en el cual los tratamientos fueron los niveles de DDGS en la dieta de finalizado de corderos en: 0% 20% 40% 60 por ciento DDGS. Reportan que el nivel creciente de DDGS incremento linealmente las concentraciones de sulfuro de hidrógeno ruminal. Pero el aumento de la concentración de DDGS en la dieta no dio lugar a la ocurrencia del PEM. Neville *et al.* (2010) En corderos alimentados con una dieta de finalizado con 60% (MS) de DDGS para un contenido de azufre de 0.73% (MS) probaron la suplementación de tiamina en: 0, 50, 100 y 150 mg/animal / día. Además, en un segundo estudio un quinto tratamiento fue incluido, que contenía 150 mg de tiamina/animal / día más 0.87% S (base MS). El S se incrementó por adición de ácido sulfúrico diluido y (HI + S). No observaron casos clínicos de PEM en la investigación, y concluyen que el uso de la tiamina como un aditivo para ayudar en la prevención de la PEM en dietética acabado corderos no parece ser necesario bajo las condiciones de este estudio.

Bibliografía

- Archibeque, S.L., H.C. Freetly, and C.L. Ferrell. 2008. Feeding distillers grains supplements to improve amino acid nutriture of lambs consuming moderate-quality forages. *J. Anim. Sci.* 86(3):691-701.
- Beliveau, R.M., and J.J. McKinnon. 2008. Effect of graded levels of wheat-based dried distillers' grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Can. J. Anim. Sci.* 88(4):677-684.
- Castro-Pérez, B. I., J. S. Garzón-Proaño, M. A. López-Soto, A. Barreras, V. M. González, A. Plascencia, A. Estrada-Angulo, H. Dávila-Ramos, F. G. Ríos-Rincón, and R. A. Zinn. 2013. Effects of replacing dry-rolled corn with increasing levels of corn dried distillers grains with solubles on characteristics of digestion, microbial protein synthesis and digestible energy of diet in hair lambs fed high-concentrate diets. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 26:1152-1159.
- Curzany, L. K.R. 2013. Calidad de la carne y comportamiento productivo de corderos alimentados con granos secos de destilería en la dieta. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
- Charles, E.K.R., E. Jonas, and A.V. Chaves. 2012. Diet preference of lambs offered a choice of concentrate diets containing different proportions of wheat dried distiller's grain with solubles. *Small Rumin. Res.* 108:67-72.
- Dimova N., I. Ivanova, M. Mihailova, N. Todorov and N. Naydenova. 2009. Wheat distiller's grains as a source of protein in dairy sheep. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15: 574-582.
- Felix, T. L., I. Susin, L. M. Shoup, A. E. Radunz, and S. C. Loerch. 2012b. effects of supplemental dried distillers grains or soybean hulls on growth and internal parasite status of grazing lambs. *Sheep Goat Research J.* 27:1-8.
- Felix, T.L., H.N. Zerby, S.J. Moeller, and S.C. Loerch. 2012. Effects of increasing dried distillers grains with soluble on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 90:1356-1363.

- Gutiérrez Z.A., J.R. Orozco Hernandez, I.J. Ruiz Garci, and J.J. Olmos Colmenero. 2009. Effect of level of spent corn from the ethanol industry and lamb sex on performance. *J. Anim. Vet. Adv.* 8:595-597.
- Hao X, M.B. Benke, D.J. Gibb, A. Stronks, G. Travis, and T.A. McAllister. 2009. Effects of dried distillers' grains with solubles (wheat-based) in feedlot cattle diets on feces and manure composition. *J. Environ. Qual.* 38(4):1709-18
- Huls, T.J., A.J. Bartosh, J.A. Daniel, R.D. Zelinsky, J. Held, and A.E. Wertz-Lutz. 2006. Efficacy of dried distiller's grains with solubles as a replacement for soybean meal and a portion of the corn in a finishing lamb diet. *Sheep Goat Research J.* 21:30-34.
- Leupp, J. L., G. P. Lardy, M. L. Bauer, K. K. Karges, M. L. Gibson, J. S. Caton and R. J. Maddock. 2009a. Effects of distillers dried grains with solubles on growing and finishing steer intake, performance, carcass characteristics, and steak color and sensory attributes. *J. Anim. Sci.* 87:4118-4124.
- Leupp, J. L., G. P. Lardy, K. K. Karges, M. L. Gibson and J. S. Caton. 2009b. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 87:2906-2912.
- Little, C. O., G. E. Mitchell and C. M. Reitnour. 1968. Postruminal Digestion of Corn Starch in Steers. *J. ANIM. SCI.* 27:790-792.
- McEachern, J.K., T.R. Whitney, C.B. Scott, C.J. Lupton, and M.W. Salisbury. 2009. Substituting distillers dried grains for cottonseed meal in lamb-finishing diets: growth, wool characteristics, and serum NEFA, urea N, and IGF-1 concentrations. *Sheep and Goat Research J.* 24:32-40.
- McKeown, L.E., A.V. Chaves., M. Oba., M.E.R. Dugan., E. Okine, and T.A. McAllister. 2010a. Effects of replacing barley grain with triticale-based dried distillers' grains with solubles on nutrient digestibility, lamb growth performance and carcass traits. *Can. J. Anim. Sci.* 90: 87-98.
- McKeown, L.E., A.V. Chaves, M. Oba, M.E.R. Dugan, E. Okine, and T.A. McAllister. 2010b. Effects of corn-, wheat- or triticale dry distiller's grains with soluble on in vitro fermentation, growth performance and carcass traits of lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 90:99-108.

- McKinnon, J.J., and A.M. Walker. 2008. Comparison of wheat-based dried distillers' grain with solubles to barley as an energy source for backgrounding cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 88(4):721-724.
- Neville, B.W., C.S. Schauer, K. Karges, M.L. Gibson, M.M. Thompson, L.A. Kirschten, N. W. Dyer, P. T. Berg and G. P. Lardy. 2010. Effect of thiamine concentration on animal health, feedlot performance, carcass characteristics, and ruminal hydrogen sulfide concentrations in lambs fed diets based on 60% distillers dried grains plus solubles. *J. Anim. Sci.* 2010. 88:2444–2455.
- Neville, B. W., G. P. Lardy, K. K. Karges, L.A. Kirschten, and C. S. Schauer. 2011. Sulfur intake, excretion, and ruminal hydrogen sulfide concentrations in lambs fed increasing concentrations of distillers dried grains with solubles. *Sheep and Goat Research J.* 26:13-29.
- NRC. National Academy Press. 1985. Nutrient requirement of sheep (6 th. Ed.) Washington. D. C., usa.
- Raymundo, H.C. 2013. Efecto de suplementación de granos secos de destilería más solubles en dietas para ovinos. Tesis Maestría. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México.
- Ríos, R.J.A. Efecto de los granos secos de destilería y de la fuente de grasa en el comportamiento productivo en engorda de borregos. Tesis Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.
- Schauer, C.S., M.M. Stamm, T.D. Maddock, and P.B. Berg. 2008. Feeding of DDGS in lamb rations - feeding dried distillers grains with solubles as 60 percent of lamb finishing rations results in acceptable performance and carcass quality. *Sheep and Goat Research J.* 23:15-19.
- Sewell, J.R., L.L. Berger, T.G. Nash, M.J. Cecava, P.H. Doane, J.L. Dunn, M.K. Dyer, and N.A. Pyatt. 2009. Nutrient digestion and performance by lambs and steers fed thermochemically treated crop residues. *J. Anim. Sci.* 87:1024-1033.
- SIAP-SAGARPA. 2011. Precios del ovino en pie y canal (en línea). México. Consulta 16 sept. 2013. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>

- Van Emon, M.L., P.J. Gunn, M.K. Neary, R.P. Lemenager, A.F. Schultz, and S.L. Lake. 2012. Effects of added protein and dietary fat on lamb performance and carcass characteristics when fed differing levels of dried distiller's grains with solubles. *Small Ruminant Res.* 103:164–168.
- Van Emon, M. L., K. A. Vonnahme, P. T. Berg, R. R. Redden, M. M. Thompson, J. D. Kirsch and C. S. Schauer. 2013. Influence of level of dried distillers grains with solubles on feedlot performance, carcass characteristics, serum testosterone concentrations, and spermatozoa motility and concentration of growing rams. *J. Anim. Sci.* 2013.91:5821–5828.
- Waller J, T. Klopfenstein, and M. Poos. 1980. Distillers feeds as protein sources for growing ruminants. *J. Anim. Sci.* 51(5):1154-1167.
- Whitney, T.R., and C.J. Lupton. 2010. Evaluating percentage of roughage in lamb finishing diets containing 40% dried distillers grains: Growth, serum urea nitrogen, nonesterified fatty acids, and insulin growth factor-1 concentrations and wool, carcass, and fatty acid characteristics. *J. Anim. Sci.* 88:3030-3040.
- Whitney T. R. and K. W. Braden. 2010. Substituting corn dried distillers grains for cottonseed meal in lamb finishing diets: carcass characteristics, meat fatty acid profiles, and sensory panel traits. *Sheep and Goat Research J.* 25:49-56.

7

Capítulo

Uso estratégico del pulido de arroz en dietas para bovinos de carne y ovinos

Jaime Salinas Chavira
*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)*
jsalinasc@hotmail.com

Introducción

En los Estados Unidos la producción de arroz en 2013 alcanzó 8 613 094 de toneladas métricas (FAO, 2013). Casi la totalidad de la cosecha de arroz fue en Arkansas, Mississippi, Missouri, Luisiana, Texas y California (USDA, 2013). En México en el mismo año se produjeron 179 776 toneladas métricas de arroz palady (FAO, 2013), sin embargo se importaron cerca de 700 000 ton métricas de arroz, la mayor parte palady (USDA, 2013). El arroz palady se procesa en el blanqueado o pulido del arroz. Con esto se asegura una disponibilidad de subproductos de arroz en altas cantidades. Gadberry *et al.* (2007) revisaron la alimentación de bovinos de carne con subproductos de arroz, ellos señalan que a pesar de haber una alta producción de subproductos de arroz en la región centro-sur de Estados Unidos, sin embargo la investigación es limitada en digestión, metabolismo y pruebas de alimentación y crecimiento en ganado de carne alimentado con los subproductos de arroz. En México, como se verá más adelante, se ha conducido una serie de estudios preliminares, en los cuales se ha utilizado el subproducto de arroz en dietas para bovinos de carne basadas en caña de azúcar, sin embargo también se requiere información en cuanto a la utilización apropiada de este subproducto en diferentes condiciones de alimentación.

El proceso de la molienda del grano entero de arroz inicia con la remoción de las cáscaras para producir el grano café o marrón (integral). El siguiente paso del proceso de la molienda remueve la parte oscura externa del pericarpio (cáscara del grano o salvado) y parte del germen para producir el grano blanco (pulido) para consumo humano; en este proceso se generan varios subproductos viz. Pulido (pulidoras), salvado y arroz quebrado, los cuales son disponibles para uso como alimento animal. Las cáscaras externas representan entre 20 y 22%, el grano quebrado de 1 a 7%, el pulido de 1 a 3% y el salvado de 6 a 8% (Sikka, 2007). En términos generales, el pulido y el salvado se mezclan durante las operaciones de la molienda y se venden juntos como pulido como alimento para el ganado. En algunas ocasiones se extrae el aceite, y entonces se vende como pulido desengrasado. En otros casos el subproducto contiene alta proporción de cáscara externa, la cual es de bajo

valor nutritivo por su alto contenido de fibra da baja digestibilidad, en estos casos se debe indicar ya que su costo debe ser inferior. El pulido de arroz difiere de otros subproductos altos en fibra como las cáscaras de soya en que éste además contiene una alta concentración de extracto etéreo (15.0%) y almidón (30.0%), otras fracciones químicas son: MS 90.5; PC 14.4; NDF 33.0; adf 20, Ceniza 11.5; TDN 70.0; Ca 0.10; P 1.73; K 1.89; ENm, Mcal per kg 1.63; ENg, Mcal per kg 1.03 (NRC, 1996). La composición química del pulido de arroz muestra variabilidad con otros reportes (NRC, 1996; DePeters *et al.*, 2000; Belyea *et al.*, 1989; Barcillos, 2007). Además se observa por DePeters *et al.* (2000) que el carbonato de calcio se usa por algunos procesadores durante el proceso del pulido para remover el salvado, y esto contribuye a la variabilidad en el contenido de calcio y ceniza en el pulido de arroz.

Comportamiento animal

En dietas basadas en caña de azúcar y melaza con urea, Preston *et al.* (1976) usaron 0, 300, 600, 900 y 1,200 g/d/ por cabeza de pulido de arroz, y Lopez *et al.* (1976) con 400, 600, 800, 1000 y 1200 g/d por cabeza de pulido de arroz; consistentemente observaron que el pulido de arroz incrementó el consumo voluntario de caña de azúcar, materia seca total, ganancia de peso y se mejoró la conversión alimenticia. De acuerdo con estas observaciones, Lopez *et al.* (1977) con 500 o 1000 g/d de pulido de arroz encontraron que la ganancia de peso vivo se incrementó de 421 a 559 g/d con el nivel más alto de pulido de arroz, el cual también mejoró el consumo de materia seca total y la conversión alimenticia. Lopez y Preston (1977) al combinar el pulido de arroz con la harina de sangre encontraron una respuesta positiva en producción animal de acuerdo con el nivel de pulido de arroz, sin embargo hubo un efecto negativo debido a la harina de sangre. La hipótesis de ellos fue que el pulido de arroz actuó como ambos, proteína protegida (o de sobrepaso) así como de precursores glucogénicos.

Por otra parte, Gadberry *et al.* (2005), usó en novillos de carne alimentados una dieta base de henos de pasto un suplemento convencional de maíz (M) y harinolina (H) en una proporción de 71:29 M-H; pulido de arroz sin

aceite (PSA) con semilla de algodón (SA) entera en proporción de 62:38 PSA-SA, otro suplemento con pulido de arroz extrudido (PAE) y semilla de algodón entera en proporción de 62:38 PAE-SA. Los novillos alimentados con el suplemento convencional presentaron similar comportamiento productivo que aquellos que recibieron PSA-SA; sin embargo el proceso de extrusión mejoró las características de manejo del suplemento, pero no se mejoró la producción animal, por lo que el costo adicional de la extrusión no es económicamente justificable.

Fernandez *et al.* (2007) encontraron que novillos en pastos nativos suplementados con pulido de arroz a 0; 0.5; 1.0 y 1.5% del peso vivo por 126 d presentaron GDP de 0.35; 0.55; 0.53 y 0.63 kg respectivamente. Las características de la canal no difirieron estadísticamente entre tratamientos. El pulido de arroz en niveles de 0.5 y 1.5% del peso vivo incrementaron la GDP en 60% aproximadamente, cuando se compararon con animales que no recibieron el suplemento. Por otra parte, Forster *et al.* (1993), en novillos de carne pastoreando trébol-festuca de buena calidad y suplementados con: control (no suplemento), o con 0.3 (bajo maíz, BM) a 0.6% (alto maíz, AM) del PV por día de maíz molido; con 0.38 (bajo pulido, BP) o 0.76% (alto pulido, AP) PV por día de pulido de arroz, o una mezcla de 0.3 maíz + 0.38 pulido de arroz % PV (M+P) por 84 d. La GDP (kd) fue 0.71, 0.76, 0.97, 0.85, 0.76, y 0.94 respectivamente para control, BM, AM, BP, AP, y M+P. Como se muestra, alto maíz así como bajo pulido producen mejores GDP en los terneros, pero las más bajas GDP fueron para alto pulido. Estas respuestas se atribuyeron a la alta calidad del forraje. En otra prueba, Forster *et al.* (1994) en novillos y vaquillas de carne en pastoreo de festuca, trébol y bermuda por 84 d. Se ofreció una dieta control (sin suplemento), así los suplementos (% PV en BS) 0.8 pulido con grasa (P), 0.62 de maíz (M), 0.81 de subproductos de trigo (T), 0.8 de pulido sin grasa (BPSG), y 1.1% de pulido sin grasa (APSG). Las ganancias de peso vivo (GDP) fueron menores para los dos tratamientos de pulido sin grasa y trigo en comparación con los tratamientos con grasa y maíz, por lo que estos dos tratamientos mejoraron las GDP. De estos experimentos se observa que la ganancia de peso en novillos pastoreando forraje de buena calidad se mejora con la suplementación de maíz, con pulido de arroz con

grasa, además hay efecto aditivo entre ambos. El pulido de arroz sin grasa tiene menor efecto sobre el comportamiento productivo de los animales. Considerando los trabajos de Fernandez *et al.* (2007), Forster *et al.* (1993), y Forster *et al.* (1994), se encuentra que el mejor nivel de pulido de arroz para suplementar se ubica entre 0.4 y 1.0% del PV en base seca; además se debe considerar que esto puede tener variación debido a las diferentes condiciones en que se realice la suplementación.

Como se mencionó, el pulido de arroz es alto en extracto etéreo, sin embargo las dietas que contienen pulido de arroz pueden soportar la adición de grasas o aceites sin efecto negativo sobre el comportamiento productivo del animal. Barcellos *et al.* (2007) en dietas con pulido de arroz probaron tres tipos de grasas como el aceite extractado del pulido de arroz y el cebo de res. Ellos encontraron que vacas Jersey produjeron más leche (corregida al 3.5% de grasa) cuando se complementaron con cualquiera con grasa; y concluyen que tanto el aceite como el sebo mejoran el balance energético de las vacas lecheras. Consistentemente, Laerte *et al.* (2006) en dietas para vacas Jersey lactantes con pulido de arroz, encontraron que la grasa protegida (sales cálcicas de ácidos grasos de palma), aceite de extracto de pulido de arroz y cebo de res, en todos los casos se mejoró el consumo de materia seca y la producción de leche. En las dietas objeto de estudio, contenían heno de alfalfa más ensilaje de maíz, y en todos los casos el extracto etéreo de las dietas fue 6%. Similarmente Salinas *et al.* (2008) en corderos alimentados con raciones al 18% de pulido de arroz con 0, 2.5 o 5% de cebo de res en sustitución de grano de sorgo. En el estudio no se observó diferencias estadísticas entre los tratamientos dietéticos para consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia o características de la canal. Ellos concluyeron que las raciones de engorda para ovinos con 18% de pulido de arroz pueden incluir 5% de cebo de res sin afectar crecimiento o características de la canal de ovinos en engorda.

