



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Impacto y relevancia de un
programa de inseminación
artificial en la mejora
productiva de rebaños de
Ovinos

pág. 65

Año 10 • Volumen 10 • Número 2 • febrero, 2017

PERFIL DE ACIDOS GRASOS DE BARBACOA DE BORREGOS PELIBUEY	3
EFFECTO DE <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni EN ALIMENTO DE CORDEROS LACTANTES, SOBRE SU DESARROLLO, CONSUMO DE ALIMENTO, NIVEL SÉRICO DE PROTEÍNAS, MORTALIDAD Y COSTO	9
DESARROLLO DE FOLÍCULOS Y CUERPO LÚTEO EN CABRAS COMO RESPUESTA AL SUMINISTRO DE SELENIO	15
IMPORTANCIA ECONÓMICO Y SOCIAL DEL SECTOR ACUÍCOLA EN MÉXICO	19
ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL PASTO (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach), VARIEDAD TAIWÁN EN CHIAPAS, MÉXICO	25
ÍNDICES DE SELECCIÓN EN GANADO BRAUNVIEH EN MÉXICO USANDO METODOLOGÍA DE GANANCIA DESEADA	33
y más artículos de interés...	

Guía para autores

Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación científica y tecnológica, auspiciada por el Colegio de Postgraduados de forma mensual para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se publica información original y relevante para el desarrollo agropecuario, social y otras disciplinas relacionadas, en formato de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones son arbitradas y la publicación final se hace en idioma español. La contribución debe tener una extensión máxima de 15 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Resumen, abstract, objetivos, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas, Ensayos y Relatorías: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten o proponen.

Formato

Título. Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*.

Autor o Autores. Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

Cuadros. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro.

Figuras. Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas libros y Revistas:

- Bozzola J. J., Russell L. D. 1992. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. Ed. Jones and Bartlett. Boston. 542 p.
- Calvo P., Avilés P. 2013. A new potential nano-oncological therapy based on polyamino acid nanocapsules. *Journal of Controlled Release* 169: 10-16.
- Gardea-Torresdey J. L., Peralta-Videa J. R., Rosa G., Parsons J. G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews* 249: 1797-1810.

Agro productividad. Año 10, Volumen 10, número 2, febrero 2017, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-022412450500-102. ISSN: 2448-7546, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Impresa en México por LIBROS EN DEMANDA, S. DE R. L. DE C. V. Calle 3 No. 1000, Zona Industrial, Guadalajara, Jalisco, México. CP. 44940. Este número se terminó de imprimir el 28 de febrero de 2017 con un tiraje de 3000 ejemplares.



El costo por publicación aceptada es \$2500.00 MX.



Contenido

3	PERFIL DE ACIDOS GRASOS DE BARBACOA DE BORREGOS PELIBUEY
9	EFFECTO DE <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni EN ALIMENTO DE CORDEROS LACTANTES, SOBRE SU DESARROLLO, CONSUMO DE ALIMENTO, NIVEL SÉRICO DE PROTEÍNAS, MORTALIDAD Y COSTO
15	DESARROLLO DE FOLÍCULOS Y CUERPO LÚTEO EN CABRAS COMO RESPUESTA AL SUMINISTRO DE SELENIO
19	IMPORTANCIA ECONÓMICO Y SOCIAL DEL SECTOR ACUÍCOLA EN MÉXICO
25	ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL PASTO (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach), VARIEDAD TAIWÁN EN CHIAPAS, MÉXICO
33	ÍNDICES DE SELECCIÓN EN GANADO BRAUNVIEH EN MÉXICO USANDO METODOLOGÍA DE GANANCIA DESEADA
37	USO DE FRUTOS TROPICALES (FABACEAE) PARA COMPLEMENTO ALIMENTICIO DE PEQUEÑOS RUMIANTES
42	ADMINISTRACIÓN ENDOVENOSA DE JALEA REAL EN LA ACTIVIDAD OVÁRICA Y TASA OVULATORIA DE OVEJAS PELIBUEY
47	PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN OVINOS DE PELO PARA ABASTO CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN TABASCO, MÉXICO
53	FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA CALIDAD SEMINAL DEL CARNERO
60	DIVERSIDAD E IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN YUCATÁN, MÉXICO
65	IMPACTO Y RELEVANCIA DE UN PROGRAMA DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN LA MEJORA PRODUCTIVA DE REBAÑOS DE OVINOS
72	PRODUCCION, CALIDAD Y DESARROLLO DE EMBRIONES EN OVEJAS PELIBUEY ALIMENTADAS CON <i>Clitoria ternatea</i> L., EN CONDICIONES TROPICALES
79	¿CUANTOS KILOGRAMOS DE PESO SON NECESARIOS PARA CAMBIAR LA CONDICIÓN CORPORAL EN OVEJAS PELIBUEY?
82	EVALUACIÓN DE UN DILUTOR ELABORADO CON JUGO DE <i>Opuntia</i> sp., EN LA CRIOCONSERVACIÓN DE SEMEN DE BOVINO

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



CONACYT
ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

EBSCO
INFORMATION SERVICES

USDA

latindex

CENGAGE
Learning

PERIÓDICA
Revista de Postgrado en Ciencias Agrícolas

Clarivate
Analytics

Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Teléfono: 01 (595) 928 4703 jocadena@colpos.mx; jocadena@gmail.com

Impresión 3000 ejemplares.

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo
Ma. de Lourdes de la Isla
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopollución

Ángel Lagunes T.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

Enrique Palacios V.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

Colegio de Postgraduados—Córdoba
Fernando Carlos Gómez Merino
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Colegio de Postgraduados—San Luis Potosí
Fernando Clemente Sánchez
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Luis Antonio Tarango Arámbula
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Instituto de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

Carlos Mallen Rivera
M. C. Director de Promoción y Divulgación

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
Victor Villalobos A.
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
(Guatemala)
Manuel David Sánchez Hermosillo
Dr. Ing. Agr. Nutrición Animal y manejo de Pastizales

Servicio Nacional de Inspección y
Certificación de Semillas
(SNICS-SAGARPA)
Manuel R. Villa Issa
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola.
Director General

Editorial

Volumen 10 • Número 2 • febrero, 2017.

Recientemente, el Consejo nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) ha publicado los criterios que orientan los trabajos y decisiones de la Comisión Transversal de Tecnología, que evalúa de manera transversal la producción tecnológica en las siete Comisiones Dictaminadoras del Sistema Nacional de Investigadores. Estos criterios se aplican en el proceso de evaluación de producción tecnológica e innovación, y considera las Patentes nacionales y extranjeras otorgadas que estén asociadas a un desarrollo tecnológico, también serán consideradas las patentes con derechos de uso y explotación en favor de una empresa, centro de investigación o institución educativa, siempre que el investigador figure como autor de la invención. El registro de variedades vegetales, se consideran como equivalentes a una patente siempre que se cuente con el título de obtentor con fecha anterior al cierre de la convocatoria y estén asociados a un desarrollo tecnológico agrícola. Las Normas oficiales serán reconocidas al estar publicadas por organismos gubernamentales nacionales o internacionales oficiales como equivalentes a una patente, y estén asociadas a un desarrollo tecnológico de procesos. En el caso de Desarrollo tecnológico, se identificará como tal, aquel que aplica el nuevo conocimiento obtenido a través de la investigación científica para encontrar la solución a problemas particulares, o bien generar mejores formas de producir bienes, servicios o mecanismos de comercialización que aporten ventaja competitiva sobre alternativas existentes. Los criterios anteriores son importantes para orientar algunos resultados de investigación publicados o por publicar en **AGRO PRODUCTIVIDAD**, para mejorar el impacto técnico y científico, tales como los casos exitosos de aplicación y adopción en usuarios.

Dr. Jorge Cadena Iñiguez
Director de **AGRO PRODUCTIVIDAD**

PERFIL DE ACIDOS GRASOS DE BARBACOA DE BORREGOS PELIBUEY

FATTY ACID PROFILE OF BARBACOA OF PELIBUEY SHEEP

Espinoza-Marín, R.¹; Hernández-Mendo, O.^{1*}; Ortega-Cerrilla, M.E.¹;
Hernández-Sánchez, D.¹; Huerta-Bravo, M.²

¹Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Carr. México-Texcoco. Km. 63.5 Montecillo, Estado de México. CP. 56230. ²Programa de Maestría en Ciencias e Innovación Ganadera. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco. Km. 38.5 Montecillo, Estado de México. CP. 56230.

Autor de correspondencia: ohmendo@colpos.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido. Se utilizaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* de 24 borregos Pelibuey, los cuales se alojaron en cuatro grupos de seis animales. Cada grupo fue asignado al azar para aplicar los tratamientos: 1) dieta base con 0, 2) 25, 3) 50, y 4) 75 g de ácido linoleico conjugado protegido (ALCp) animal⁻¹ d⁻¹. Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el PROC GLM y prueba de Tukey para comparación de medias. Adicionalmente se utilizaron polinomios y contrastes ortogonales. La prueba de Tukey no mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero los contrastes ortogonales evidenciaron que adicionar ácido linoleico conjugado protegido a la dieta de corderos, aumenta el contenido del isómero *cis*-9, *trans*-11, pero los ácidos grasos saturados tienden a aumentar y los mono-insaturados a disminuir.