El crecimiento de los animales puede ser aceptable con niveles moderados de pulido de arroz en dietas, pero el comportamiento productivo de los animales puede reducirse usando altos niveles de pulido en dietas. Tabeidian y Sadeghi (2009) reportaron que la cebada se puede reemplazar hasta en 30% por pulido de arroz sin efecto negativo en el comportamiento

productivo de corderos, sin embargo niveles de 45 y 65% de pulido de arroz en las dietas presentaron ganancias diarias de peso menores en 33 y 47% en comparación con el control, respectivamente. Los corderos con estos niveles de pulido de arroz también redujeron el consumo de alimento. El pulido de arroz no afectó el rendimiento en canal, la grasa abdominal y la acumulada en la cola, tampoco afectó el peso de las vísceras.

Digestión y metabolismo

La suplementación con pulido de arroz produjo mejor ganancia de peso en el ganado alimentado con dietas basadas en caña de azúcar picada (Preston *et al.*, 1976; Lopez y Preston, 1977). Este efecto se atribuyó al incremento en almidón y proteína del suplemento que escapó a la degradación ruminal. Elliot *et al.* (1977) en novillos canulados y alimentados con caña de azúcar picada más 1 kg/d de melaza conteniendo 30 g de urea por kg. Se suplementó con 0.4, 0.8 y 1.2 kg/d de pulido de arroz. En el estudio se observó una tendencia al incremento en la tasa de recambio y flujo ruminal con el incremento en la cantidad de suplemento en la dieta; también los polímetros de las cadenas alfa-glucosídicas aportados por el pulido de arroz escaparon a la degradación ruminal y llegaron a la parte proximal del duodeno. También se encontró una tendencia al incremento en N total que llegó al duodeno por el incremento en el nivel de pulido en la dieta. Similarmente, Elliot *et al.* (1977b) encontraron que el pulido de arroz es una buena fuente de proteína de sobrepaso para el animal, y posiblemente incrementa la eficiencia en producción de proteína microbial en el rumen por la influencia en los cambios en la tasa de recambio.

El efecto positivo del pulido de arroz sobre el metabolismo de la glucosa se demostró por Ferreiro *et al.* (1979) en animales con cánula en la vena yugular; ellos encontraron una relación lineal entre la glucosa que entra a la sangre y la cantidad de pulido consumida por el animal, lo cual sugirió que la glucosa estaba disponible en grandes cantidades del suplemento digerido por el intestino delgado. De acuerdo con lo anterior, Priego *et al.* (1979) usaron una dieta base de pulpa de henequén ensilada alimentada *ad libitum* con 8 g de urea por kg de pulpa; se probaron tres suplementos o tratamientos: 1) 1 kg de

pulido de arroz, 2) (ii) forraje de *Brosimum alicastrum* (base fresca en 2% del PV del animal por día, y 3) ambos suplementos juntos. Encontraron que el flujo al duodeno de los polímeros de alfa de glucosa fue significativamente ($P < 0.001$) más altos cuando se suplementó con pulido de arroz (429 contra 26 g/d). El amonio ruminal y la MO aparentemente fermentada en rumen fueron mayores cuando se suplementó con el forraje de *Brosimum*. Concluyen que para mejor aprovechamiento de la dieta de henequén ensilado se requiere de un suplemento alto en proteína así como de un suplemento que aporte energía fermentable.

Deville *et al.* (1980) usó bolsas de nylon para estudiar la degradabilidad ruminal de varios concentrados, subproductos, forrajes y raíz de yuca. La degradación en rumen de la harina de pescado fue menor, confirmando su alto valor como suplemento proteico; la pasta de coco (copra) y la leucaena fueron los siguientes en aportar proteína de sobrepaso, mientras que el pulido y la yuca fueron similares en el aporte de almidón de sobrepaso. Consistentemente, Rosales *et al.* (2005) midieron el efecto de diferentes niveles (0, 11 y 22% base seca) de pulido de arroz sobre la degradabilidad ruminal de dietas de engorda para ovinos, utilizando la técnica de bolsa de nylon y con el modelo de Orskov y MacDonald. Concluyeron que las dietas con pulido de arroz presentan mayor ($P < 0.05$) degradación de la fracción rápidamente degradable, en comparación con la dieta control basada en grano de sorgo.

El pulido de arroz es alto en extracto etéreo (EE), y éste tiene alta proporción de ácidos grasos insaturados (73%), por lo cual podría tener efecto inhibitorio sobre la fermentación ruminal. Sin embargo, en forma consistente con la prueba de alimentación, Laerte *et al.* (2004) utilizó pulido de arroz con diferentes tipos de grasas (grasa de sobrepaso, aceite de arroz, y cebo) para que la dieta total fuera a 6% de EE. Encontraron que los coeficientes de digestibilidad aparente para materia seca, orgánica, PC, FDN, y carbohidratos no fibrosos, no se afectaron con los diferentes tipos de grasa. En forma diferente, Zhao *et al.* (1996) encontraron una reducción en la digestibilidad de la FDN en novillos que recibieron dietas con pulido de arroz, sin embargo el EE fue mayor (9%).

El pulido de arroz se puede procesar para la extracción de aceite, generando el pulido de arroz sin grasa. Zhao *et al.* (1996) evaluaron los efectos de alimentar pulido con grasa (PA), PA calentado (PAC) y PA sin grasa

(PASG) y salvado de trigo en animales Holstein equipados con cánulas en rumen, duodeno e íleon. Las dietas contenían de 34 a 38% de pulido, 40% de heno picado de Rygrass Italiano, y otros suplementos. Todas las dietas se formularon a 14% de proteína cruda. La desaparición *in situ* de la materia seca para PAC fue más baja que la del PA en el total del periodo de incubación. Con el PASG hubo un incremento gradual y continuo en la desaparición de materia seca, el cual fue más bajo al inicio del periodo de incubación pero finalmente excedió al PA y PASG. La digestibilidad de la fibra en rumen y tubo digestivo total fue menor ($P<0.05$) en dietas con PA y PAC que la dieta con PASG. La digestibilidad del almidón en la dieta con PDASG fue menor ($P<0.05$) en rumen, pero mayor en intestino delgado que la dieta con PAC. Los tratamientos de dieta no influyeron sobre el pH ruminal. El PASG y salvado de trigo fueron más bajos en propionato. Se concluye que la digestión de la fibra y el consumo de energía en dietas altas en pulido de arroz se incrementan con el pulido de arroz sin grasa, pero no por el procesamiento con calor.

Gadberry *et al.* (2005) evaluó las características de digestión ruminal en novillos de carne canulados y alimentados con heno más: 1) maíz:harinolina (M:H; 71:29), 2) PASG más semilla de algodón entera (PASG:SA; 62:38). y 3) suplemento anterior sometido a proceso de extrusión (PASG + SA mezclada y extruida). No se observó efecto de tratamientos sobre el consumo de materia seca, o la tasa de degradación ruminal de MS. Sin embargo la tasa de pasaje de la dieta de M+H fue mayor que la dieta con PASG y la dieta con el suplemento extruido, los valores fueron 58.4, 44.1 y 45.3 g/kg per h. Los tratamientos no afectaron la tasa de degradación o de pasaje del heno. El tipo de suplemento no afectó la digestibilidad total de la materia seca.

Bibliografía

- Belyea, R. L., B. J. Steevens, R. J. Restrepo, and A. P. Clubb. 1989. Variation in composition of by-product feeds. *J. Dairy Sci.* 72:2339.
- Barcellos-Costa, P., W. Stumpf-Júnior³, J. Laerte-Nörnberg, V. Fischer, A. C. de Queiroz, and R. Mello. 2007. Fat supplementation from different sources in the diet of Jersey cows in the initial lactation stage. *R. Bras. Zootec.*, 36:888-895.
- DePeters, E. J., J. G. Fadel, M. J. Arana, N. Ohanesian, M. A. Etchebarne, C. A. Hamilton, R. G. Hinders, M. D. Maloney, C. A. Old, T. J. Riordan, H. Perez-Monti, And J. W. Pareas. 2000. Variability in the Chemical Composition of Seventeen Selected By-Product Feedstuffs Used by the California Dairy Industry. *The Prof. Anim. Sci.* 16:69-99.
- Deville, J., C. Figon and S. Emmanuel. 1980. A comparison of the rumen degradability of some feeds by the artificial-fibre bag technique. *Trop Anim Prod* 1980 5:50-52.
- Elliott, R., H. M. Ferreiro, A. Priego and T. R. Preston. 1977. Rice polishings as a supplement in sugar cane diets: the quantities of starch (-linked glucose polymers) entering the proximal duodenum. *Trop Anim Prod* 3:30-35.
- Elliott, R., H.M. Ferreiro and A. Priego. 1977b. An estimate of the quantity of feed protein escaping degradation in the rumen of steers fed chopped sugar cane, molasses/urea supplemented with varying quantities of rice polishings. *Trop Anim Prod* 3:36-39.
- Ferreiro, H. M., A. Priego, J. Lopez, T. R. Preston and R. A. Leng. 1979. Glucose metabolism in cattle given sugar cane based diets supplemented with varying quantities of rice polishings. *Br. J. Nutr.* 42:341-347.
- Fernandez-Gonçalves, M. B., E. R. Prates, A. C. Fontoura-da Silva, N. de Barcillos-Trevisan, and G. BiscaínoIII. 2007. Beef steers performance in natural pasture with levels of full fat rice bran supplementation. *Ciência Rural*, Santa Maria, 37:476-481.
- Forster, Jr. L. A., A. L. Goetsch, Sr. Galloway DL and Z. B. Johnson. 1993. supplemented with rice bran and(or) corn Feed intake, digestibility, and live weight gain by cattle consuming forage *J Anim Sci* 71:3105-3114.

- Forster, Jr., L.A., A.L. Goetsch, D.L. Galloway, Sr., W. Sun, A.R. Patil, Z.B. Johnson. 1994. Digestion characteristics, feed intake and live weight gain by cattle consuming forage supplemented with defatted rice bran or other feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology* 47:259-275.
- Gadberry, M. S., P. A. Beck, D. W. Kellogg, and S.A. Gunter. 2005. Digestion characteristics and growth of steers fed a corn-grain based supplement compared to a de-oiled rice bran plus cottonseed supplement with or without extrusion processing. *Animal Feed Science and Technology*. 118: 267–277.
- Preston, T. R., C. Carcaño, F. J. Alvarez and D. G. Gutiérrez. 1976. Rice polishings as a supplement in a sugar cane diet Effect of level of rice polishings and of processing the Sugar cane by derinding or chopping. *Tropical Animal Production*. 3:1-14.
- Laerte-Nörnberg, J., W. Stumpf-Júnior, J. López, P. Barcillos-Costa. 2004. Value of Rice Bran as a Fat Source for Jersey Cows in Early Lactation: Apparent Digestibility of Nutrients. *R. Bras. Zootec.*, 33: 2412-2421.
- Laerte-Nörnberg, J., J. López, W. Stumpf-Júnior, P. Barcillos-Costa, and J. Schafhäuser-Júnior. 2006. Performance of early lactating Jersey cows supplemented with different lipid sources. *R. Bras. Zootec.*, 35:1431-1438.
- Lopez, J. M., T. R. Preston, T. M. Sutherland, and A. Wilson. 1976. Rice polishings as a supplement in sugar cane diets: effect of level of rice polishings in wet and dry season conditions. *Tropical Animal Production*. 3:15-23.
- Lopez, J. M., A. Priego, A. Wilson and T. R. Preston. 1977. Rice polishings as a supplement in sugar cane diets: effect of giving it as a separate meal or mixed with the sugar cane. *Tropical Animal Production*. 2-3:323-327.
- Lopez, J., and T. R. Preston. 1977. Rice polishings as a supplement in sugar cane diets for fattening cattle: effect of different combinations with blood meal. 2-2:143-147.

- Priego, A., R. Elliott and T. R. Preston. 1979. Studies on the digestion in the forestomachs of cattle of a diet based on sisal pulp: ii supplementation with ramon (*brosimum alicastrum*) forage and rice polishings. *Tropical Animal Production*. 4:287-291.
- NASS-USDA. 2008. Agricultural statistics data base. <http://www.nass.usda.gov/index.asp>. Accesado Septiembre de 2008.
- NRC 1996, Nutrient Requirements for Beef Cattle (7th Ed.) National Academy Press, Washington, D.C.
- Rosales-Velazquez, J.A., J. Salinas-Chavira, C. Arzola-Alvarez, J. Jiménez-Castro, J. Loredó-Ostí, y R.F. García-Castillo. 2005. Memorias de la XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Tampico, Tam., Méx.273-275.
- Salinas-Chavira, J., V.I. Guerrero, C.A. Robles, M.F. Montaña-Gomez and O.D. Montañez Valdez. 2008. Effect of Tallow and Rice Polishings in Feedlot Rations on Growth and Carcass Characteristics of Lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 34: 45-48.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Delegaciones de SAGARPA 2008.
http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do
- Sikka, S. S. 2007. Effect of replacement of maize and rice bran with paddy on the growth performance and carcass traits of growing finishing pigs. *Livestock Research for Rural Development* 19 (7): paper 92.
- Tabeidian, S. A., and G. H. Sadeghi. 2009. Effect of replacing barley with rice bran in finishing diet on productive performance and carcass characteristics of Afshari lambs. *Trop Anim Health Prod.* 2009. 41:791–796.
- Zhao, Y., K. Taniguchi, and T. Obitsu. 1996. Effects of different processing procedures for rice bran on dietary nutrient digestion in each segment of the digestive tract of steers. *Animal Feed Science Technology* 59:265-277.



Uso estratégico de bicarbonato de sodio en dietas para borregos en engorda

Ramón F. García Castillo

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" ¹

Jaime Salinas Chavira

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia ²

¹Departamento de Nutrición y Animal; Calzada A. Narro No. 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP: 25315. Correo electrónico: ramon.garcia@uaaan.mx

²Apartado Postal 263. Carretera Cd. Victoria-Cd. Mante km 6.5, Cd. Victoria, Tamaulipas. México. CP: 87000. Correo electrónico: jsalinas@uat.edu.mx

Introducción

La alimentación más económica que puede recibir un rumiante la proporciona el pastoreo, sin embargo, en esas condiciones los animales no maximizan su potencial productivo debido a que no consumen los nutrientes requeridos. La disponibilidad y calidad de los forrajes son limitantes para una producción óptima. En los sistemas de producción pecuaria, uno de los objetivos principales es que los animales obtengan un consumo máximo de energía y otros nutrientes (1).

Es necesario que los corderos maximicen su consumo de nutrientes cuando están en etapas productivas de mayor crecimiento. Sin embargo, los corderos que permanecen en la pradera con escasa o nula suplementación, generalmente no obtienen ganancias de peso rentables, y presentan una menor calidad de la canal, en comparación con corderos finalizados en corral.

Para obtener estos beneficios productivos, el ovino alimentado en corral debe consumir raciones energéticamente densas que contengan altos niveles de grano como sorgo o maíz, y así satisfacer los requerimientos necesarios de energía para finalizar o engordar. Por más de 40 años, gran parte de la producción de granos en los EEUU ha sido utilizada para la producción animal. En la actualidad, el costo por unidad de energía es menor en raciones altas en grano que en raciones altas en forraje, debido a que los granos incrementan la densidad energética de la ración, lo cual optimiza la producción en los sistemas intensivos bien manejados (2).

El almidón es el mayor componente de energía de los granos. Una alimentación alta en almidón, con raciones altas en grano (80 a 95% del concentrado) puede causar problemas digestivos relacionados con la acidosis ruminal en corderos. La acidosis ruminal ha sido definida como los estreses bioquímicos y fisiológicos causados por la rápida producción y absorción de ácidos orgánicos en el rumen y puede causar daños severos en las papilas del rumen. En casos severos ocurre ulceración de la pared ruminal. Usualmente se presenta diarrea si el animal sobrevive (3). La acidosis está relacionada con la queratinización del epitelio ruminal y varios padecimientos secundarios

de la engorda en corral como la laminitis, polioencefalomalacia, rumenitis y abscesos en el hígado (4; 5). Esta etiología de la acidosis sistémica y ruminal ha sido descrita por otros autores (6; 7; 8).

Para evitar problemas de acidosis en bovinos y corderos de engorda en corral, se recomienda ofrecer en la alimentación un material fibroso en suficiente cantidad y con un tamaño de partícula que estimule la rumia y la producción de saliva, y que esto contribuya a una reducción drástica del pH ruminal. Productos que amortiguan el pH ruminal como el bicarbonato de sodio, ayudan a disminuir el problema de la acidosis y pueden mejorar el comportamiento productivo del ganado que consume altos niveles de grano (9).

Objetivo

El objetivo es discutir el efecto del bicarbonato de sodio en la ración de corderos sobre la digestión y metabolismo, expresados a través del comportamiento productivo de borregos alimentados con raciones altas en concentrados.

Características de los carbohidratos de los granos

Tanto la celulosa como el almidón son carbohidratos, polímeros de la glucosa (polisacáridos). La gran diferencia es que la celulosa es una poli- β -piranosa, mientras que el almidón se encuentra unido a través de enlaces α -acetal. De los carbohidratos no-estructurales (CNE), el almidón es la principal fuente de energía debido a que es fermentado en el rumen, produciendo una alta proporción de ácido láctico que es transformado en ácido propiónico, precursor de la glucosa en los rumiantes (10). Además, se ha encontrado que no todas las fuentes de almidón tienen igual velocidad de degradación ruminal, por ejemplo es más rápidamente degradable el almidón del trigo que el de maíz o sorgo (11).

Siendo los granos la mayor fuente de energía en la alimentación animal, su contenido de almidón difiere entre sí (2). Los granos varían en el contenido y grado de fermentación de sus almidones. El trigo contiene 77% de almidón en base a materia seca, el maíz y sorgo contienen 72%, la cebada y la avena están respectivamente en 57 y 58%. Por ejemplo, el trigo es fermentado

con rapidez y comúnmente lleva al animal a una acidosis subaguda y bajo consumo de alimentos. Raciones que contienen trigo pueden causar acidosis con mayor frecuencia que cualquier otro grano de cereal. Sin embargo, con un adecuado periodo de adaptación al trigo, este grano puede ser utilizado en la alimentación de rumiantes (12).