Palabras clave: *barbacoa*, carne, isómeros, ácido linoleico conjugado.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the fatty acids profile in Pelibuey sheep *barbacoa* complemented with protected conjugated linoleic acid. Samples of the *Longissimus dorsi* muscle were used, from 24 Pelibuey sheep which were housed in groups of six animals. Each group was assigned randomly to apply the treatments: 1) base diet with 0, 2) 25, 3) 50, and 4) 75 g of protected conjugated linoleic acid (ALCp) animal⁻¹ d⁻¹. A completely random design was used, using the PROC GLM and Tukey test for means comparison. Additionally, polynomials and orthogonal contrasts were used. The Tukey test didn't show significant differences between treatments, but the orthogonal contrasts evidenced that adding protected conjugated linoleic acid to the sheep's diet increases the *cis*-9, *trans*-11 isomer content, but that the saturated fatty acids tend to increase and the mono-unsaturated to decrease.

Keywords: *barbacoa*, meat, isomers, conjugated linoleic acid.

INTRODUCCIÓN

La carne de cordero en México se consume principalmente en forma de *barbacoa* y mixiote, platillos típicos de la región centro del país (Rubio *et al.*, 2003; Vilaboa, 2006), del cual, el 80-95% de dicha carne se utiliza para preparar *barbacoa*, cuyo consumo per cápita se estima en 800 g (Palacios *et al.*, 2000; SAGARPA, 2005). La *barbacoa*, es un platillo típico a degustar en festividades de diversa índole durante el año, y en los mercados populares se consume diariamente (Rivera *et al.*, 2012; Hernández-Martínez *et al.*, 2013). A pesar de ello, existe desconocimiento referente a su calidad nutritiva, y en particular, al contenido de grasa y el perfil de ácidos grasos, los cuales cobran especial importancia por su relación con enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon (Kontogianni *et al.*, 2008; Manzur *et al.*, 2009; Cross *et al.*, 2010), en especial los ácidos grasos saturados con isomería *trans* (Mozaffarian *et al.*, 2006). El caso particular del ácido linoleico conjugado (ALC), cobra especial importancia por su potencial efecto anticancerígeno (Rainer y Heiss, 2004) y lipolítico (Azain *et al.*, 2000; Lin *et al.*, 2010). En ganado lechero, Holstein, el ALC disminuye el contenido total de grasa en leche (Pappritz *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2013), por lo que se cree que pueda suceder lo mismo en carne. Aunque los pocos estudios hasta ahora reportados, presentan resultados inconsistentes (Gillis *et al.*, 2004; Wynn *et al.*, 2006), por lo que es necesario profundizar la investigación en esta área, particularmente en ovinos, cuya carne en México, es la que mayor contenido de ALC contiene en relación a otras especies, convirtiéndola de particular interés. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de carne de corderos Peli buey complementado con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México (19° 28' 4.26" LN, 98° 53' 42.18" LO, 2250 m de altitud). Para preparar la *barbacoa* se utilizaron muestras del músculo *Longissimus dorsi*, de entre la 12^{va} y 13^{va} costilla de 24 borregos Pelibuey, con edad y peso inicial y final promedio de 2.3 meses, 22.3 kg y 38.6 kg, respectivamente. Los animales se distribuyeron homogéneamente en cuatro grupos de seis animales cada uno, y fueron alojados en jaulas metabólicas individuales. Cada grupo de animales fue asignado al azar a cada uno de cuatro tratamientos: 1) dieta base con 0, 2) 25,

3) 50, y 4) 75 g animal⁻¹ d⁻¹ de ácido linoleico conjugado protegido (ALCp) (Lutrell[®] Pure. BASF, Alemania). La dieta base se formuló de acuerdo a las tablas del NRC (2006), y el ALCp se ofreció dos veces al día en el alimento (50:50, mañana: tarde), y aportó 12.54% de *cis*-9, *trans*-11 y 12.75% de *trans*-10, *cis*-12. La *barbacoa* se cocinó en forma tradicional, usando un horno cilíndrico y construido a base de ladrillo rojo (Figura 1A). La cocción duró 4 h. Transcurrido este tiempo, el horno se destapó y las muestras de carne convertidas en *barbacoa* fueron retiradas (Figura 1B), enfriadas, liofilizadas y guardadas en refrigeración a 0 °C para la determinación del perfil de ácidos grasos, utilizando la técnica de esterificación, modificada de Sukhija y Palmquist (1988), Palmquist y Jenkins (2003) y Jenkins (2010). Los datos fueron analizados con un Diseño Completamente al Azar, utilizando el PROC GLM y la prueba de Tukey para la comparación de medias (SAS, 2013). Adicionalmente, se utilizaron contrastes y polinomios ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA y la prueba de Tukey no evidenciaron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos en el perfil de ácidos



Figura 1. A: Horno tradicional para cocinar barbacoa en Texcoco, Estado de México. B: Muestras experimentales de barbacoa cocida.

grasos de la *barbacoa* (Cuadro 1). Sin embargo, los contrastes ortogonales mostraron que el ácido mirístico e isómero *cis*-9, *trans*-11 fueron mayores ($P=0.04$ y $P=0.03$, respectivamente), y el heptadecanoico menor ($P=0.02$), en muestras de *barbacoa* de animales que recibieron ALCp. El contenido del ácido araquidónico fue menor ($P=0.03$) cuando se agregaron 25 g d^{-1} de ALCp en la dieta comparado con la dosis de 50 g d^{-1} de ALCp. Los polinomios ortogonales mostraron que los ácidos oleico y linoleico tuvieron un comportamiento lineal ($P=0.01$) y cúbico ($P=0.05$), respectivamente. Los ácidos grasos determinados en mayor proporción fueron el palmítico, esteárico y oleico, que en conjunto sumaron 77.1% del total de los ácidos grasos, siendo el ácido oleico el de mayor concentración.

Los contrastes ortogonales mostraron que el contenido de ácidos grasos saturados fue mayor ($P=0.01$) en las muestras de *barbacoa* de animales que recibieron ALCp en la dieta. En el caso de los ácidos grasos mono-insaturados hubo efecto lineal ($P=0.02$), disminuyendo con las dosis más altas de ALCp. En tanto que los poli-insaturados tuvieron un comportamiento cúbico ($P=0.05$), cuyo contenido alcanzó el pico más alto con 50 g d^{-1} .

Es interesante puntualizar que para el isómero *cis*-9, *trans*-11 del ALC, los contrastes ortogonales indicaron mayor contenido ($P=0.03$) en las muestras de *barbacoa* de los animales que recibieron ALCp, pero de acuerdo a los polinomios ortogonales no se observó efecto lineal para tal isómero (Figura 2). Esta respuesta podría indicar que éste fue afectado mayormente por la temperatura ($82.2 \text{ }^\circ\text{C}$, a $91.6 \text{ }^\circ\text{C}$) y tiempo (4 h) de cocción de la *barbacoa*, toda vez que los ácidos grasos poli-insaturados son más sensibles a la oxidación que los saturados, debido a sus dobles ligaduras y posiblemente a que la temperatura y tiempo de cocción de la *barbacoa* son superiores a otras temperaturas usadas. En este sentido, es importante señalar que la temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $50 \text{ }^\circ\text{C}$ causan desnaturalización de las proteínas miofibrilares, mientras que entre $60 \text{ }^\circ\text{C}$ y $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ocurre contracción del colágeno intramuscular, y entre $70 \text{ }^\circ\text{C}$ y $90 \text{ }^\circ\text{C}$ existe contracción del complejo actino-miosina provocando deshidratación de la carne (Palka y Daun, 1999). Por tanto, no sería extraño que a la temperatura de cocción usada para la *barbacoa*, los ácidos grasos se desnaturalicen. Alfaia *et al.* (2010) reportaron

Cuadro 1. Perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

Metil ésteres de ácidos grasos (%)	Ácido linoleico conjugado protegido en la dieta (g d^{-1})					
	0	25	50	75	*EEM	P
Saturados						
Mirístico (C14:0)	2.58	3.30	2.84	3.16	0.113	0.094
Palmitico (C16:0)	24.00	26.03	25.08	25.40	0.351	0.231
Heptadecanoico (C17:0)	1.58	1.30	1.22	1.30	0.057	0.113
Esteárico (C18:0)	12.63	14.49	14.49	14.27	0.434	0.381
Mono-insaturados						
Palmitoleico (C16:1)	2.71	2.58	2.40	2.28	0.097	0.441
Oleico (C18:1n-9 <i>cis</i>)	40.21	39.42	36.06	36.36	0.714	0.076
Elaidico (C18:1n-9 <i>trans</i>)	4.75	4.34	5.18	5.31	0.184	0.242
Poli-Insaturados						
Linoleico (C18:2n-6 <i>cis</i>)	6.46	5.24	7.35	7.16	0.340	0.108
Linolénico (C18:3n-6)	0.19	0.17	0.19	0.20	0.006	0.481
Cis-9, Trans-11	0.47	0.58	0.65	0.60	0.028	0.140
Trans-10, Cis-12	0.06	0.12	0.17	0.14	0.019	0.221
Araquidónico (C20:4n-6)	2.21	1.54	2.56	2.51	0.174	0.137
Ácidos Grasos Agrupados, %						
Saturados	40.79	45.11	43.62	44.13	0.617	0.067
Mono-insaturados	47.66	46.35	43.63	43.95	0.700	0.117
Poli-insaturados	9.39	7.65	10.92	10.61	0.519	0.097
Totales	97.85	99.11	98.18	98.69	0.355	0.636