Los granos con alta humedad (por ejemplo, el maíz de alta humedad) tienen tasas altas de digestión de los almidones. Por lo tanto, en este caso la solución es agregar forrajes y grano seco a la ración. De igual forma, el método de procesamiento (el hojueado al vapor y la molienda fina) también incrementa la tasa de digestión del almidón y puede llevar a una acidosis subaguda. También el tipo de grano y su procesamiento, así como el nivel de forraje, influyen en la posibilidad de una acidosis en dietas de finalización (12).

Forma física del grano

El Consejo Norteamericano de granos (United States Feed Grain Council, USFGC), una entidad no lucrativa representante en México de los productores de sorgo, maíz y cebada de los Estados Unidos de Norteamérica, ofrece asesoría técnica a la industria pecuaria de México. Las recomendaciones de la USFGC son con énfasis en raciones altamente energéticas durante el período de engorda o finalización. Para este tipo de raciones, se requieren altos niveles de grano. La recomendación que la USFGC hace es la de no usar forraje, pero incluir sorgo entero para evitar problemas de acidosis. Sin embargo, aunque el cordero rumia gran parte del sorgo entero, pudiera haber pérdidas significativas de grano en las heces.

Al alimentar corderos con dietas conteniendo grano de sorgo entero:molido, se reportó que cuando se aumentó la proporción de grano molido:entero en la ración, se redujo el pH ruminal de 6.9 a 6.3 y el tiempo de rumia (minutos/día) se redujo linealmente conforme se aumentó la cantidad de grano molido y se redujo la concentración de grano entero en la ración (13). Por lo anterior se recomienda incluir cuando menos 25% del grano entero en la ración de ovinos en engorda en corral, para reducir la incidencia de acidosis (14).

Productos de la fermentación en rumen de los carbohidratos solubles

El metabolismo de los carbohidratos solubles en el rumen se realiza en un ambiente ideal para el desarrollo y actividad de los microorganismos (protozoos, bacterias y hongos) mediante la acción de las enzimas microbianas. Tanto los carbohidratos de la pared celular (celulosa) y principalmente los solubles del contenido celular (almidón) son metabolizados por los microorganismos ruminales, y son convertidos (por la glucólisis) en ácido pirúvico (10).

Importancia de la capacidad amortiguadora (buffer) de los alimentos

La principal causa de la acidosis es un alto consumo de ingredientes ricos en carbohidratos no-estructurales (solubles) como granos, melaza, tubérculos y subproductos lácteos. Para reducir la incidencia de acidosis, estos alimentos deben aumentarse en la ración en forma gradual, y no repentina.

En el Cuadro 1, se mencionan los factores que contribuyen al efecto tampón (buffer) en el rumen. La pared celular o fibra detergente neutro (FDN), mediante el masticado y la rumia, estimula el flujo salival y el mezclado en el rumen, además que tiene una mayor capacidad amortiguadora por si misma (15). La saliva neutraliza los ácidos grasos volátiles producidos por la fermentación ruminal y de esa manera, evita cualquier caída brusca en el pH del rumen.

Cuadro 1. Factores que contribuyen al efecto tampón (buffer) en el rumen.

Factor	Promovido por	Fuente del efecto buffer
Enjuague (tasa de pasaje)	Presión osmótica, consumo de alimento	Dilución
Absorción	Concentración de AGV	Eliminación de ácidos libres
Saliva	Fibra bruta y rumia	Bicarbonato, Fosfato
Fibra	Intercambio catiónico	Neutralización
Sales minerales de ácidos orgánicos de la planta	Composición del forraje	Fermentación de ácidos de la planta a CO ₂
Proteína	Producción NH ₃	Neutralización
Eficiencia microbiana	Crecimiento microbiano	Desvío de carbono hacia las células en lugar de ácidos

Mecanismo de acción y uso de amortiguadores (buffers) del rumen

La acidosis ruminal se define como una reducción drástica de pH en el rumen debido a una fermentación excesiva. Debido a que el pH es el factor más crítico que afecta el crecimiento microbiano en el rumen, una alteración con respecto de lo normal (pH de 5.8 a 6.2) tienen un impacto negativo en el animal. La masticación que ocasiona un flujo masivo de saliva hacia el rumen, evita fluctuaciones en el pH ruminal.

Además de la saliva que fluye hacia el rumen, los amortiguadores (exógenos) como el bicarbonato de sodio, pueden incluirse en las raciones para mantener en un rango normal el pH en el rumen. Algunas sales minerales conocidas como amortiguadores (buffers) pueden mejorar el consumo de materia seca, la ganancia de peso y la salud de los rumiantes alimentados en corral con dietas con altas cantidades de grano. Uno de éstos amortiguadores es el bicarbonato de sodio (NaHCO_3). Los amortiguadores son sales minerales con capacidad de mantener una concentración apropiada de iones hidrógeno en el rumen, intestinos, tejidos y fluidos corporales, y además, puede aumentar la tasa de paso de líquidos desde el rumen. Un incremento en la tasa de dilución del líquido ruminal puede mejorar la eficiencia en la producción de los rumiantes, principalmente debido a una mejora en la eficiencia del crecimiento bacterial y al flujo de α -glucosa, y aminoácidos de origen alimenticio y microbiano al intestino delgado (16).

Gran parte de la investigación en amortiguadores se ha enfocado en el bicarbonato de sodio. En general, información publicada sobre el uso de este producto y la amplitud de su uso en raciones prácticas en vacas lecheras, demuestra ser muy efectivo (17). Se ha demostrado a través de diferentes trabajos de investigación realizados, que la adición del NaHCO_3 en la dieta para rumiantes disminuye la acidosis (18; 19). El bicarbonato entra al rumen como parte de la ración y así como por medio de la saliva la que es secretada durante la rumia (20), y de esta forma contribuye a la disminución en el consumo de alimento. Además, es una base débil que “amortigua” o “neutraliza” los iones hidrógeno de ácidos orgánicos, producidos por una rápida fermentación de

los alimentos (18). El bicarbonato es una sal de ácido carbónico, pero el ácido carbónico es tan débil, que en presencia de ácidos más fuertes se descompone en agua y dióxido de carbono, a partir del cual forma la correspondiente sal de sodio en forma ionizada con el ácido fuerte. Esto disminuye la acidez debido a que el ácido carbónico es más débil que el ácido producido en la fermentación. El dióxido de carbono escapa fácilmente del rumen como producto de desecho, sin valor nutritivo para el hospedero ni para la mayoría de los microbios del rumen, aunque es un alimento requerido por algunas bacterias (21).

Dado que los animales rumiantes pueden regular el consumo de nutrientes y toxinas, al menos bajo algunas condiciones (22), es concebible que prefieran alimentos que atenúen el malestar por sobreingestión de nutrientes o toxinas o por deficiencia de nutrientes.

Sin embargo, todas las adversidades asociadas con una alimentación a base de raciones altas en granos (ejemplo: timpanismo, acidosis, y abscesos en el hígado) son el resultado de una rápida fermentación de almidones con producción de ácidos orgánicos (2). Otros compuestos, además del bicarbonato de sodio, tales como el sesquicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, óxido de magnesio y bentonita sódica (23; 24 ; 2; 17) han sido agregados a la dieta para aminorar estos problemas digestivos y para mantener el porcentaje de grasa en la leche cuando se ofrecen raciones con alto contenido de granos a vacas en producción.

En ganado de carne, resultados similares se han obtenido por el bicarbonato de sodio sin afectar las características del fluido ruminal y la digestión de los almidones al alimentar novillos con dietas altas en grano (25). Dietas altas en concentrado deprimen el pH ruminal (26; 27) y disminuyen la digestibilidad de la fibra debido a una alteración de la población microbiana en el rumen. Se considera que el bicarbonato de sodio incrementa la tasa de dilución de líquido ruminal (16). Además, en algunos ensayos este buffer incrementó la proporción molar del ácido acético y disminuyó la proporción molar del ácido propiónico en el rumen. En un estudio se concluyó que la adición de 1.50 % de bicarbonato de sodio en la ración incrementa la digestibilidad de la celulosa, número de protozoos ciliados, pH ruminal y la concentración total del nitrógeno, resultando un mejor crecimiento de corderos alimentados con dietas altas en concentrado (28).

Producción de ácidos grasos volátiles

El rumen provee de un ambiente ideal para el desarrollo y actividad de los microorganismos (protozoos, bacterias y hongos), y en su primera fase, por la acción de las enzimas microbianas, tanto los carbohidratos de la pared celular (celulosa) como los solubles del contenido celular (almidones) son metabolizados, siendo convertidos (por la glucólisis) en ácido pirúvico. En la segunda fase, el ácido pirúvico pasa al interior de los microorganismos y se transforma en ácidos grasos volátiles (AGV), como productos finales, junto con el metano y el CO₂ de la degradación de los carbohidratos (10).

Investigadores opinan que es grande la diversidad de sustancias producidas por las distintas especies de microorganismos (21), sin embargo, los únicos productos finales de la fermentación de los carbohidratos en el rumen son el dióxido de carbono, el metano y los ácidos acético, propiónico y butírico. Las otras sustancias son productos intermedios, pero no finales de la fermentación en el rumen.

Absorción de ácidos grasos volátiles en el aparato digestivo del rumiante

La absorción de los ácidos grasos volátiles es más efectiva en aquellas regiones del rumen que cuentan con mayor número de papilas. El proceso se ve afectado por el pH ruminal, ya que al hacerse éste mayor, se reduce proporcionalmente la absorción. El butirato se absorbe a mayor velocidad que el propionato, siendo el acetato el de más lenta absorción (29).

Los ácidos grasos volátiles se absorben también en omaso-abomaso (19%) y en intestinos (5%), sin embargo, la mayor absorción (76%) ocurre en el rumen-retículo.

Probablemente el factor que mayormente afecta el pH y la composición de los ácidos grasos volátiles en el rumen es la composición de la dieta. Los altos niveles de melaza en la ración, incrementan la utilización de todos los AGV, principalmente el butírico.

Efecto del bicarbonato de sodio sobre el comportamiento productivo de los corderos en engorda

En un estudio se investigaron los consumos de materia seca de corderos consumiendo una ración base sin levadura/sin bicarbonato, o la misma ración con cultivo de levadura viva sin bicarbonato, bicarbonato de sodio sin levadura o ambos. Se observó que el cultivo de levadura viva o el bicarbonato de sodio no afectó el consumo de materia seca, en ninguna de las dos etapas del experimento (1). Aunque en forma diferente, otros investigadores han observado aumentos en el consumo de MS con la suplementación de bicarbonato de sodio en raciones altas en grano (30).

De igual manera, se observó que corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio no mejoraron la eficiencia alimenticia ($P>0.05$). Por el contrario, la suplementación con bicarbonato de sodio afectó negativamente ($P<0.05$) la eficiencia alimenticia de los corderos (1).

En otra investigación en dónde se utilizaron 20 corderos de 26 kg aproximadamente, utilizando cinco raciones altas en grano (control, levadura, 2.5% NaHCO_3 , 5% NaHCO_3 y monensin). Estos autores reportaron que el bicarbonato de sodio estimuló consumo de raciones altas en grano, al menos durante un período corto (30).

En un estudio no se encontró efecto en ganancia diaria de peso de los corderos alimentado con dietas contenido levadura y bicarbonato de sodio. Aunque al final del estudio, aunque menos significativa ($P< 0.05$) persistió la interacción entre el bicarbonato de sodio y el cultivo de levadura (1).

Efecto del bicarbonato de sodio sobre consumo y digestibilidad de materia seca, fibra detergente neutra y consumo de carbohidratos no estructurales en ovinos

Al probar la selectividad de dietas por corderos, con respecto a la forma física y la fuente de carbohidratos (cebada rolada, trigo, alfalfa paletizada (comprimida o empastillada) y alimento peletizado para conejos) que

podrían causar acidosis, suplementándolas con y sin bicarbonato de sodio. Estos autores reportaron una preferencia por los alimentos con bicarbonato de sodio, porque este compuesto actúa neutralizando el pH ruminal, lo que aminora la acidosis que puede ser causada por la ingestión de granos (19). El bicarbonato entra al rumen como parte de la dieta y así como por medio de la saliva, que es secretada durante la rumia (20), de esta forma, evitando una disminución en el consumo de alimento, amortiguando o neutralizando los iones hidrógeno de ácidos orgánicos, producidos por una rápida fermentación de los alimentos (18).

Como se muestra en el Cuadro 2., el bicarbonato de sodio en la ración aumentó ($P < 0.05$) la MS digerida por los corderos. Sin embargo, la digestibilidad de la MS (%), no observa diferencia ($P > 0.05$) entre los tratamientos (1). De acuerdo con lo anterior, otros autores no observaron una diferencia en la digestibilidad de la MS entre diversos tratamientos (control, levadura, 2.5% NaHCO_3 , 5% NaHCO_3 y monensin) (30), en forma consistente otros reportes concuerdan con estos resultados (31).

Cuadro 2. Influencia de la suplementación de levadura (L) y/o bicarbonato de sodio (B) sobre el consumo y digestibilidad de la materia seca (MS) de ovinos de engorda.

Variable	Sin B		Con B		EE ¹	Probabilidad		
	Sin L	Con L	Sin L	Con L		L	B	LxB
MS consumida (g/d)	676.0	618.0	764.0	855.0	69.2	0.807	0.030	0.298
Consumo de MS ($\text{g}/\text{kg}^{0.75}$)	62.7	56.3	68.1	76.9	6.1	0.910	0.019	0.165
MS excretada (g/d)	67.0	75.9	105.8	108.0	14.4	0.705	0.025	0.810
MS digerida (g/d)	609.0	542.1	658.2	747.0	59.2	0.847	0.045	0.204
Digestibilidad de la MS (%)	90.1	87.7	86.2	87.4	1.28	0.500	0.600	0.143

¹EE, error estándar de la media.

Entre los factores que influyen en la digestión de la fibra se incluyen: (1) factores nutricionales tales como contenido de lignina, forma física, contenido de carbohidratos, minerales y nitrógeno; (2) características del medio ambiente del rumen como pH y población microbiana y (3) cinética ruminal. En un trabajo de investigación se concluyó que los buffers (amortiguadores

de acidez) como el bicarbonato de sodio pueden aumentar la digestión de la fibra cuando: (1) carbohidratos fermentables son incluidos en la ración; (2) se disminuye el tamaño de partícula del alimento; (3) la capacidad buffer natural del alimento es baja; (4) hay un alto consumo de alimento; y (5) los patrones de alimentación son irregulares (32). Por otra parte, aunque en un estudio no se encontró cambios en la digestibilidad de la MS al agregar un buffer a la ración (33). Sin embargo, la digestión de celulosa frecuentemente se incrementa (34; 32). En una revisión bibliográfica se concluyó que el pH óptimo para digestión de celulosa y/o fibra es de 6.7 a 7.1 (32). De acuerdo con esto, en una investigación se encontró un incremento en la digestibilidad de la celulosa de 5.9% con la adición de bicarbonato de sodio (34). Se menciona que el pH óptimo para la actividad de la enzima celulasa es entre 6 y 7 (34; 32; 33).

Se ha reportado que la adición del bicarbonato de sodio en la ración, reduce la digestibilidad de la FDN hasta en aproximadamente 14%(1). En un estudio, se utilizaron cuatro raciones, las cuales se sometieron a una prueba de cinética de la digestión de la fibra en detergente neutro *in vitro* por periodos de 4, 8, 12, 24, 36 y 48 h de incubación. La mayor tasa de degradación (Kd) se encontró en la ración conteniendo levadura/bicarbonato (CL/CB) con 0.36 %/h. Menores valores se encontraron en las raciones sin levadura/con bicarbonato, con levadura/sin bicarbonato y sin levadura/sin bicarbonato con valores respectivos de Kd de 0.33, 0.32 y 0.31 %/h. Los resultados encontrados en la CL/CB pueden ser el reflejo de un menor valor (7.39 %) en la fibra potencialmente digerible (FPI) y un mayor valor con 20.7 % para la fibra potencialmente digerible (FPD). Concluyen, que estos valores quizás fueron mejorados por un efecto asociativo al agregar simultáneamente el cultivo de levadura viva y el NaHCO_3 (35).

Los carbohidratos no estructurales (CNE) están compuestos por almidones y azúcares, se fermentan rápido y completamente en el rumen, y el contenido de estos a su vez, incrementa la densidad de energía en la ración. Los CNE se fermentan rápido en el rumen, lo cual estimula la síntesis microbial de proteína (36). Sin embargo, un exceso de CNE puede deprimir la digestibilidad de la fibra, la producción de ácido acético, y también causa anormalidades en el tejido del rumen como úlceras y abscesos en el hígado.

En una investigación se reporta que el consumo de CNE (g/d) fue mayor ($P < 0.05$) para los corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio. En parte, este mayor consumo de CNE se debe a un mayor consumo de MS de corderos que recibieron las raciones con bicarbonato de sodio. La cantidad de CNE que fueron digeridos fue mayor ($P < 0.05$) en raciones que contenían bicarbonato de sodio. Sin embargo, cuando la digestibilidad de los CNE se expresó como por ciento del consumo de materia seca, una menor digestibilidad ($P < 0.05$) fue obtenida para corderos que consumieron las raciones con bicarbonato de sodio. Esta reducción en la digestibilidad pudiera deberse a un mayor consumo de MS que pudo haber aumentado la tasa de paso del alimento por el tracto gastrointestinal de los corderos, reduciendo la estancia del alimento para su digestión (1).