*EEM=Error Estándar de la Media.



que en carne de novillos, el contenido de algunos ácidos grasos, en particular poli-insaturados, disminuyó de 24.69 a 17.60 g 100 g⁻¹ de ácidos grasos metil esteres (AGME) cuando la carne fue cocinada a la parrilla a 225 °C, y de 24.69 a 18.84 g 100 g⁻¹ de AGME cuando la carne se cocinó en horno de micro-

ondas a 750 W y dos ciclos de 1 min 45 s, mientras que en carne hervida a 80 °C y durante 1 h, los ácidos poli-insaturados disminuyeron de 24.69 a 18.77 g 100 g⁻¹ de AGME. Es evidente que el ALC, en particular los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 por tratarse de ácidos grasos poli-insaturados pueden ser destruidos por temperaturas elevadas y tiempos de cocción prolongados, como es en el caso de la preparación de *barbacoa*, situación que podría eliminar el éxito aparente en el aumento de ambos isómeros en músculo fresco (0.55% a 0.74% y 0% a 0.24% de *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12, respectivamente), cuando se adiciona ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

En el caso del ácido araquidónico (C20:4n-6), los contrastes ortogonales indicaron que su valor fue inferior (P=0.03) con 25 g d⁻¹ de ALCp, que con 50 g d⁻¹ de ALCp en la dieta (Figura 2), situación que sugiere que no hubo efecto del ALC. No obstante, observar tales diferencias, da la premisa que el contenido del ácido C20:4n-6 puede ser afectado por el ALC, situación documentada previamente por Banni (2002) quien observó que el contenido total del ácido C20:4n-6 disminuyó por acción del ALC, debido a que en estructura el C20:4n-6 es similar al ácido linoleico y por lo tanto, interfiere en su metabolismo trayendo como con-

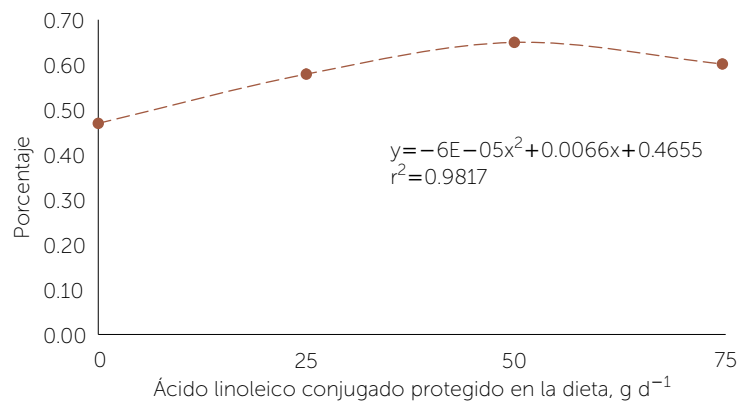


Figura 2. Comportamiento del isómero *cis*-9, *trans*-11 en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

secuencia su disminución. La Figura 3 muestra el comportamiento del ácido oleico (C18:1n-9*cis*), el cual presentó un efecto lineal negativo (P=0.01) con respecto a las dosis crecientes de ALCp. En tanto que el ácido linoleico (C18:2n-6*cis*) tuvo un comportamiento cúbico (P=0.05), indicando

que al agregar 50 g d⁻¹ de ALCp en la dieta, se alcanza su nivel máximo y desciende con dosis de 75 g d⁻¹ de ALCp. Los resultados obtenidos para ácido oleico sugieren que con dosis de ALCp mayores a las utilizadas en el presente estudio, el contenido de dicho ácido puede disminuir. Por otro lado, el efecto cúbico observado en el ácido linoleico fue atribuido a la temperatura y tiempo de cocción (Yu, 2002; Alfaia *et al.*, 2010), más que al efecto del ALC, y pudieron haber enmascarado la acción del ALC, ya que los ácidos grasos insaturados son más rápidamente oxidados que los saturados, debido a la inestabilidad de sus dobles ligaduras (Bou *et al.*, 2001). Smith *et al.* (2002) y Wynn *et al.* (2006) demostraron que cuando el ALC inhibe la actividad de la enzima Δ9-desaturasa, los niveles de ácido oleico disminuyen en muestras de carne cruda. La Figura 4 muestra que los ácidos grasos saturados representaron 43.41%, los mono-insaturados 45.39% y los poli-insaturados 9.64%, del total de los