En una investigación se usaron 20 corderos cara blanca de aproximadamente 26 kg para determinar la retención de nitrógeno (N) utilizando cinco raciones (testigo, levadura, 2.5% NaHCO_3 , 5% NaHCO_3 y monensin). El consumo de N fue variable y la digestibilidad de la PC no fue afectada por los tratamientos. Además, las medias del N fecal y urinario fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, la inclusión de monensina sódica, pero no la levadura o el bicarbonato de sodio, aumentó el N absorbido así como el N retenido. El N absorbido (balance de N) fue de 18.9, 16.2, 16.8, 18.8 y 19.1 g/d, mientras que el N retenido fue 7.1, 7.0, 5.7, 7.6 y 9.1 g/d, en corderos consumiendo las raciones testigo, con cultivo de levadura, 2.5 y 5.0 % de bicarbonato de sodio, y monensina sódica, respectivamente. En este estudio, los corderos que consumieron raciones que contenían bicarbonato de sodio tuvieron un mayor balance de N (g) que los que no lo tenían (54%). Similarmente, el N retenido (%) fue 27% mayor en corderos que consumieron raciones con bicarbonato de sodio (30).

Cuando los animales son abruptamente cambiados de una alimentación a base de forraje a una ración rica en concentrados, entonces una gran cantidad de ácido láctico puede acumularse en el rumen, y se debe considerar que el ácido láctico es un ácido mucho más fuerte que los AGV en el rumen (37). Se menciona que los animales que son gradualmente adaptados para consumir raciones altas en concentrados, usualmente no

tienen cantidades significativas de ácido láctico en rumen, pero el bajo pH ruminal puede deberse también a una acumulación de los AGV en el rumen (38).

Efecto del bicarbonato de sodio sobre la ganancia de peso y el rendimiento de la canal de ovinos en engorda

En una investigación se reportó que los pesos al sacrificio, los pesos y los rendimientos de la canal caliente y fría no fueron diferentes ($P > 0.05$) al utilizar levadura viva, bicarbonato de sodio y ambos (1). Sin embargo, en otra investigación reportó que los pesos de las canales (kg), en caliente y en frío, se redujeron ($P < 0.05$) con un aumento en el contenido de heno en la ración de los corderos (39). Por otra parte otros autores estudiaron el efecto del bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en corderos alimentados con altas proporciones de concentrados sobre las características y calidad de la canal. Usaron 24 corderos Malpura destetados (90 d de edad) distribuidos en 4 grupos iguales (G1, G2, G3 y G4) alimentados con una dieta basal (25:75 forraje: concentrado, G1) o la dieta basal suplementada con 0.75% (G2), 1.50% (G3) y 2.25% (G4) de bicarbonato de sodio, por 90 días. Los corderos se sacrificaron para evaluación de las canales o calidad de la carne. El *Longissimus dorsi* fue colectado y analizado para los ensayos de calidad de la carne. Los pesos antes del sacrificio fueron mayores ($P < 0.05$) en los grupos suplementados con bicarbonato de sodio (G2, G3, y G4) en relación al grupo control (G1). El desarrollo muscular indicado por el área del lomo fue mayor ($P < 0.05$) en los grupos tratados (G2, G3 y G4) en comparación con el control. No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en el contenido de grasa visceral entre los corderos de los grupos tratados y el control. El contenido de la grasa de la canal fue menor ($P < 0.05$) en los corderos tratados que en el control. El contenido magro en la pierna fue mayor ($P < 0.05$) en los grupos tratados (G3 y G4) en comparación con el control (G1). El porcentaje de pérdida en el cocinado fue mayor ($P < 0.05$) en los grupos tratados en comparación con el control. No hubo diferencia en el valor de resistencia al corte de la carne del control y la de corderos tratados. De este estudio se

concluye que la suplementación dietética con bicarbonato de sodio en dietas altas en concentrados no ejerce mucha influencia sobre las características de la carne o la canal. Sin embargo, el rendimiento en canal y la grasa total separable de la canal se redujeron suplementando el buffer a los corderos alimentados con altas cantidades de concentrados (40).

Bibliografía

- (1) García, C. R. F. 2003. Efecto del bicarbonato de sodio y un cultivo de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) en raciones para corderos, sobre el consumo, digestibilidad, parámetros ruminales y características de la canal. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, Nuevo León, México.
- (2) Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
- (3) Britton, R. A., and R. A. Stock. 1987. Acidosis, rate of starch digestion and intake. *Okla. Agric. Exp. Stn. MP-121.* pp 125-137.
- (4) Brent, B. E. 1976. Relationship of acidosis to other feedlot ailments. *J. Anim. Sci.* 43:930-935.
- (5) Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill and D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A Review. *J. Anim. Sci.* 76:275-286.
- (6) Elam, C. J. 1976. Acidosis in feedlot cattle: Practical observations. *J. Anim. Sci.* 43:898-901.
- (7) Huber, T. L. 1976. Physiological effects of acidosis on feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 43:902-909.
- (8) Slyter, L. L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43:910-929.
- (9) NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press. Seventh Revised Edition. Washington, D. C., USA.
- (10) Salinas CH. J., Yado P.R. y Lerma D.E.C. 2003. Nutrición Animal Básica. 1ª. Ed. Departamento de Fomento Educativo. Universidad Autónoma de Tamaulipas. 59-89 p.
- (11) Herrera-Saldaña, R., J. T. Huber. 1989. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72:1477-1483.
- (12) Church, D. C. 1991. *Livestock Feeds and Feeding.* Third Edition. Prentice Hall, Inc. U.S.A.

- (13) Pérez, R. M. 2000. Relación sorgo entero:molido en raciones para ovinos en corral, sobre las actividades de masticación, pH, y concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen. Tesis Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, NL., México.
- (14) Oviedo, G. M. 2002. Influencia de la relación sorgo entero:molido en raciones para ovinos de engorda, sobre consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia. Tesis Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, NL., México.
- (15) McBurney, M. L., P. J. Van Soest and L. E. Chase. 1981. Cation exchange capacity of various feedstuffs in ruminant rations. Proc. Cornell Nutr. Conf. Pp16-23.
- (16) Harrison, D. G., D. E. Beever, D. J. Thompson and D. F. Osbourn. 1975. Manipulation of rumen fermentation in sheep by increasing the rate of flow of water from the rumen. J. Agr. Sci. (Camb.) 85:93-101.
- (17) NRC, 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press. Sixth Revised Edition. Washington, D. C. USA.
- (18) Ha, J. K., R. J. Emerick, and L. B. Embry. 1983. In vitro effect of pH variations on rumen fermentation, and in vivo effects of buffers in lambs before and after adaptation to high concentrate diets. J. Anim. Sci. 56:698-706.
- (19) Cooper, S. D. B., I. Kyriazakis and J. D. Oldham. 1996. The effects of physical form of feed, carbohydrate source, and inclusion of sodium bicarbonate on the diet selections of sheep. J. Anim. Sci. 74:1240-1251.
- (20) Erdman, R. A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow. A review. J. Dairy Sci. 71:3246-3266.
- (21) Hungate, R. E., R. W. Dougberty, M. P. Bryant and R. M. Cello. 1952. Microbiological and physiological changes associated with acute indigestion in sheep. Cornell Vet. 42:423.
- (22) Phy, T. S. and F. D. Provenza. 1998. Sheep fed grain prefer foods and solutions that attenuate acidosis. J. Anim. Sci. 76:954-960.
- (23) Hernández, B. J. D.; García, G. J. F.; Perales, G. M. V. 2004. Caracterización del pH ruminal utilizando diversas fuentes de magnesio como buffer, en dietas altas en granos. Memorias XXXII Reunión Anual de AMPA. Monterrey, N. L., México.

- (24) Davis, C. L., R. E. Brown and D. C. Beitz. 1964. Effect of feeding high-grain restricted-roughage rations with and without bicarbonates on the fat content of milk produced and proportions of volatile fatty acids in the rumen. *J. Dairy Sci.* 47:1217-1219.
- (25) Zinn, R. A., and J. L. Borques. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 71:18-25.
- (26) Roger J. A., C. L. Davis. 1982. Effect of intraruminal infusions of mineral salts on volatile acid production in steer fed high-grain and high-roughage diets. *J. Dairy Sci.* 65: 953-964.
- (27) Snyder, T. J., Roger, J. A., Muller, L. D. 1983. Effect of 1.2 % sodium bicarbonate with two ratios of cornsilage: grain on milk production, rumen fermentation and nutrient digestion by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 66: 1290-1297.
- (28) Santra, A., O. H. Chaturvedi, M. K. Tripathi, R. Kumar, S. A. Karim. 2003. Effect of dietary bicarbonate supplementation on fermentation characteristics and ciliate protozoal population in rumen of lambs. *Small Rum. Res.* 47: 203-212
- (29) Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Comstock, Cornell University Press. 2nd Edition. P. 373.
- (30) Adams, D. C., M. L. Galyean, H.E. Kiesling, Joe D. Wallace and M. D. Finkner. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance on growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53:780-789.
- (31) Mir, Z. and P. S. Mir. 1994. Effect of the addition of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and *In Situ* degradability. *J. Anim. Sci.* 72:537-545.
- (32) Mertens, D. R. 1979. Effects of buffer upon fiber digestion. Invited paper at regulation of Acid-Base Balance Symposium. Tucson, Arizona.
- (33) Trenkle, A. H. 1979. Sodium bicarbonate in beef nutrition. National Feed Ingredients Association, West Des Moines, Iowa.

- (34) Emmanuel, B., M. J. Lawlor, and D. Mcleese. 1970. The effect of phosphate and carbonate-bicarbonate supplements on the rumen buffering systems of sheep. *Brit. J. Nutr.* 24:653-660.
- (35) García, C. R. F., Velásquez E. J., García M. J. E., Cruz, R. C., Kawas, G. J. R., Mellado, B. M. 2004. Tasa de degradación in Vitro de la fibra en detergente neutro (FDN) de dietas para corderos adicionadas con bicarbonato de sodio y un cultivo de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*). Memorias de la XXXII Reunión de la AMPA, Monterrey, N. L., México. Pp151-157.
- (36) Wattiaux, M. A. and L. E. Armentano. 1997. Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. Resúmenes breves de Nutrición y Alimentación.
- (37) Lana, R. P., J. B. Russell, and M. E. Van Amburgh. 1998. The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia production. *J. Anim. Sci.* 76:2190-2196.
- (38) Burrin, D. G. and R. A. Britton. 1986. Response to monensin in cattle during subacute acidosis. *J. Anim. Sci.* 63:888-893.
- (39) Fimbres, D. H. 2000. Efecto del nivel de fibra en la ración de corderos de engorda, sobre el desempeño, digestión y parámetros ruminales. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, Nuevo León, México.
- (40) Sen, A.R., A. Santra and S.A. Karim. 2006. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on carcass and meat quality of high concentrate fed lambs. *Small Ruminant Research.* 65:122-127.



Uso estratégico de enzimas fibrolíticas exógenas en dietas para rumiantes

Jaime Salinas Chavira
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*³

³Laboratorio de Nutrición Animal. Edificio Multidisciplinario I. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia “Dr. Norberto Treviño Zapata” Universidad Autónoma de Tamaulipas, Carretera Victoria-Mante, km. 5. Correo electrónico: jsalinas@uat.edu.mx

Introducción

En años recientes se ha mejorado significativamente la digestibilidad de la pared celular de los forrajes con el uso de programas de mejoramiento genético y a través de avances agronómicos en cultivos forrajeros. A pesar de esas mejoras, la digestibilidad del forraje sigue limitando el consumo de energía disponible para rumiantes¹. De acuerdo con lo anterior, se menciona que los forrajes son el alimento más barato para rumiantes, aunque pueden limitar la producción ovina cuando son usados como la única fuente alimenticia². Los ácidos fenólicos y la lignina pueden limitar la digestibilidad, el consumo y la energía disponible en forrajes³, debido a que la lignina protege los carbohidratos estructurales para ser utilizados en rumen. En este sentido, los tratamientos para mejorar la digestibilidad de los forrajes buscan el desdoblamiento de los enlaces relacionados a la lignina⁴.

Para incrementar el valor energético de las dietas para rumiantes y para mejorar la productividad, el uso de granos de cereales es una práctica común en los corrales de engorda, a pesar de que, un alto porcentaje de cereales en la dieta (>60%) presenta algunos inconvenientes incluyendo: incremento en el costo de la dieta, alta incidencia de problemas digestivos (reducción del consumo, acidosis, timpanismo, y reducción de la digestión de la fibra), cambios en la composición láctea (bajo porcentaje de grasa en la leche) y cambios en la calidad de la canal².

El uso de enzimas fibrolíticas exógenas promete ser un medio para incrementar la utilización de forraje y mejorar la eficiencia productiva de rumiantes¹. Estudios recientes han mostrado que la adición de enzimas fibrolíticas exógenas a las dietas de rumiantes, en algunos casos incrementa la producción de leche^{5,6,7} y la ganancia diaria de peso^{8,9,10}. Las mejoras en producción animal pueden ser por la mejor utilización de nutrientes en los animales. Se han reportado incrementos en la digestión de MS y fibra medida *in situ e in vitro*^{11,12,13} o *in vivo*^{7,11,13,14}. En contraste con lo anterior, no reportan mejoras sobre el comportamiento animal debido al uso de enzimas fibrolíticas exógenas¹⁵.

Este artículo revisa la investigación reciente en el uso de enzimas fibrolíticas exógenas en dietas para rumiantes, la respuesta en producción animal a las enzimas usadas como aditivo en el alimento, y el mecanismo por el cual las enzimas fibrolíticas exógenas mejoran la utilización de nutrientes.

Revisión de literatura

Carbohidratos y su importancia en nutrición animal

Los carbohidratos se dividen en: monosacáridos o azúcares sencillos, oligosacáridos los que contienen de 2 a 8 azúcares sencillos, y polisacáridos los que contienen más de 10 azúcares sencillos (Tabla 1).

Tabla 1. Carbohidratos de importancia en nutrición animal^a

1. Monosacáridos
 - 1.1. Triosas: gliceraldehido, dihidroxiacetona
 - 1.2. Tetrasas: eritrosa
 - 1.3. Pentosas: xilosa, arabinosa, ribosa
 - 1.4. Hexosas: glucosa, fructosa, galactosa, manosa
2. Oligosacáridos (2 a 8 unidades de monosacáridos)
 - 2.1. Disacáridos: sacarosa, lactosa, maltosa, celobiosa
 - 2.2. Trisacáridos: rafinosa
 - 2.3. Tetrasacáridos: estaquirosa
 - 2.4. Pentasacáridos: verbacosa
3. Polisacáridos (más de 10 unidades de monosacáridos)
 - 3.1. Homopolisacáridos (mismos tipos de azúcares)
 - 3.1.1. Pentosanas: arabanos, xilanos
 - 3.1.2. Hexosanas: glucanos
(almidón, dextrina, glucógeno, celulosa);
 - 3.2. Heteropolisacáridos (diferentes tipos de azúcares; ejemplos: pectina, hemicelulosa, gomas, mucilagos, mucopolisacáridos)
4. Compuestos especializados: quitina, lignina (asociado a carbohidratos).

^aAdaptado de Salinas *et al.* (1999)⁴.

Los polisacáridos son polímeros de azúcares simples, de elevado peso molecular y la mayoría son insolubles en agua. Cuantitativamente son los nutrientes más importantes en los alimentos de origen vegetal. Por conveniencia se les divide en homo polisacáridos, formados por un mismo tipo de monosacáridos, y heteropolisacáridos formados por diferentes tipos de monosacáridos. También se agrupan en aquellos que rinden pentosas (pentosanas) y hexosas (hexosanas). Las pentosanas xilosa y arabinosa se encuentran en la hemicelulosa y son hidrolizadas por las enzimas microbiales. En forma cuantitativa las hexosanas proveen la mayor cantidad de energía de las necesidades de los animales que cualquier otro carbohidrato de la naturaleza. El almidón es el material de reserva de las plantas y se encuentra en los tubérculos, rizomas y semillas. El almidón se encuentra en las formas de amilosa y amilopectina. La celulosa es la sustancia más abundante del reino vegetal y es el mayor componente de la estructura de las paredes celulares de las plantas. La celulosa es un polímero de glucosa unidas por enlaces β -1,4, por lo que tiene gran estabilidad interna y ninguna de las enzimas de los mamíferos la desdobla, pero si es desdoblada por enzimas de microorganismos y hongos. La celulosa puede estar asociada con la lignina, lo cual dificulta su degradación microbiana. En los heteropolisacáridos, la hemicelulosa es una mezcla compleja y heterogénea de gran número de diferentes polímeros y monómeros, incluyendo glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, galactosa. Se encuentra en las paredes celulares de las plantas. La hemicelulosa es menos resistente a la hidrólisis enzimática que la celulosa. La pectina es otro heteropolisacárido y se encuentra en los espacios intracelulares y en capas extracelulares, se compone esencialmente de arabana y galactana. La pectina es hidrolizada por actividad microbiana y es bien utilizada por los rumiantes. La lignina no es un carbohidrato pero debido a su relación con la celulosa y la hemicelulosa en las paredes celulares de las plantas, comúnmente se estudia junto con los carbohidratos. La lignina es un derivado amorfo del fenilpropano (alcoholes) de estructura compleja y sus enlaces son resistentes al ácido y al álcali. La lignina se encuentra en la fracción leñosa de las plantas como en las mazorcas, cáscaras, y en la porción fibrosa de raíces, tallos y hojas. El contenido de lignina aumenta conforme la planta madura y sus ligaduras químicas con la celulosa y la hemicelulosa reducen su digestibilidad. La lignina no es hidrolizada por enzimas de mamíferos o de microorganismos anaeróbicos, sin embargo,

algunos microorganismos aerobios y hongos sí pueden romper dichas ligaduras, como se observa en la naturaleza en la descomposición de la madera y de las hojas. El tratamiento con álcali de las pajas permite el desdoblamiento del enlace lignina-hemicelulosa, mejorando la digestibilidad de la hemicelulosa pero no de la lignina⁴.

Digestión de carbohidratos en rumiantes

Los animales rumiantes ingieren forrajes que contienen carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina). La utilización de los carbohidratos en rumiantes inicia en el rumen en donde son fermentados hasta ácidos grasos volátiles (AGV) por acción de enzimas microbianas, así, la celulosa es hidrolizada por los microorganismos en el rumen (Figura 1); mientras que los no rumiantes no pueden hidrolizarla. Los principales AGV en el rumen son acético, propiónico y butírico, los cuales se usan en el metabolismo del rumiante, sin embargo la actividad microbial sobre los carbohidratos también genera productos de desecho como metano, bióxido de carbono, hidrógeno, entre otros gases, los cuales se eructan⁴.