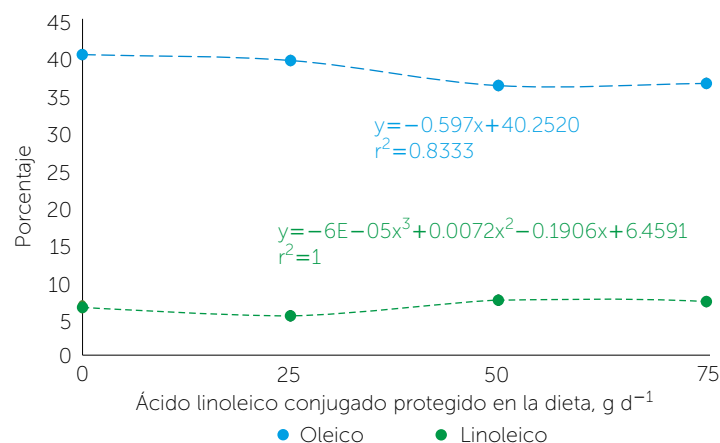


Figura 3. Contenido de oleico y linoleico en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

ácidos grasos. Los resultados para ácidos saturados como mono-insaturados fueron similares a los registrados por Landim *et al.* (2012) en corderos. En el caso de los ácidos grasos poli-insaturados se observó un efecto cúbico, donde dichos ácidos promediaron 9.72% y 9.39% con y sin ALCp, respectivamente.

CONCLUSIONES

En las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio, los resultados hacen evidente el beneficio de complementar con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta de borregos, al incrementar el isómero *cis-9, trans-11* en *barbacoa*, aunque con mayor concentración de ácidos grasos saturados y menor de mono-insaturados. Este escenario deja un área del conocimiento por explorar en la carne de ovinos, donde la salud humana por su consumo, es el objetivo principal.

LITERATURA CITADA

- Alfaia C.M., Alves S.P., Lopes A.F., Fernandes M.J., Costa A.S., Fontes C.M., Castro M.L. F., Bessa R.J.B., Prates J.A. 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science* 84(4): 769-777.
- Azain M.J., Hausman D.B., Sisk M.B., Flatt W.P., Jewell D.E. 2000. Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *The Journal of Nutrition* 130(6): 1548-1554.
- Banni S. 2002. Conjugated linoleic acid metabolism. *Current Opinion in Lipidology* 13(3): 261-266.
- Bou R., Guardiola F., Grau A., Grimpa S., Manich A., Barroeta A., Codony R. 2001. Influence of dietary fat source, α -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Science* 80(6): 800-807.
- Cross A.J., Ferrucci L.M., Risch A., Graubard B.I., Ward M.H., Park Y., Hollenbeck A. R., Schatzkin A., Sinha R. 2010. A large prospective study of meat consumption and colorectal cancer risk: an investigation of potential mechanisms underlying this association. *Cancer Research* 70(6): 2406-2414.
- Gillis M.H., Duckett S.K., Sackmann J.R., Realini C.E., Keisler D.H., Pringle T.D. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. *Journal of Animal Science* 82(3): 851-859.
- Hernández-Martínez J., Ortiz-Rivera M.I., Rebollar-Rebollar S., Guzmán-Soria E., de Jesús González-Razo F. 2013. Comercialización de ovinos de pelo en los municipios de Tejupilco y Amatepec del Estado de México. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 195-201.
- Jenkins T. C. 2010. Technical note: Common analytical errors yielding inaccurate results during analysis of fatty acids in feed and digesta samples. *Journal of Dairy Science* 93(3): 1170-1174.
- Kontogianni M.D., Panagiotakos D.B., Pitsavos C., Chrysohoou C., Stefanadis C. 2008. Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: The CARDIO2000 case-control study. *European Journal of Clinical Nutrition* 62(2): 171-177.
- Landim A.V., Cardoso M.T.M., Castanheira M., Fioravanti M.C.S., Louvandini H., McManus C. 2011. Fatty acid profile of hair lambs and their crossbreds slaughtered at different weights. *Tropical animal health and production* 43(8): 1561-1566.
- Lin X., Liang G., Su P., Wang Z. 2010. Effects of supplemental energy sources and *trans-10, cis-12* conjugated linoleic acids (CLA) on

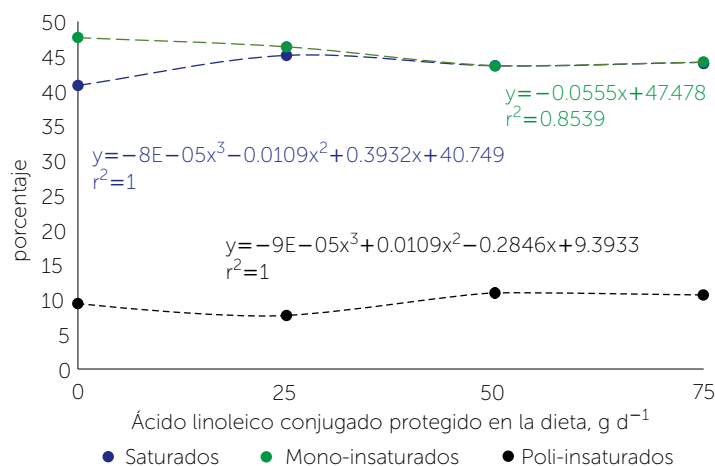


Figura 4. Comportamiento del perfil de ácidos grasos en *barbacoa* de carne de borregos Pelibuey complementados con ácido linoleico conjugado protegido.

milk yield and composition in lactating Holstein cows. *Frontiers of Agriculture in China* 4(1): 101-108.