Los AGV se absorben a través de la pared ruminal y vía sanguínea, y posteriormente son transportados hasta los tejidos en donde se metabolizan; pueden ser catabolizados para producción de energía o anabolizados, por ejemplo los ácidos acético y butírico se usan para la síntesis de grasa, y el propiónico para la síntesis de glucosa. Esto es muy importante ya que en rumiantes la mayor parte de glucosa utilizada se obtiene por esta forma ya que el desdoblamiento extensivo de los carbohidratos solubles en el rumen hace que la glucosa absorbida en intestino sea mínima. Debido a todo esto, los niveles de glucosa en sangre en rumiantes son menores que en no rumiantes, de 40 a 70 mg/100 ml en los primeros contra 100 mg/100 ml en los segundos. En rumiantes sin rumen funcional los niveles de glucosa en sangre son similares a los de los no rumiantes⁴.

La celulosa presente en los forrajes es utilizada por los rumiantes debido a que poseen la enzima celulasa; la que es producida por los microorganismos del rumen; la celulosa es hidrolizada hasta celobiosa y hasta glucosa. Los no rumiantes al carecer de estos microorganismos no pueden utilizar la celulosa.

La hemicelulosa se hidroliza hasta xilobiosa y posteriormente en el interior de la célula se desdobla hasta xilosa, en la degradación de la hemicelulosa también se producen ácidos urónicos. La pectina en su desdoblamiento en el rumen produce ácidos urónicos los que son convertidos en xilosa. La xilosa producida del desdoblamiento de hemicelulosa y de pectina se convierte en glucosa. La cáscara de cítricos se caracteriza por su contenido de pectinas y contribuye a la formación de AGV en el rumen. El almidón se hidroliza por las enzimas microbiales hasta maltosa y glucosa de manera similar a las enzimas digestivas de los no rumiantes. La fructosa puede producirse por hidrólisis de fructosanas, pero también por desdoblamiento de sacarosa, la fructosa se transforma en glucosa (Figura 2).

Los monosacáridos glucosa, fructosa y xilosa rápidamente son tomados por los microorganismos del líquido ruminal y metabolizados intracelularmente, por esta razón es difícil encontrar los azúcares simples en el interior del rumen. La degradación de los monosacáridos libera energía, la vía común es la producción de piruvato a partir de hexosas, y posteriormente se siguen diferentes rutas metabólicas para la producción de AGV. El ATP generado sirve como fuente energética para el mantenimiento y crecimiento en tamaño y número de los microorganismos en el rumen. El destino de los AGV absorbidos en el rumen es su metabolismo en los tejidos del animal rumiante, donde son ya sea catabolizados (oxidados) para proporcionar energía o son anabolizados (síntesis) en glucosa o en grasa⁴.

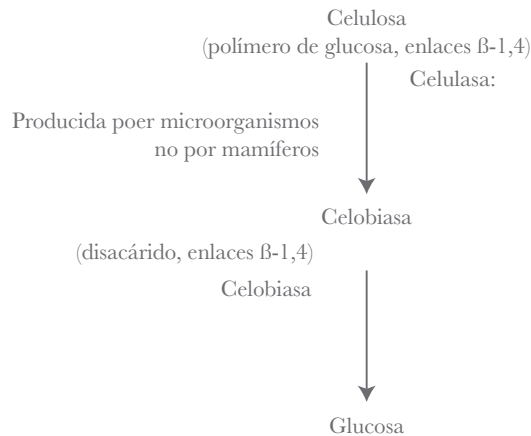


Figura 1. Degradación microbiana desde celulosa hasta glucosa.

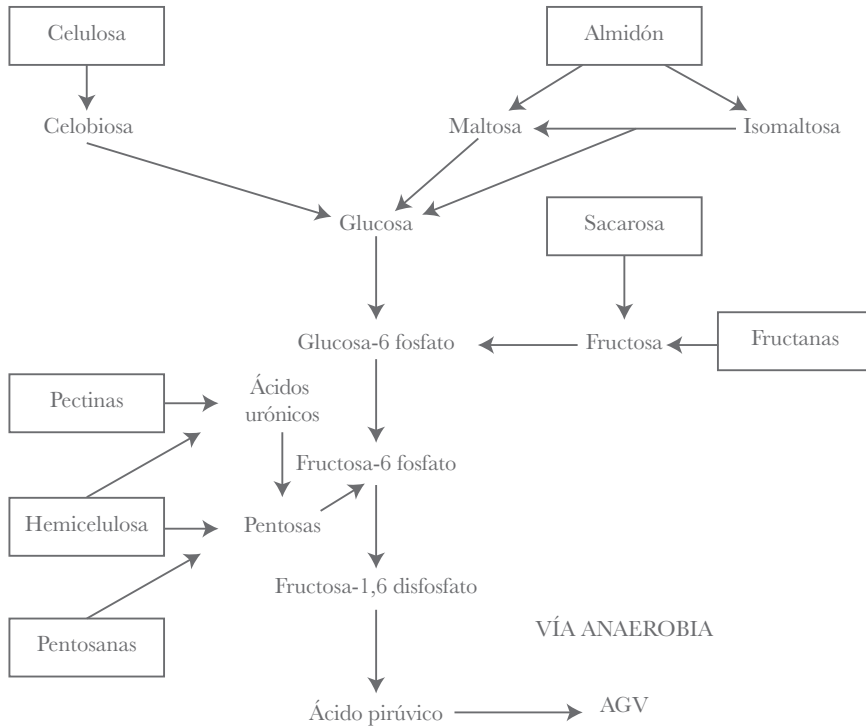


Figura 2. Conversión de los carbohidratos en el rumen.

Enzimas fibrolíticas exógenas en la nutrición de rumiantes

Los aditivos son sustancias que se incorporan en los alimentos y afectan o influyen en sus características y que dan como resultado una mejor producción animal. Se incluyen en la dieta de forma regular y en pequeñas cantidades durante largos periodos. Algunos aditivos son buffers como bicarbonato de sodio; antibióticos como los ionóforos; probióticos como preparados de microbios de alimento directo. Otros aditivos son los preparados de enzimas que digieren fibra a nivel ruminal (enzimas fibrolíticas exógenas). Así, la biotecnología ruminal aplica el conocimiento disponible en la fermentación, uso y manejo de ambos

grupos de microorganismos: naturales y recombinantes, para mejorar la eficacia en la digestión de alimentos fibrosos por rumiantes².

Modo de acción de las enzimas en rumiantes

Las enzimas son proteínas que se encuentran en la naturaleza y que catalizan reacciones químicas en los sistemas biológicos. Las enzimas están involucradas en la digestión de todas las moléculas complejas de los alimentos hasta sus constituyentes químicos elementales más pequeños (ejemplo: glucosa, amino ácidos), en ambos organismos: bacterias y el animal rumiante. Sin las enzimas, el alimento permanecería sin digerir por el animal¹⁶.

Las mejoras en la producción de leche se han atribuido al efecto directo de las enzimas sobre la digestibilidad de los nutrientes en el tubo digestivo total, para lo cual se han propuesto diferentes mecanismos: 1) hidrólisis directa del alimento, 2) mejora de la fijación microbiana, 3) cambios en la viscosidad del intestino, 4) acción complementaria con las enzimas microbianas y 5) mejora de la digestión de los nutrientes⁹. Los mecanismos de acción por los cuales las enzimas fibrolíticas exógenas mejoran la utilización de nutrientes en el tubo digestivo del animal rumiante se muestran en la Figura 3.

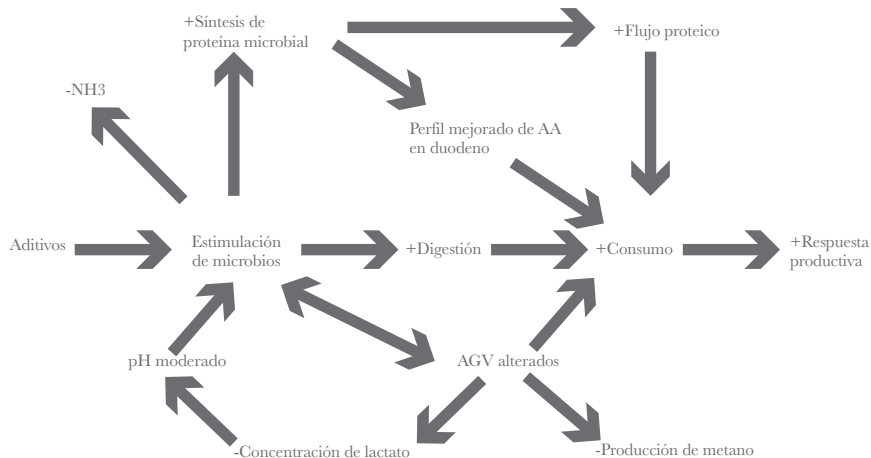


Figura 3. Mecanismos de acción propuestos para las enzimas fibrolíticas exógenas en dietas para rumiantes (Adaptado de Kung, 2001¹⁶).

El conocimiento del mecanismo de acción exacto de las enzimas fibrolíticas es complicado por 3 factores principales: 1) los alimentos son estructuralmente muy complejos, contienen una variedad de polisacáridos, proteínas, lípidos, lignina y ácidos fenólicos, frecuentemente en íntima asociación; 2) Los productos enzimáticos son mezclas de enzimas que tienen muchas diferentes actividades, cada una de la cual difiere en sus condiciones óptimas y especificaciones; y 3) el fluido ruminal es un ecosistema con varios cientos de especies microbiales y sus enzimas.

La suplementación con enzimas mejoró la digestibilidad total en el tubo digestivo del almidón (5%), así como de FDN (8%) y FDA (11%) más que la digestibilidad en el rumen sin enzimas exógenas, indicando que los efectos de la suplementación con enzimas eran principalmente intestinal, y propusieron 3 formas de acción de las enzimas en el intestino: 1) Las enzimas aplicadas sobre el alimento seco pueden mejorar la unión de la enzima al sustrato, lo cual incrementa la resistencia de las enzimas a la proteólisis y prolonga su tiempo de residencia en el rumen; 2) las enzimas aplicadas al ensilaje o a la ración integral inmediatamente antes de la alimentación, puede ser liberada dentro del fluido del rumen y puede pasar a través del rumen rápidamente, lo cual dará mayores efectos intestinales; 3) las enzimas exógenas pueden alterar la digestión y absorción de nutrientes en el intestino delgado⁹. Es posible que las enzimas se unan a los sustratos antes de la introducción en el rumen y protegen de la degradación de las proteasas ruminales⁷ y pasen al intestino delgado, donde pueden ejercer su acción sobre los sustratos disponibles¹⁷ (Morgavi *et al.*, 2001).

Se menciona que las enzimas alimenticias producidas por el hongo *Trichoderma* son relativamente estables en rumen y resisten a la degradación microbial por un tiempo lo suficientemente largo para actuar en el rumen. Ellas son más afectadas por proteasas gastrointestinales y pH del abomaso que por las proteasas ruminales.

En contraste con lo anterior, no se han observado efectos de enzimas ya sea en la viscosidad del contenido o en la digestibilidad de los nutrientes en duodeno, concluyendo que la mejora en la digestión puede no ser atribuida al efecto post-ruminal¹³.

Enzimas fibrolíticas

Las enzimas son moléculas proteicas que catalizan reacciones químicas específicas para sus substratos; son similares a una llave que es específica para una cerradura. Las enzimas digestivas son esenciales para los animales, debido a que los alimentos complejos no son realmente absorbidos en el tubo digestivo si no que son degradados a moléculas más simples. El proceso de la digestión es complejo y las enzimas comprenden frecuentemente multi-componentes de enzimas, por ejemplo en una preparación cruda de un complejo de enzima celulasa actualmente contiene endo y exo beta-1,4 glucanasas, beta glucosidasas y celobiasa. Las preparaciones de hemicelulasas son aún más complejas. Las enzimas también tienen pH y temperatura óptimos en los cuales son más efectivas. El complejo de enzima celulasa de especies de hongos de *Trichoderma* tiene un pH y una temperatura óptimos de 4.5 y 50 °C, respectivamente. Algunas enzimas digestivas han sido estudiadas para usarse como aditivos para mejorar el comportamiento productivo de los animales con éxito en dietas para aves y cerdos, pero ellas no han sido tradicionalmente usadas en dietas alimentadas a rumiantes. La primera razón de esta práctica se debió al hecho de que las enzimas son proteínas y así serían sujetas a degradación por proteasas microbiales en el rumen y/o inactivadas por proteasas en el intestino delgado¹⁶. Sin embargo, recientemente hay un renacido interés en el uso de enzimas en dietas para rumiantes debido a que algunas enzimas fibrolíticas (celulasas y hemicelulasas) han mostrado ser estables cuando son incubadas con enzimas proteasas. La mayor parte de la investigación sobre enzimas en dietas para rumiantes se ha centrado principalmente en el uso de enzimas fibrolíticas: celulasas (degrada celulosa) y hemicelulasas (o xilanasas que degradan hemicelulosa). El uso de amilasas para digerir almidón o proteasas para digerir proteínas no ha sido activamente investigado debido a que la digestión de esos compuestos no es usualmente limitante en el rumen¹⁶.

Las enzimas aditivas en el alimento (exógenas) para rumiantes son extractos concentrados obtenidos de fermentaciones con hongos (principalmente *Trichoderma longibrachium*, *Aspergillus niger*, o *A. oryzae*) y

bacterias (*Bacillus spp.*). Los extractos no contienen células microbiales, debido a que son removidas de la fermentación, y finalmente concentradas y purificadas¹⁸. Los hongos son cosmopolitas, notables por su rápido crecimiento y alta capacidad para utilizar diversos sustratos, y se encuentran comúnmente en el medioambiente biodegradando compuestos celulolíticos. El hongo aeróbico *Trichoderma* produce grandes cantidades de xilanasas extracelulares en ambos cultivos: continuo y sólido.

Las enzimas se clasifican generalmente por el sustrato sobre el cual reaccionan, y por su especificidad. Los productos comerciales de enzimas son extractos de fermentaciones de origen bacteriano (*Bacillus spp.*) o fúngico (*Trichoderma* y *Aspergillus spp.*) y contienen un arreglo único de actividades enzimáticas. Por ejemplo, una preparación de enzima con actividad predominante xilanasas, pudiera también tener significativa proteasa, celulasa, pectinasa, β -glucanasa, u otras actividades enzimáticas. La actividad enzimática puede ser ensayada usando un método *in vitro*, midiendo la producción de productos finales (por ejemplo azúcares reductores, aminoácidos) por unidad de tiempo, usando un sustrato específico (usualmente purificado), bajo condiciones definidas.

Las compañías que comercializan productos enzimáticos usan un amplio rango de ensayos enzimáticos y subsecuentes unidades de actividad, las cuales son importantes para asegurar que el consumidor obtiene de verdad el producto que ellos esperan. Aunque esas unidades de actividad tienen poca relación con la eficacia como un aditivo alimenticio para rumiantes. Los métodos típicos usados para evaluar los alimentos tales como ensayos *in vitro* e *in sacco* pueden ser usados para tamizar las enzimas en relación con diferentes sustratos, pero la experiencia muestra que los resultados obtenidos frecuentemente no concuerdan con los resultados de las pruebas de alimentación¹⁹.

El porcentaje de inclusión de las enzimas exógenas en dietas para rumiantes se ubica usualmente en el rango de 0.01 a 1% de la dieta, contribuyendo cerca de 10 a 100 veces mayor actividad fibrolítica por gramo de alimento, cuando se utilizó aditivo para ensilaje. Basados en el promedio estimado la actividad fibrolítica normalmente presente en la fracción

del fluido en el rumen, se estima que las enzimas suplementarias pueden contribuir arriba del 15% de la actividad fibrolítica total. Sin embargo, la actividad de enzimas comerciales se mide a pH óptimo, el cual generalmente difiere del que se encuentra en el fluido ruminal. En suma, la contribución de las enzimas exógenas a la actividad fibrolítica es difícil de estimar, pero es igualmente baja en relación a lo del rumen¹⁹.

Existe considerable variación entre enzimas fibrolíticas en su capacidad para mantener actividad en el rumen. Algunas enzimas pierden su actividad rápidamente en fluido ruminal y otras enzimas muestran poca o no pérdida en su actividad aún después de 12 horas de incubación ruminal. Los suplementos enzimáticos exógenos pudieran impartir su efecto sobre la digestibilidad del alimento en el intestino delgado así como también en el rumen. Así la estabilidad es muy importante si esas enzimas son para permanecer activas tanto en intestino como en rumen. El uso de enzimas exógenas puede ser benéfico cuando la preparación y la composición del alimento son complementarias. Un buen producto de enzima alimenticia debe contener una mezcla de enzimas tal que sea efectiva en un rango de alimentos. Puede que una preparación enzimática que sea efectiva en un alimento y sea completamente inefectiva en otro alimento. En suma, las enzimas alimenticias han demostrado ser efectivas en un amplio rango de dietas conteniendo heno de alfalfa, ensilajes de avena y maíz, y avena y grano de maíz¹⁹.

Nivel de enzima

El nivel óptimo de adición de una enzima depende del sustrato, lo cual indica la necesidad de determinar el porcentaje de aplicación óptimo de preparaciones enzimáticas para un sustrato alimenticio en particular²⁰. Por ejemplo, con heno de alfalfa, en ganado en crecimiento, el promedio de ganancia diaria de peso (PGDP) se incrementó con niveles bajos de enzimas, pero no en niveles altos. Comparados con la dieta control el PGDP se incrementó en 30% por la adición de 4X la cantidad de enzima. Para heno de timoty, las enzimas agregadas en los niveles más altos (16X) mejoraron

el PGDP en 36% debido principalmente a un 17% de incremento en la digestibilidad de la fibra. Esta mejora en PGDP no fue acompañado por un incremento en consumo de alimento, y así, la tasa de conversión alimenticia (TCA) mejoró en 20%. No se observó respuesta en PGDP en los niveles bajos o moderados en timoty, en contraste con lo observado en heno de alfalfa. Se reporta que una respuesta cuadrática en donde altos niveles de aplicación de enzima pueden causar respuestas reducidas o negativas²¹. Sin embargo, los altos niveles de enzimas no son económicos. Dentro de los rangos efectivos de costos, las respuestas a varios niveles de adiciones enzimáticas son esencialmente lineales para ambas dietas: de leche y de engorda¹⁹.