- Manzur J., Alvear S., Alayón A. 2009. Consumo de ácidos grasos *trans* y riesgo cardiovascular. *Revista Colombiana de Cardiología* 16(3): 103-111.
- Mozaffarian D, Katan M.B., Ascherio A., Stampfer M.J., Willett W.C. 2006. *Trans* fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine* 354: 1601-1613.
- NRC. 2006. Nutrient requirements of sheep. National Academy Press. Sixth Revised Edition. Washington, D.C. USA.
- Palacios M.G.L., Lozano M.S.R., Martínez S.E.V. 2000. Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. *Veterinaria México* 31(1): 11-19.
- Palka K., Daun H. 1999. Changes in texture, cooking losses and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Science* 51: 237-243.
- Palmquist D.L., Jenkins T.C. 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science* 81(12): 3250-3254.
- Papritz J., Meyer U., Kramer R., Weber E.M., Jahreis G., Rehage J., Flachowsky G., Dänicke S. 2011. Effects of long-term supplementation of dairy cow diets with rumen-protected conjugated linoleic acids (CLA) on performance, metabolic parameters and fatty acid profile in milk fat. *Archives of Animal Nutrition* 65(2): 89-107.
- Rainer L., Heiss C.J. 2004. Conjugated linoleic acid: health implications and effects on body composition. *Journal of the American Dietetic Association* 104(6): 963-968.
- Ramírez M.M., Hernández M.O., Ramírez B.E.J., Améndola M.R.D., Crosby G.M.M., Burgueño F.J.A. 2013. Effect of vitamin E on milk composition of grazing dairy cows supplemented with microencapsulated conjugated linoleic acid. *Tropical Animal Health and Production* 45(8): 1783-1788.
- Rivera M.I.O., Martínez J.H., Rebollar S.R., Soria E.G., Razo F.D.J.G. 2012. La producción y comercialización de los ovinos en el sur del estado de México. En 13^{er} Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria. Pp: 599.



- Rubio M.D.L.S., Torres N., Gutiérrez J., Méndez R.D. 2004. Composition and sensory evaluation of lamb carcasses used for the traditional Mexican lamb dish, "barbacoa". *Meat science* 67(2): 359-364.
- SAGARPA, 2005. Producción pecuaria. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/prod001.htm>. (Consultado 16/10/2015).
- SAS Institute Inc. 2013. SAS/STAT® 12.3 User's Guide: High-Performance Procedures. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Smith S.B., Hively T.S., Cortese G.M., Han J.J., Chung K.Y., Castenada P., Gilbert C. D., Adams V.L., Mersmann H.J. 2002. Conjugated linoleic acid depresses the δ desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. *Journal of Animal Science* 80(8): 2110-2115.
- Sukhija P.S., Palmquist D.L. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 36(6): 1202-1206.
- Vilaboa A.J. 2006. Proyecto: Comercialización de carne de ovino – Primera parte. <https://www.engormix.com/MA-ovinos/articulos/proyecto-comercializacion-carne-ovino-t870/p0.htm>. (Consultado 06/09/2015).
- Wynn R.J., Daniel Z.C.T.R., Flux C.L., Craigon J., Salter A.M., BATTERY P.J. 2006. Effect of feeding rumen-protected conjugated linoleic acid on carcass characteristics and fatty acid composition of sheep tissues. *Journal of Animal Science* 84(12): 3440-3450.
- Yu Y., Correll P.H., Heuvel J.V. 2002. Conjugated linoleic acid decreases production of pro-inflammatory products in macrophages: evidence for a PPAR γ -dependent mechanism. *Biochimica et Biophysica Acta-Molecular and Cell Biology of Lipids* 1581(3): 89-99.