Método de aplicación

Los efectos de las enzimas exógenas son máximos cuando una enzima en solución acuosa se aplica sobre el alimento seco. La enzima en el alimento seco crea un complejo enzima-alimento estable que incrementa la efectividad de la enzima. Este complejo estable ocurre rápidamente (dentro de horas) y una vez estabilizado sobre el alimento seco, las enzimas son estables y efectivas por al menos varias semanas. No se ha observado diferencia en eficacia cuando las enzimas son aplicadas a grano seco de cebada sobre un rango de temperatura de -30 a + 35 °C. De esta forma, los forrajes procesados y los granos almacenados antes de alimentarse dan una oportunidad ideal para el uso de productos enzimáticos²⁰. Las enzimas pueden ser aplicadas durante la manufactura del alimento, pero se debe tener cuidado para asegurar que la temperatura usada durante el procesamiento está dentro de un rango aceptable para el preparado enzimático.

Cuando se aplicó una solución de enzimas directamente al pasto no se observó efecto cuando se agregó en fresco o en heno deshidratado pero cuando se aplicó a pasto seco las enzimas incrementaron las digestibilidades de MS y fibra²². Otros autores también reportaron que los efectos de agregar enzimas a dietas con ensilaje de cebada fueron variables²¹. Los autores especularon que el tratamiento de la ración integral, en vez de una porción,

incrementaba su efectividad. Sin embargo, el nivel de enzima por kilogramo de dieta fue también más alto en este último estudio, y puede también indicar que para que el producto sea efectivo en dietas con ensilaje, se requieren altos niveles de enzima.

La aplicación directa de las enzimas en el rumen puede ser de menos beneficio que la aplicación sobre alimento antes de la alimentación. Se ha reportado que las digestibilidades de MS y fibra fueron más altas cuando la enzima se aplicó sobre el alimento, y de hecho, la aplicación directa en el rumen puede en realidad decrecer la digestibilidad de la MS²¹. Si bien aplicando una solución acuosa de enzimas directamente sobre el alimento mejora la unión de la enzima con el sustrato.

Complejos enzimáticos fibrolíticos en producción de rumiantes

Algunos complejos enzimáticos comerciales se muestran en la Tabla 2. La adición de enzimas exógenas a dietas de vacas lecheras ha mostrado ser efectiva en costo en un rango de dietas. Cuando las enzimas exógenas se aplicaron a pacas de alfalfa que componían el 45% de la dieta total (base MS), la producción de leche se incrementó cerca de 1 kg/d para el tratamiento bajo en enzima, y 2 kg/d para el nivel medio de enzima, sin efectos de las enzimas en consumo de alimento.

A pesar del incremento en la producción de leche, la enzima no cambió el contenido de grasa o proteína láctea. Debido a que las enzimas mejoraron la digestibilidad del alimento sin afectar el consumo, la eficiencia alimenticia fue 2 a 8% más alta en las vacas alimentadas con las pacas tratadas con la enzima. El incremento en la producción de leche con los niveles bajo y medio de enzima subió a 4 a 8% respectivamente. Debido a que las vacas en principio de lactación están en balance negativo de energía, incrementando la disponibilidad de energía por el tratamiento de los alimentos con enzimas llevará a un incremento directo en el rendimiento lácteo¹⁹.

Tabla 2. Complejos comerciales de enzimas fibrolíticas para rumiantes^a.

Producto	Fabricante	Actividad UI (µmol.min.mL)
Alfa	Farmline International, Schaumburg, IL, USA	Celulasa; amilasa; glucosa oxidasa
Grass	Farmline International, Schaumburg, IL, USA	Celulasa; glucosa oxidasa
Alphazyme	Finnfeeds International, Marlborough, Wiltshire, UK	Celulasa 11 500; xilanasas 3 000; celobiasa 40; α-amilasa 5 500; pectinasa 1 250
Grasszyme	Finnfeeds International, Marlborough, Wiltshire, UK	Celulasa 23 000; xilanasas 5 800; celobiasa 55; glucosa oxidasa 83
Xilanasas B	Bioavance Technologies inc., Omaha, NE, USA	Celulasa, 32 UPF ¹ g; xilanasas, 4200 UI
Spezyme CP	Genencor, Rochester, NY, USA	Celulasa, 90 UPF g
Promote	Bioavance Technologies inc., Omaha, NE, USA	Celulasa 31.0; xilanasas 43.4
Promote	Bioavance Technologies inc., Omaha, NE, USA	Xilanasas 26 483; endogluconasa 2 645
Promote N.E.T.	Agribrands International, St. Louis, MO	Celulasa 130/g; xilanasas 120 000/g
Naturgrain 33-L	BASF Corporation, Ludwigshafen, Germany	Endo-1,3(4)-β-glucanasa 6 000/g; endo-1,4-β-xilanasas 2 750/g
Bovizyme	Finnfeeds International, Marlborough, Wiltshire, UK	Celulasa 2736/g; xilanasas 7995/g
Liquicell 2500	Speciality Enzymes and Biochemicals, Fresno, CA, USA	Xilanasas 14 860; endogluconasa 1699; exogluconasa 2.6; β-D-glucosidasa 45.5; α-L-arabinofuranosidasa 1.4
Fibrozyme	Alltech Inc., Nicholasville, KY, USA	No disponible
Maxicel 200	George A. Jeffreys, Salem, VA, USA	Calulasa 200 UI/mb

^aAdaptado de Flores (2004)².

¹UPF = Unidades de actividad de papel filtro

Las vacas alimentadas con las dietas con enzima al principio de la lactación produjeron 4 kg/d más de leche que aquellas con la dieta control. La mejora en la producción de leche debido a las enzimas, fue el resultado directo del incremento en la digestibilidad del alimento. La digestibilidad de la fibra, medida como fibra detergente neutro, se incrementó en ambos, rumen y tubo digestivo total. El contenido de proteína de sobrepeso fue más baja para la dieta con enzima comparada con el control. Sin embargo, la cantidad de proteína microbiana sintetizada en el rumen se incrementó como resultado de la mayor digestión de alimento en rumen. Así, la cantidad total de nitrógeno disponible para la absorción del intestino delgado fue sólo levemente más baja debido al uso de las enzimas¹⁹.

En amplia revisión se muestra que hay una alta variabilidad en el comportamiento productivo de las vacas cuando se utilizaron enzimas como suplemento en el alimento. En promedio, las vacas alimentadas con las enzimas ingirieron cantidades similares que las vacas control (21.7 kg/d de MS). Sin embargo, las vacas ingirieron 7% (+1.5 kg/d) más MS cuando las enzimas se agregaron a la porción del concentrado que a la porción del forraje

(promedio 22.9 vs. 21.4 kg/d, respectivamente). En relación con el estado de lactación, el uso de enzimas mejoró el CMS en 3.8% (+0.8 kg/d) en vacas en mitad de lactación, comparadas con vacas a principios de lactación (promedio 21.8 vs. 21.0 kg/d, respectivamente)².

Una variabilidad similar también se aplica en la producción de leche. En promedio, vacas alimentadas con enzima incrementaron ligeramente la producción de leche (+0.46 kg/d) comparadas con las vacas control (promedio de 29.2 vs. 29.7 kg/d, respectivamente). Sin embargo, la suplementación con enzima fue más efectiva en vacas a principios de lactación, las cuales producen 11.8% más leche que las vacas a mitad de lactación (31.3 vs. 28 kh/d, respectivamente). Esta respuesta es mejor cuando el animal está en balance negativo².

Los efectos de la suplementación con enzimas fibrolíticas son más claros en vacas lecheras alimentadas con dietas basales altas en concentrados que en vacas alimentadas con dietas basales altas en forraje, aunque los resultados también varían.

Las vacas que se alimentaron con complejos enzimáticos ingirieron 4% más ^{MS} (+0.88 kg/d) que las vacas control (promedio 23.7 vs. 22.8 kg/d, respectivamente). Contrario a las vacas alimentadas con alta proporción de forraje, a principios de lactación suplementadas con enzimas comieron 8.5% (+1.9 kg/d) más MS que las vacas a mitad de lactación (24.2 vs. 22.3 kg/d, respectivamente). En relación con la inclusión de la enzima en la porción, el consumo de MS se mejoró 16% (+3.6 kg/d) en vacas alimentadas con enzimas en la porción de forraje comparadas con vacas alimentadas con enzimas en el concentrado (promedio 26 vs. 22.4 kg/d, respectivamente)².

Las vacas lecheras alimentadas con enzimas fibrolíticas en raciones altas en concentrados produjeron 3% (+1 kg/d) más leche que los controles (promedio 35.6 vs. 34.6 kg/d, respectivamente). Las enzimas fibrolíticas fueron más efectivas para vacas a principios de lactación, produciendo 19.4% más (6.1 kg/d) que vacas a mitad de lactación (37.5 vs. 31.4 kg/d, respectivamente). En relación a la porción en la inclusión de la enzima, la producción de leche se mejoró 15.9% (5.4 kg/d) en vacas alimentadas con enzima aplicada en la porción de forraje comparadas con aquellas vacas alimentadas con enzimas en

la porción de concentrado (promedio 39.4 vs. 34.0 kg/d, respectivamente). La mayor producción de leche en vacas a principios de lactación en dietas altas en concentrados y con enzima está de acuerdo con la producción de vacas alimentadas con dietas altas en forraje y con enzima.

Hay pocos estudios de los efectos de complejos de enzimas fibrolíticas en ganado de carne, y principalmente en engorda intensiva. En pacas de alfalfa con una dosis intermedia de enzima se reporta que hay incrementos en consumo de MS (14%), GDP (30%) y conversión alimenticia (16%)². En novillos alimentados con timothy con la más alta dosis de enzima mejoraron consumo de materia seca (5%), GDP (33%) y conversión alimenticia (23%). Los efectos más bajos fueron en la dosis baja de la enzima en consumo de MS (8%), DGP (9%) y conversión alimenticia (3%) cuando se agregó a ensilaje de cebada². En contraste, la inclusión de la enzima en timothy deprimió en 17% el consumo de MS y 9% la GDP. También, las mismas dosis de la enzima aplicada al ensilaje redujeron el consumo de MS (10%) y GDP (10%)². Similarmente se detectaron mejoras en consumo de MS en novillos alimentados con ensilaje con enzimas, pero también se observó una disminución en consumo de MS de 2.6 y 6.3% por la adición de enzimas al ensilaje de cebada¹⁰. Otros autores reportaron mejoras en CMS de 2 a 12% por la adición de enzimas a forraje de pasto seco inmediatamente antes de la alimentación de novillos¹¹. Se han observado mejoras en la conversión alimenticia (12%) en novillos alimentados con dietas de cebada tratada con una enzima con alta actividad xilanasas, pero no con enzimas con alta actividad celulasas²³. No se detectaron efectos en los animales alimentados con dietas de maíz suplementadas con enzimas, excepto para conversión alimenticia que fue mejorada entre 4 y 7%. En otro estudio se encontró que por la adición de enzimas en el concentrado se incrementaron la GDP (9%) y la conversión alimenticia (10%) en vaquillas, pero el consumo de MS no se afectó²⁴. Por otra parte, no se reportan efecto de tratamiento ($P>0.10$) sobre pH ruminal, eficiencia microbiana ruminal, o digestión ruminal o total de materia orgánica y almidón. La suplementación con fibrozyme incrementó ($P<0.05$) la digestión ruminal de FDN (23%) y N alimenticio (5%). La digestión del tubo digestivo total de FDN y N fueron similares ($P<0.10$) entre tratamientos. Los efectos del tratamiento sobre el comportamiento en el

crecimiento de los terneros en engorda durante un periodo de de alimentación de 64 días. La suplementación con fibrozyme incrementó el peso final (3%, $P<0.10$), promedio de ganancia diaria de peso (6%, $P=0.13$), y consumo de materia seca (MS) (4.5%, $P<0.05$)⁸.

La mayoría de estudios acerca de los efectos de las enzimas en ovinos se han enfocado en la digestibilidad y parámetros ruminales en vez de comportamiento productivo. En un estudio en borregas alimentadas con heno de alfalfa (alfalfa o ryegrass) con enzimas aplicadas en el rumen (5 g/d). Para ambos henos, las enzimas incrementaron la concentración de AGV y consumo de MS, sin efecto en pH ruminal. Las enzimas incrementaron la digestibilidad de PC y fibra para alfalfa pero no para ryegrass²⁵. En contraste, en una investigación reportaron que las enzimas aplicadas ya sea a ensilaje o directamente en el rumen no afectaron el consumo de MS y digestibilidad de MO y FDN, pH ruminal, o número de bacterias celulolíticas. En suma, la digestibilidad de MO y FDN fueron más bajas en las enzimas dosificadas ruminalmente en los ovinos que aquellos consumiendo enzimas tratadas en el ensilaje¹⁰. De acuerdo con lo anterior en un estudio no se observaron efectos de enzimas fibrolíticas en consumo de MS, GDP, pH ruminal, digestibilidad de MS, MO, almidón, FDN y FDA del tubo digestivo total, en ovinos alimentados con dietas basadas en concentrado o en forraje²⁶.

En un estudio del efecto de enzimas fibrolíticas en ovejas lecheras. Las ovejas se alimentaron con una ración con 70% forraje y 30% concentrado al cual se le adicionó la enzima. Los tratamientos fueron control y el tratamiento con la enzima (Promote, al 0.47 ml /concentrado. En la etapa de cría (1 a 4 semanas). La producción y la composición de la leche, ingestión de materia seca, crecimiento de los corderos, así como el cambio de peso vivo y de condición corporal no fueron afectados por la suplementación con la enzima. En la etapa de ordeña (6 a 12 semanas). La producción y composición de la leche, así como la ingestión de materia seca no fueron afectadas por la suplementación con la enzima. El cambio en peso vivo y la condición corporal aumentaron ($P<0.05$). En el periodo seco, la suplementación con la enzima redujo la ingestión de materia seca ($P<0.05$)².

Bibliografía

- (1). Beauchemin, K. A., Colombatto, D., Morgavi, D. P. and Yang, W. Z. 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2):E37–E47.
- (2). Flores, P.C. 2004. Mejora de la producción de ganado ovino mediante enzimas fibrolíticas en ovejas lecheras y malato en corderos de engorde. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.
- (3). Jung, H.G. and Allen, M.S. 1995. Characteristics of cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:2774-2790.
- (4). Salinas Ch. J., Yado, P. R. y Lerma, D. E. 1999. *Nutrición Animal Básica. Fomento Educativo.* Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tam. México.
- (5). Nussio, L. G., J. T. Huber, C. B. Theurer, C. B. Nussio, J. Santos, M. Tarazon, R. O. Lima-Filho, B. Riggs, M. Lamoreaux, and R. J. Treacher. 1997. Influence of a cellulase/xylanase complex (C/X) on lactational performance of dairy cows fed alfalfa hay (AH) based diets, *J. Dairy Sci.* 80 (Suppl. 1):220. (Abstr.).
- (6). Lewis, G. E., W. K. Sanchez, C. W. Hunt, M. A. Guy, G. T. Pritchard, B. I. Swanson, and R. J. Treacher. 1999. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:611–617.
- (7). Kung, L., Jr., R. J. Treacher, G. A. Nauman, A. M. Smagala, K. M. Endres, and M. A. Cohen. 2000. The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:115–122.
- (8). Zinn, R. A. and Salinas, J. 1999. Influence of fibrozyme on digestive function and growth performance of feedlot steers fed 78% concentrate growing diet. *Proc. Alltech 15 th Annual Symposium. Biotechnology in the feed industry.* Nottingham University Press. Pp. 313-319.
- (9). Beauchemin, K. A., L. M. Rode, and D. Karren. 1999b. Use of feed enzymes in feedlot finishing diets. *Can. J. Anim. Sci.* 79:243–246.

- (10). McAllister, T. A., S. J. Oosting, J. D. Popp, Z. Mir, L. J. Yanke, A. N. Hristov, R. J. Treacher, and K.-J. Cheng. 1999. Effect of exogenous enzymes on digestibility of barley silage and growth performance of feedlot cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 79:353–360.
- (11). Feng, P., C. W. Hunt, G. T. Pritchard, and W. E. Julien. 1996. Effect of enzyme preparations on in situ and in vitro degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. *J. Anim. Sci.* 74:1349–1357.
- (12). Hristov, A. N., L. M. Rode, K. A. Beauchemin, and R. L. Wuerfel. 1996. Effect of a commercial enzyme preparation on barley silage in vitro and in sacco dry matter degradability. Pages 282–284 in *Proc. Western Section, Am. Soc. Anim. Sci.*
- (13). Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, and L. M. Rode. 1999. Effects of enzyme feed additives on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:391–403.
- (14). Beauchemin, K. A., L. M. Rode, M. Maekawa, D. P. Morgavi, and R. Kampen. 2000. Evaluation of a non-starch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 83:543–553.
- (15). Pritchard, G., C. Hunt, A. Allen, and R. Treacher. 1996. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on digestion and growth performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 74(Suppl. 1):296. (Abstr.)
- (16). Kung, Jr., L.K. 2001. Enzymes for lactating dairy cows: New theories and applications. *Proc. 12th Annual Florida ruminant nutrition symposium*, pp 29-43.
- (17). Morgavi, D. P., K. A. Beauchemin, V. L. Nsereko, L. M. Rode, T. A. McAllister, A. D. Iwaasa, Y. Wang, and W. Z. Yang. 2001. Resistance of feed enzymes to proteolytic inactivation by rumen microorganisms and gastrointestinal proteases. *J. Anim. Sci.* 79:1621–1630.
- (18). Beauchemin, K.A., D. Colombatto, D.P. Morgavi, and W.Z. Yang. 2002. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2):E37-E47.
- (19). Rode, L.M., and K.A. Beauchemin. (s/f). Enzymes to enhance utilization of feed in dairy cows. <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/>

- (20). Beauchemin, K.A., L.M. Rode, and J.H. Sewalt. 1995. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Can. J. Anim. Sci.* 75:641-644.
- (21). Treacher, R., McAllister, T.A., Popp, J.D., Mir, Z., Mir, P. and Cheng, K.J. 1996. Effect of exogenous cellulases and xylanases on feed utilization and growth performance of feedlot steers. *Can. J. Anim. Sci.* 76:542(Abstr.).
- (22). Feng, P., C. W. Hunt, W. E. Julien, K. Dickinson, and T. Moen. 1992. Effect of enzyme addition on *in situ* and *in vitro* degradation of mature cool-season grass forage. *J. Anim. Sci.* 70 (Suppl. 1):309 (Abstract).
- (23). Beauchemin, K.A., S.D.M. Jones, L.M. Rode, and V.J.H. Sewalt. 1997. Effects of fibrolytic enzymes in corn or barley diets on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 77:645-653.
- (24). Beauchemin, K.A., L.M. Rode and D. Karren. 1999a. Use of feed enzymes in feedlot finishing diets. *Can. J. Anim. Sci.* 77:645-653.
- (25). Pinos-Rodríguez, J.M., S.S. González, G.D. Mendoza, R. Bárcena, M.A. Cobos, H. Hernández, and M.E. Ortega. 2002. Effect of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and rye-grass hay fed to lambs. *J. Anim. Sci.* 80:3016-3020.
- (26). McAllister, T.A., K. Stanford, H.D. Bate, R.J. Treacher, A.N. Hristov, J. Baah, J.A. Shelford, and K.J. Cheng. 2000. Effect of a surfactant and exogenous enzymes on digestibility of feed and growth performance and carcass traits of lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 80:35-44.

10

Capítulo

Uso de clorhidrato de zilpaterol en dietas de engorda para borregos

Jaime Salinas Chavira
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Existe un interés en la investigación actual del clorhidrato de zilpaterol en dietas de engorda para borregos en diferentes condiciones de alimentación. En el estudio preliminar de Salinas Chavira *et al.* (2004) en dietas de engorda para borregos Pelibuey (28.7 ± 2.7 kg) se suplementaron 0, 4.35, y 6.0 ppm de zilpaterol. En este estudio los resultados muestran que las dietas con 4.35 y 6 ppm de zilpaterol mejoraron el comportamiento en engorda de los borregos en comparación con el control sin zilpaterol. Robles-Estrada *et al.* (2009) usaron 20 ppm de ractopamina y 6 ppm de zilpaterol en dietas para borregos Pelibuey x Katahdin (34.4 kg) y alimentados por 32 días. Reportan que no se afectó el consumo de materia seca; sin embargo, en comparación al control la ractopamina y el zilpaterol mejoraron la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia, y fue mejor en zilpaterol que en ractopamina.

En la siguiente sección se muestran algunos aspectos a considerar en la utilización de clorhidrato de zilpaterol en dietas de engorda para borregos. Para cada investigación se expone un breve relato con los aspectos principales de cada estudio, esto es con el fin de tener una idea más amplia de cada investigación. Aunque existe una cantidad de reportes de investigación en el tema, sin embargo aún falta mayor cantidad de investigación en algunos temas específicos. También se debe considerar que el zilpaterol está aprobado para uso en bovinos.

Dosis de zilpaterol en dietas de engorda para ovinos

Para determinar la dosis de zilpaterol en dietas de engorda de ovinos se han conducido varios estudios. En esta dirección, Estrada-Angulo *et al.* (2008) en borregos Pelibuey x Katahdin (38.8 ± 0.67 kg) alimentados por 32 días con una dieta de finalizado suplementada con 0, 0.15, 0.20 y 0.25 mg/kg de peso vivo por día de zilpaterol. Reportan que el consumo de MS no se afectó por los tratamientos, pero la suplementación con zilpaterol mejoró la eficiencia alimenticia y retención de energía aparente por unidad de materia seca. En este estudio la mejor dosis fue de 0.20 mg/kg de peso vivo por día de zilpaterol. En la misma línea, Rincon *et al.* (2010) en una dieta de engorda para borregos suplementada con clorhidrato de zilpaterol

a 0, 0.12 o 0.18 mg/kg PV/d concluyen que aunque la respuesta a la suplementación de zilpaterol pudo observarse desde 0.12 mg de zilpaterol/kg PV/d), la eficiencia alimenticia y retención de energía por unidad de materia seca consumida tendieron a ser mejor con 0.18 mg de zilpaterol/kg PV/d. Similarmente, Mondragon *et al.* (2010) en borregos Ramboulliet (32.7 kg) alimentadas por 30 días en dietas con 0, 5, 10.6 y 15.9 mg de zilpaterol / kg de materia seca. Los borregos de raza se alimentaron por 30 días. Concluyen que la mejor respuesta productiva y de las canales se obtiene con 15.9 mg/ kg de materia seca. En otro estudio Lopez-Carlos *et al.* (2010) Usaron ractopamina (RH; 0.35, 0.70 y 1.05 mg kg PV/d) y zilpaterol (ZH; 0.10, 0.20 y 0.30 mg kg PV/d) en corderos Dorper × Katahdin alimentados por 42 días. No se encontraron diferencias significativas en las características de crecimiento por efecto de RH o ZH. Sin embargo, peso final, ganancia de peso y consumo de alimento aumentaron linealmente como los niveles de ambos agonistas β -adrenérgicos se incrementaron. Avendaño-Reyes *et al.* (2011) en borregas Dorper x Pelibuey ($25.1 \pm 0,6$ kg) alimentadas por 34 d con dietas con clorhidrato de zilpaterol (ZH; 0 y 10 mg/animal/d). El ZH aumentó la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia de corderas, mientras que el consumo de alimento no fue afectado. En estos estudios se observa que los borregos mejoran su ganancia de peso y eficiencia alimenticia con la suplementación de zilpaterol a dosis desde 0.10 hasta 30 mg /kg de PV por día, sin embargo niveles cercanos a 0.20 mg /kg de PV por día pueden ser suficientes para obtener los beneficios en la producción de los borregos en engorda.

Además de considerar el peso vivo de los borregos que se van a engordar, para ajustar los mg de principio activo del beta agonista se debe considerar el consumo de alimento, para que la dieta se formule con la cantidad adecuada del zilpaterol. Una forma práctica es ajustar la dosis puede ser en base a principio activo por kg de dieta. En base a estos estudios dosis cercanas a 6 ppm de zilpaterol en dietas son suficientes para que los borregos en engorda mejoren sus parámetros productivos. El peso vivo inicial de los borregos, el tipo de dieta, el periodo de suplementación de zilpaterol, también pueden influir en la respuesta productiva de los borregos.

En otros pequeños rumiantes, el zilpaterol podría ser de beneficio en la producción. Lopez-Carlos *et al.* (2014). En cabras en crecimiento durante los últimos 42 días antes del sacrificio suplementaron (dosis diaria de ZH en 0.0, 0.1, 0.2 o 0.3 mg/kg de PV en la dieta). Concluyen que el zilpaterol mejoró el comportamiento productivo de las cabras, con diferencias de crecimiento pequeños entre las cabras que se les dio ZH a dosis de 0.2 o 0.3 mg/kg de PV, y la menor dosis de 0.2 mg/kg de PV parece suficiente para favorecer el crecimiento.

Estrategias de uso de zilpaterol en dietas de engorda para ovinos

Se han explorado estrategias para mejorar la respuesta productiva con el zilpaterol. Lopez-Carlos *et al.* (2012). En corderos Dorper × Katahdin (30.0 ± 1.6 kg) alimentados los últimos 30 días antes del sacrificio probaron 7 tratamientos dietéticos: 1) control (CTL) = dieta sin β -AA; 2) RH constante (RHC) = 20 mg/kg de RH, d 1 a 30; 3) RH aumentando (RHI) = 10 mg/kg, d 1 a 10; 20 mg/kg, d 11 a 20; y 30 mg/kg, d 21 a 30; 4) RH disminuyendo (RHD) = 30 mg/kg, d 1 a 10; 20 mg/kg, d 11 a 20; y 10 mg/kg, d 21 a 30; 5) constante de ZH (ZHC) = 6 mg/kg de ZH, d 1 a 30; 6) ZH aumentando (ZHI) = 3 mg/kg, d 1 a 10; 6 mg/kg, d 11 a 20; y 9 mg/kg d 21 a 30; y 7) ZH disminuyendo (ZHD) = 9 mg/kg, d 1 a 10; 6 mg/kg, d 11 a 20; y 3 mg/kg, d 21 a 30. En general la suplementación de β -AA redujo el consumo de materia seca comparado con corderos de CTL, pero corderos alimentados RHI y ZHI tuvieron mayor ganancia de peso y conversión alimenticia. De este estudio se concluye que una estrategia para mejorar la producción de los borregos en engorda es utilizar las dosis crecientes de RH o ZH. Por lo que se suplementa 30 días con el zilpaterol, de los cuales los primeros 10 días se usan 3 mg/kg; los siguientes 10 días se usan 6 mg/kg, y los últimos 10 días se usan 9 mg de zilpaterol /kg de alimento.

Otra estrategia explorada es en relación al periodo de suplementación del zilpaterol; para lo cual, Lopez-Carlos *et al.* (2011) en corderos Dorper × Katahdin (28.9 ± 0.9 kg) suplementaron ractopamina (RH; 20 mg RH/kg de

dieta MS) y clorhidrato de zilpaterol (ZH; 6 mg ZH/kg de la dieta base a materia seca) para los últimos 14, 28 o 42 d del período de engorda, y un grupo control (sin β -AA). Los corderos alimentados con β -AA tuvieron mayor PV final, GDP y eficiencia alimenticia. El desempeño de productivo fue similar entre el RH y ZH. En el estudio se observó que con mayor duración de suplementación ZH aumentó el consumo de materia seca. Los datos numéricos de esta investigación indican que 28 o 42 d de suplementación con los beta-adrenérgicos rinden resultados similares en comportamiento productivo de los borregos, los cuales son mejores que el control o 14 d de suplementación.

Vahedi *et al.* (2014) en corderos de engorde Lori-Bakhtiari (PV inicial = 44 ± 4.7 kg) probaron la suplementación continua de ZH (régimen diario), intermitente 1 (régimen 1 en 1) e intermitente d 2 (régimen 2 en 2). La dosis de zilpaterol fue 0 y 2 mg ZH/kg de peso vivo/ d. La dieta basal sin ZH fue el grupo de control. En este estudio se concluye que en general, la eficiencia alimenticia y algunas características de la canal se mejoran con la suplementación continua (diario) de ZH en 28 o 42 d antes del sacrificio, así como en 42 d en forma alternada 1 x 1; es decir un día con zilpaterol seguido por un día sin zilpaterol.

De estos estudios (López-Carlos *et al.* 2012; Lopez-Carlos *et al.* 2011; Vahedi *et al.* 2014) se puede ver que el zilpaterol da mejores resultados en comportamiento productivo de los borregos en engorda cuando se suplementa los últimos 30 a 42 días antes del sacrificio, y la suplementación constante (diaria) ofrece resultados mejores, aunque a 42 días de suplementación el zilpaterol ofrecido en forma alterna (1 d con y 1 s sin zilpaterol) tiene resultados que pueden ser buenos. Se requiere de más investigación de este tipo para validar los resultados.

Efecto en la producción de engorda de borregos suplementados con zilpaterol en condiciones de estrés calórico

El zilpateron ha mostrado mejorar el comportamiento productivo de los borregos en engorda en varias condiciones de alimentación, sin embargo en condiciones de estrés calórico los estudios no son concluyentes y se

precisa mayor investigación. Macías-Cruz *et al.* (2010) en borregas Katahdin xPelibuey y Dorper xPelibuey (26.2 kg) suplementaron dietas con 0 y 10 mg de zilpaterol/kg /día. Las borregas se alimentaron por 34 días en condiciones de alta temperatura ambiental; el índice de temperatura-humedad fue de 85 unidades, con temperatura promedio de 34.1°C. Se reportó que las borregas con CZ tuvieron mayor temperatura de la panza y flanco derecho que las borregas sin CZ. En esta investigación se concluye que el comportamiento productivo, fue similar para borregas con CZ y control. De acuerdo con este estudio, Davila-Ramirez *et al.* (2014) en corderos Dorper x Pelibuey (31,7 ± 2,30 kg) alimentados por 34 d en condiciones de estrés por calor moderado (35.7 ° C) usaron 0 o 10 mg ZH/cordero diariamente y aceite de soja (SBO; 0 o 6%). En los resultados, la interacción ZH × SBO no fue observada. Se concluye que, en el total del estudio (34 d) el ZH y el SBO en dietas de acabado no se mejoró el rendimiento en la ceba de corderos bajo estrés de calor moderado, aunque el rendimiento de engorda el ZH respondió sólo durante los primeros 17 días del período de alimentación. En otro estudio, Macías-Cruz *et al.* (2013) En borregas Dorper x Pelibuey (24.56±0.70 kg) alimentadas en primavera y verano, bajo condiciones áridas del noroeste de México.

En cada época, los grupos de borregas fueron sin CZ (SCZ) o con 10 mg de CZ/animal/día (CCZ) durante 32 días. Se reporta que las corderas CCZ de primavera presentaron mayor peso final, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia que las corderas CCZ de verano o las corderas SCZ de ambas épocas. El consumo de alimento no varió por efecto del CZ. En este estudio se indica que las altas temperaturas registradas en verano limitan el funcionamiento de CZ para mejorar el crecimiento y la eficiencia alimenticia de corderas de pelo finalizadas en corral.

Con base a estos reportes (Macías-Cruz *et al.* 2010; Davila-Ramirez *et al.* 2014; Macías-Cruz *et al.* 2013) podría asumirse que en condiciones de estrés calórico el zilpaterol tiene efecto limitado en la mejora de producción de borregos de engorda, sin embargo aún se requieren más reportes de investigación en diversas condiciones de alimentación para que la conclusión sea validada.

Efecto en la producción de borregos en pastoreo suplementados con zilpaterol

Salinas-Chavira, *et al.*, 2006. En borregos pastoreando Zacate Angleton (*Dichanthium aristatum*) y suplementados con un concentrado (21,76% de proteína cruda y 2.77 Mcal/kg de energía metabolizable). Se consideraron 3 tratamientos que consistieron en un grupo control y dos grupos suplementados con zilpaterol a 10 ppm en el concentrado; en un grupo se suplementó con zilpaterol por 20 d y el otro grupo por 30 d. Reportan que los tratamientos no influyeron sobre la ganancia de peso o el área del *Longissimus dorsi* pero la suplementación con zilpaterol disminuyó la grasa subcutánea. Se necesita más investigación en este tema.

Efecto de suplementación con zilpaterol sobre características de digestión de dietas de engorda para borregos

Existen pocos reportes disponibles donde se estudie el efecto del zilpaterol sobre la digestibilidad de nutrientes. Lopez-Carlos *et al.* (2010) usaron ractopamina (RH; 0.35, 0.70 y 1.05 mg kg PV/d) y zilpaterol (ZH; 0.10, 0.20 y 0.30 mg kg PV/d) en dietas de engorda para corderos. Reportan que los coeficientes de digestibilidad de material seca, proteína cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro no se influenciaron por los beta adrenérgicos en la dieta. Resultados diferentes son reportados por Macias-Cruz *et al.* (2013) quienes evaluaron la ingesta de nutrientes y digestibilidad de dietas con 0 y 10 mg ZH /cordero. Reportan que el consumo de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y energía bruta eran menores para ZH que para el control. La digestibilidad de tracto total de materia seca, materia orgánica, proteína cruda, extracto libre de nitrógeno, y fibra detergente ácido también fue menor para ZH. Además, la ingesta calculada de energía digestible, energía metabolizable, y nutrientes digestibles totales disminuyeron con la suplementación de ZH. En conclusión, ZH la suplementación de corderos que consumen dietas de engorde en corral resultó reduce el consumo y la

digestibilidad de algunos nutrientes. Estos reportes contrastan el efecto de ZH en dietas sobre la digestibilidad de nutrientes por lo que se requiere más estudios en este tema.

Efecto de suplementación con zilapaterol en dietas de engorda para borregos sobre metabolitos

Lopez-Carlos *et al.* (2010) Al suplementar dietas con ractopamina y en corderos por 42 días reportan que los beta-adrenérgicos no influyeron sobre los niveles en suero de proteínas totales, creatinina, glucosa y triglicéridos. Lopez-Carlos *et al.* (2012) en corderos reportan que la concentración sérica de la N-urea se redujo con la administración de RH o ZH. También reportan que las proteínas plasmáticas totales, creatinina, triglicéridos o colesterol no fueron afectados por β -AA inclusión en las dietas de corderos. Señalan que la falta de efecto de RH o ZH en creatinina, pero con la reducción de la concentración de urea plasmática en el estudio puede indicar que ambos AA- β tienen un efecto mucho mayor en el aumento de la proteína sintetizada y que en la degradación de las proteínas. Similarmente, Vahedi *et al.* (2014) reportan que se redujeron las concentraciones N-urea en plasma en corderos que reciben diariamente ZH en la dieta, aunque no se alteraron las concentraciones de otros metabolitos involucrados en metabolismo de carbohidrato o lípido (glucosa, triglicéridos, colesterol, HDL, LDL, proteínas totales, creatinina).

Con base a estos reportes (Lopez-Carlos *et al.* 2010; Lopez-Carlos *et al.* 2012; Vahedi *et al.* 2014) se observa que el zilpaterol puede tener mayor efecto en los compuestos nitrogenados (proteínas) que son retenidos y que podrían ser usados para su crecimiento muscular. Sin embargo los metabolitos considerados en el metabolismo energético (glucosa, triglicéridos, lipoproteínas) no se han influenciado por la suplementación con zilpaterol. Al igual que en otras secciones, también en este tema se requiere de mayores estudios para ser conclusivos, y contar con una explicación metabólica que considere la parte relacionada con energía y no solo proteínas.

Efecto del zilpaterol sobre las características de la canal de ovinos

En estudio preliminar, Salinas Chavira *et al.* (2004) reportan que la grasa subcutánea no se influencio por el zilpaterol, pero fue mayor el área del *Longissimus dorsi* de borregos suplementados con zilpaterol. En forma diferente, Estrada-Angulo *et al.* (2008) reportan que el Zilpaterol no afectó el peso de la canal, área del músculo longissimus o espesor de la grasa, pero aumentó rendimiento en canal y redujo la grasa de riñón-pélvis-corazón. Macias-Cruz *et al.* (2010) en condiciones de estrés calórico concluyen que el crecimiento y deposición de grasa excesiva de las borregas de pelo no se mejoró con el CZ, aunque las variables de calidad de la canal como rendimiento y área del longissimus dorsi se mejoraron con CZ.

En otros estudios se reporta reducción de la grasa corporal con el zilpaterol, Robles-Estrada *et al.* (2009) reportan que los beta-adrenérgicos incrementan la masa muscular y reducen de la grasa corporal. Similarmente, Rincon *et al.* (2010) encontraron que la suplementación con Zilpaterol mejoró el peso y el rendimiento de la canal, con reducción de la grasa del pélvico-renal, así como el peso del hígado y la grasa mesentérica. Adicionalmente, Mondragon *et al.* (2010) observaron que el zilpaterol incrementó el rendimiento en canal, diámetro torácico, se redujo la grasa en las vísceras y longitud de la pierna. Consistentemente, Lopez-Carlos *et al.* (2010) observaron que al aumentar los niveles de ZH se disminuyó linealmente el espesor de la grasa y mejoró el grado de rendimiento del USDA y grado de calidad de canal.

Lopez-Carlos *et al.* (2012) encontraron que el peso y rendimiento de canal mejoró por beta adrenérgicos administrados, los cuales redujeron el espesor de la grasa y el grado de rendimiento. Reportan una reducción de la masa del hígado (g/kg de PV vacío) por efecto del zilpaterol. Lopez-Carlos *et al.* (2011) encontraron que corderos alimentados con β -AA tuvieron mayor peso y rendimiento en canal caliente, área de LM y menor grasa en comparación con los corderos alimentados con la dieta control. Los canales mostraron características de la canal más deseable si los corderos fueron alimentados ZH durante 42 días. Avendaño-Reyes *et al.* (2011) reportan que los

pesos frío y caliente, el rendimiento en canal y área de LM mejoraron cuando fue alimentado ZH, sin afectar la pérdida durante la refrigeración, longitud del canal, espesor de grasa o la grasa de riñón-pélvis-corazón. Con la excepción del peritoneo, cabeza y el cuello, el ZH no aumentó los componentes que no son de la canal o el rendimiento de cortes mayores. Macias-Cruz *et al.* (2013) encontraron que el rendimiento y el peso de la canal y el área del músculo *Longissimus dorsi* fue mayor en corderas CCZ. La grasa de cobertura y porcentaje de grasa pélvica-renal-corazón no variaron por efecto del CZ.

Davila-Ramírez *et al.* (2014) Reportan que ZH disminuyó la grasa de riñón-pélvis-corazón, grasa renal, y rendimiento de lomo; aunque se aumentó el rendimiento en canal, área de LM, pH de LM en 24 h post mortem y el perímetro y el rendimiento de la pierna. Otros cortes principales no fueron afectados por ZH. Vahedi *et al.* (2014) reportan que corderos alimentados con ZH continuamente por 28 días tuvieron mayor y área del músculo longissimus dorsi. Pero el espesor de grasa dorsal tendió a ser menor en grupos tratados con ZH. Los pesos de canal fría y caliente, rendimiento en canal y grasa intramuscular fueron mayores para la alimentación diaria para 28 o en 42 d en forma intermitente (1 con zilpaterol por 1 sin zilpaterol).

De estos reportes se puede observar que la suplementación con zilpaterol produce canales más magros, i.e. más músculo con menos grasa. Aunque otras variables no son consistentes en todos los estudios. Se requiere de más investigación para confirmar el efecto del zilpaterol sobre el peso de viseras. Al parecer el zilpaterol disminuye la masa (g/kg de PV vacío) del hígado.

Efecto del zilpaterol sobre las características de la carne de ovinos

Mondragon *et al.* (2010) encontraron un incremento para proteína y ceniza del músculo dorsal en corderos suplementados con zilpaterol. Los valores del músculo dorsal para resistencia al corte y área presentaron tendencia cubica. Por su parte Lopez-Carlos *et al.* (2012) reportan que la mayoría de las características del músculo dorsal como pH, pérdida de humedad y composición química no fueron por beta adrenérgicos, con la excepción de

contenido de grasa que se redujo y el diámetro de las fibras del músculo que se incrementó por tratamiento ZH. El ZH redujeron el enrojecimiento (valor a^*) de los músculos semitendinoso y dorsal, pero no afectó los valores de luminosidad (L^*) o amarillado (b^*). Aunque el ZH mejoró las características de la canal, el mayor diámetro de la fibra del músculo dorsal de corderos podría ser desfavorable debido al efecto negativo potencial de suavidad o ternura de la carne. Consistentemente, Davila-Ramírez *et al.* (2013) reportan que La alimentación ZH disminuyó los parámetros de color y grasa intramuscular y aumentó el pH y resistencia al corte. Adicionalmente, en otra prueba los panelistas observaron una disminución en color global, carne más dura y mayor contenido de tejido conectivo por la suplementación ZH. En forma diferente, Brand *et al.* (2013) encontraron que los β -adrenérgicos no tuvieron efecto sobre los componentes del análisis proximal, espesor de grasa o la ternura de la carne de corderos.

Con base a estos reportes, se podría sugerir que el zilpaterol suplementado en dietas de borregos de engorda puede tener efecto sobre las características de la carne, con mayor resistencia al corte y con carne menos roja, con una fibra muscular de mayor diámetro; posiblemente con una carne con menos grasa (más magra). Esto en calidad de carne podría afectar el valor de los cortes selectos de cordero de alto valor económico, aunque en México estos cortes se comercializan poco. El mayor consumo de la carne de borrego en México es en forma de barbacoa, existiendo limitada información del efecto de zilpaterol sobre la calidad de la carne preparada de esta forma.

Inocuidad de la carne de ovinos alimentados con zilpaterol

Se recomienda la lectura del artículo de revisión publicado por Sumano *et al.* (2002). El zilpaterol es un receptor agonista beta adrenérgico sintético, tiene algunas características similares a las catecolaminas naturales epinefrina y norepinefrina así como con otros beta agonista adrenérgicos. La diferencia estructural del zilapterol en comparación con otros beta-adrenérgicos como el clenbuterol hace que tengan diferente tiempo de permanencia así como

por su actividad en el organismo. De acuerdo con este autor el clenbuterol está prohibido por mantener alta actividad en la carne de los animales que lo consumieron. Se estima que el zilpaterol puede ser 2000 veces menos potente que el clenbuterol para estimular la actividad cardiovascular o broncodilatadora. El zilpaterol se elimina más rápido del organismo que el clenbuterol. Para zilpaterol en bovinos el tiempo de retiro es 48 a 72 h antes del sacrificio.

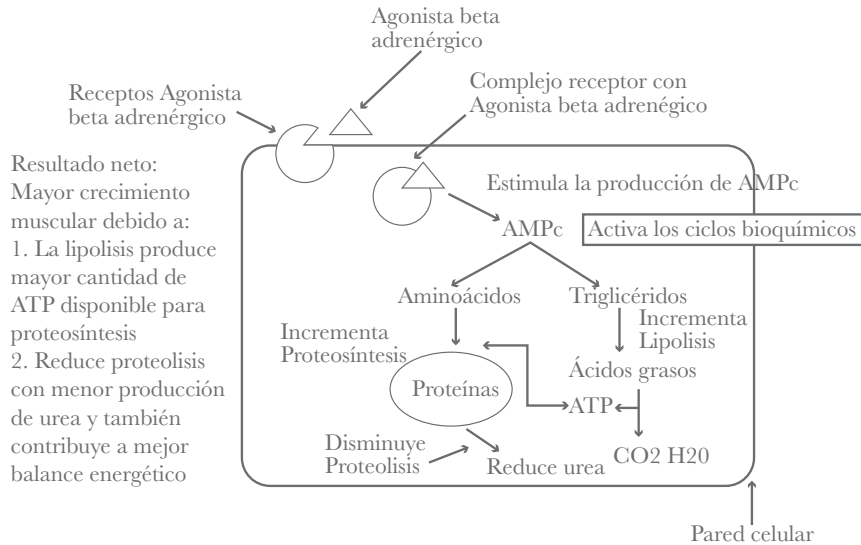
Shelver y Smith (2006) demostraron que el zilpaterol es rápidamente eliminado en el organismo de borregos, y aproximadamente el 95% del zilpaterol consumido es eliminado en el día 2 de retiro, con un promedio de permanencia de zilpaterol de 15 horas. Sus resultados muestran que el zilpaterol se excreta principalmente en orina, y se acumula principalmente en riñón e hígado, los cuales tienen aproximadamente 2 veces la concentración de zilpaterol que el músculo. Shelver *et al.* (2011) reportan que el zilpaterol se excreta en orina rápidamente, en sus datos en los días 0, 1, 2, 3, 5, 7 y 9 de retiro, las respectivas concentraciones de zilpaterol fueron 858, 200, 44.8, 18.8, 3.4, 0.4 y 1.4 ng/mL. Reportan que las concentraciones en hígado, riñón y músculo fueron en el día de retiro cero de 33.7, 69.6 y 13.6 pero para el día 2 de retiro fueron 8.3, 9.4 y 4.6 ng/g de zilpaterol. Esto muestra que el zilpaterol se acumula principalmente en hígado y riñón y es menor en músculo, también se observa que las concentraciones se reducen rápidamente en los tejidos una vez se retira el zilpaterol del alimento de los ovinos. Aunque con estos datos no se puede hacer una conclusión definitiva. Sin embargo se observa que, igual que en bovinos, en borregos se requiere un tiempo de retiro del zilpaterol antes del sacrificio para que el consumo de la carne no cause problemas al consumidor, en este caso 2 días podría ser aceptado. Se requiere una evaluación más estricta de inocuidad o seguridad al consumidor, antes de que se apruebe el uso de zilpaterol en borregos de engorda.

Mecanismo de acción del zilpaterol

Al revisar lo expuesto, se observa que los ovinos suplementados con zilpaterol en la mayoría de generalmente tienen canales más magras con mayor crecimiento muscular y menor acumulación de lípidos. El mayor desarrollo

muscular se puede asociar con mayor retención de nitrógeno ocasionado por anabolismo de proteína y menor urea circulante. También se promueve el crecimiento de la fibra muscular la cual tiene mayor dimensión. Para el caso de los lípidos es un mecanismo diferente, ya que el zilpaterol tiene efecto catabólico o degradación de grasa. Durante el catabolismo de la grasa se genera energía (ATP) la cual se usa para crecimiento de la célula muscular.

En forma general los agonistas beta adrenérgicos se unen a los receptores beta adrenérgicos de la pared celular y se forma el complejo de agonista-receptor que activa la proteína Gs que da como resultado la activación de la enzima que produce la el mono fosfato de adenosina cíclico (AMPc). Ésta es la molécula bioquímica implicada en la activación metabólica que se mencionó anteriormente y que incluye proteo síntesis y lipolisis.



Mecanismo de acción de agonista beta adrenérgicos como el clorhidrato del zilpaterol

Bibliografía

- Avendano-Reyes, L., Macias-Cruz, U., Alvarez-Valenzuela, F.D., Aguila-Tepato, E., Torrentera-Olivera, N.G., Soto-Navarro, S.A. 2011. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *J. ANIM. SCI.* 89: 4188-4194.
- Brand, T.S., Genis, M.P., Hoffman, L.C., van de Vyver, W.F.J., van der Walt, C., Jordaan, G.F. 2013. Effects of dietary energy content and provision of β -adrenergic agonist on the production of feedlot lambs. *South African Journal of Animal Science.* 43: 135-139.
- Brand, T.S., Genis, M.P., Hoffman, L.C., van de Vyver, W.F.J., Swart, R. Jordaan, G.F. 2013. The effect of dietary energy and the inclusion of a β -adrenergic agonist in the diet on the meat quality of feedlot lambs. *South African Journal of Animal Science.* 43: 140-145.
- Davila-Ramirez, J. L., Macias-Cruz, U., Torrentera-Olivera, N. G., Gonzalez-Rios, H., Soto-Navarro, S. A., Rojo-Rubio, R., Avendano-Reyes, L. 2014. Effects of zilpaterol hydrochloride and soybean oil supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of hair-breed ram lambs under heat stress conditions. *J. ANIM. SCI.* 92: 1184-1192.
- Davila-Ramirez, Jose L., Avendano-Reyes, L., Macias-Cruz, U., Torrentera-Olivera, N.G., Zamorano-Garcia, L., Pena-Ramos, A., Gonzalez-Rios, H. 2013. Effects of zilpaterol hydrochloride and soybean oil supplementation on physicochemical and sensory characteristics of meat from hair lambs. *SMALL RUMINANT RES.* 114: 253-257.
- Domínguez-Vara. I.A., Mondragón-Ancelmo, J., González Ronquillo, M., Salazar-García, F. José Luis Bórquez-Gastelum, J.L., y Aragón-Martínez, A. 2010. Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *CI ENCIA ergo sum.* 16: 278-284.

- Estrada-Angulo, A., Barreras-Serrano, A., Contreras, G., Obregon, J. F., Robles-Estrada, J. C., Plascencia, A., Zinn, R. A. 2008. Influence of level of zilpaterol chlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *SMALL RUMINANT RES.* 80: 107-110.
- Lopez-Carlos, M. A., Ramirez, R. G., Aguilera-Soto, J. I., Arechiga, C. F., Mendez-Llorente, F., Rodriguez, H., Silva, J. M. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *LIVESTOCK SCIENCE.* 131:23-30.
- Lopez-Carlos, M. A., Ramirez, R. G., Aguilera-Soto, J. I., Plascencia, A., Rodriguez, H., Arechiga, C. F., Rincon, R. M., Medina-Flores, C. A., Gutierrez-Banuelos, H. 2011. Effect of two beta adrenergic agonists and feeding duration on feedlot performance and carcass characteristics of finishing lambs. *LIVESTOCK SCIENCE.* 138: 251-258.
- Lopez-Carlos, M. A., Ramirez, R. G., Aguilera-Soto, J. I., Rodriguez, H., Arechiga, C. F., Mendez-Llorente, F., Chavez, J. J., Medina, C. A., Silva, J. M. 2012. Effect of the administration program of 2 beta-adrenergic agonists on growth performance and carcass and meat characteristics of feedlot ram lambs. *JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE.* 90: 1521-1531
- Lopez-Carlos, M. A., Aguilera-Soto, J. I., Ramirez, R. G., Rodriguez, H., Carrillo-Muro, O, Mendez-Llorente, F. 2014. Effect of zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass characteristics of wether goats. *SMALL RUMINANT RESEARCH.* 117: 142-150.
- Macias-Cruz, U., Alvarez-Valenzuela, F. D., Torrentera-Olivera, N. G., Velazquez-Morales, J. V., Correa-Calderon, A., Robinson, P. H., Avendano-Reyes, L. 2010. Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of ewe lambs during heat-stress conditions. *ANIMAL PRODUCTION SCIENCE.* 50: 983-989.
- Macias-Cruz, U., Alvarez-Valenzuela, F. D., Soto-Navarro, S. A., Aguila-Tepato, E., Avendano-Reyes, L. 2013. Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, nutrient intake, and digestibility in hair-breed sheep. *JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE.* 91: 1844-1849

- Macias-Cruz, U., Avendano-Reyes, L., Alvarez-Valenzuela, FD., Torrentera-Olivera, N.G., Meza-Herrera, C., Mellado-Bosque, M., Correa-Calderon, A. 2013. Growth and carcass characteristics of ewe lambs treated with zilpaterol hydrochloride during spring and summer. *REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS*. 4: 1-12.
- Mondragon, J., Dominguez-Vara, I. A., Pinos-Rodriguez, J. M., Gonzalez, M., Borquez, J. L., Dominguez, A., Mejia, M. L. 2010. Effects of feed supplementation of zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass traits of finishing lambs. *ACTA AGRICULTURAE SCANDINAVICA SECTION A-ANIMAL SCIENCE*. 60: 47-52.
- Rincon, FGR; Barreras-Serrano, A; Estrada-Angulo, A; Obregon, JF; Plascencia-Jorquera, A; Portillo-Loera, JJ ; Zinn, RA. 2010. Effect of Level of Dietary Zilpaterol Hydrochloride (beta(2)-agonist) on Performance, Carcass Characteristics and Visceral Organ Mass in Hairy Lambs Fed All-concentrate Diets. *JOURNAL OF APPLIED ANIMAL RESEARCH*. 38:33-38
- Robles-Estrada, J. C., Barreras-Serrano, A., Contreras, G., Estrada-Angulo, A., Obregon, J. F., Plascencia, A. Rios, F. G. 2009. Effect of Two beta-Adrenergic Agonists on Finishing Performance and Carcass Characteristics in Lambs Fed All-Concentrate Diets. *JOURNAL OF APPLIED ANIMAL RESEARCH*. 36: 33-36.
- Salinas-Chavira J, Domínguez-Muñoz M, Díaz-Martínez R, Cruz-Bautista P, Montaña-Gómez MF, Arzola-Alvarez C. 2006. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight gain in grazing Pelibuey lambs. *J Appl Anim Res*. 29:25-28.
- Salinas-Chavira J, Ramirez RG, Domínguez-Muñoz M, Palomo-Cruz R, López-Acuña VH. 2004. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *J Appl Anim Res*. 26:13-16.
- Shelver, W. L. and Smith, DJ. 2006. Tissue residues and urinary excretion of zilpaterol in sheep treated for 10 days with dietary zilpaterol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:4155-4161.
- Shelver, W. L. and D. J. Smith. 2011. Immunochemical-based zilpaterol

- measurement and validation in urine and tissues. *Food and Agricultural Immunology*. 22:247-258.
- Sumano, L. H.; C. L. Ocampo y O. L. Gutiérrez (2002). Clembuterol y otros β -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? *Veterinaria México*. 33:137-159.
- Vahedi, V. ; Towhidi, A. ; Shahneh, A.Z. ; Sadeghi, M. ; Zamani, F. ; Dunshea, F. R. 2014. Effects of beta-gonist zilpaterol hydrochloride feeding and supplementation period on growth and carcass characteristics of Lori-Bakhtiari lambs. *SMALL RUMINANT RESEARCH*. 119: 65-71.