EFECTO DE *Stevia rebaudiana* Bertoni EN ALIMENTO DE CORDEROS LACTANTES, SOBRE SU DESARROLLO, CONSUMO DE ALIMENTO, NIVEL SÉRICO DE PROTEÍNAS, MORTALIDAD Y COSTO

EFFECT OF *Stevia rebaudiana* Bertoni IN FEED FOR LACTATING LAMBS ON THEIR DEVELOPMENT, FOOD CONSUMPTION, SERUM PROTEIN LEVEL, MORTALITY AND COST

Rojas-Rodríguez O.^{1*}, Murguía-Olmedo M.L.², Ramírez-Jaramillo G.³

¹Sistemas de producción y Reproducción animal. Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste. INIFAP. Km 25 Antigua carretera Mérida-Motul. C.P. 97454. Mocochoá, Yucatán Tel 01 800 088 2222 ext. 88203. ²Salud Animal. Campo Experimental Mocochoá. CIR Sureste. INIFAP. Km 25 Antigua carretera Mérida – Motul. C.P. 97454. Mocochoá, Yuc. Tel 01 800 088 2222 ext. 88203. ³Centro de Investigaciones del Sureste. INIFAP. Calle 6 No. 398 x 13, Av. Correa Racho, Col. Díaz Ordaz CP 97138 Mérida, Yucatán, Tel. 01 800 088 2222 ext. 88512.

Autor de correspondencia: rojas.octavio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), tiene un sabor dulce, que comparado con el del azúcar es entre 200 y 300 veces mayor, además de proporcionar efectos benéficos para el organismo. Se evaluó el efecto de incluir estevia en la alimentación de corderos lactantes utilizando polvo de hoja de tercera calidad, agregándolo al concentrado del creep feeding®. Los tratamientos fueron con Stevia al 0.5% (T1) y el testigo sin adición de Stevia (T2). Las variables de respuesta fueron peso al nacer (PN), peso al destete a 60 días (PD), ganancia diaria promedio (GDP), consumo de alimento T1 y T2 (CA), sobrevivencia en corderos (SC), mortalidad en corderos (MC) y proteínas séricas totales (PST) al destete. Se realizó un análisis de costos de la cantidad de alimento y mortalidad de corderos. Se registró que la GDP tuvo diferencia estadística ($P < 0.01$), siendo para T1 de 175.42 ± 3.46 gr día⁻¹ por cada kg vs T2 de 155.30 ± 2.91 gr día⁻¹ por cada kg respectivamente. Para el CA se registró incremento de 40.5% en el T1 en comparación con el T2. En lo que se refiere a MC se observó incremento de 9.1% en T2 vs T1, ($P < 0.01$). En PST, fue mayor en el T1 con 4.4 g dl⁻¹ vs 3.8 g dl⁻¹ para T2. Los costos de pérdidas por mortalidad fue en T2 de \$2,250 MX, contra \$450 MX de T1, y el diferencial por tratamientos, de \$473.25 MX, y la comparación de pérdida por MC e incremento de CA indicaron que aunque fue mayor el CA se pagó y representó menos pérdidas por MC.

Palabras clave: Borregos, proteínas totales en suero, mortalidad, dieta.

ABSTRACT

Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) has a sweet taste, which compared to that of sugar is between 200 and 300 times stronger, in addition to providing beneficial effects for the organism. The effect of including Stevia in the diet of lactating lambs using third-quality leaf powder, adding it to the creep feeding® concentrate, was evaluated. The treatments were with Stevia at 0.5 % (T1) and the control without adding Stevia (T2). The response variables were weight at birth (PN), weight at weaning after 60 days (PD), daily average gain (GDP),



consumption of feed T1 and T2 (CA), survival of lambs (SC), mortality of lambs (MC), and total serum proteins (PST) at weaning. A cost analysis of the amount of feed and mortality of lambs was carried out. It was found that the GDP had a statistical difference ($P < 0.01$), being for T1 of 175.42 ± 3.46 gr day⁻¹ for each kg vs T2 of 155.30 ± 2.91 gr day⁻¹ for each kg, respectively. For the CA an increase of 40.5 % was found in the T1 compared to the T2. In what refers to the MC an increase of 9.1 % was observed in T2 vs T1, ($P < 0.01$). In PST, it was higher in T1 with 4.4 g dl⁻¹ vs 3.8 g dl⁻¹ for T2. The cost of losses from mortality was \$2,250 MX in T2, compared to \$450 MX in T1, and the differential per treatments \$473.25 MX, and the comparison of loss from MC and increase from CA indicated that although the CA was higher it was paid and represented less losses from MC.

Keywords: lambs, total serum proteins, mortality, diet.

INTRODUCCIÓN

La Stevia rebaudiana Bertoni es una planta que crece en el norte Argentino, en Paraguay y Brasil. Antiguamente los Guaraníes la utilizaban para endulzar sus alimentos, de ahí proviene su nombre vulgar Kaá-heé o hierba dulce (Herrera *et al.*, 2012). Esta planta contiene en sus hojas una serie de sustancias denominadas glucósidos, que se caracterizan por presentar un sabor que comparado con el del azúcar es entre 200 y 300 veces mayor. Además de ser endulzantes, estos compuestos, presentan varios efectos beneficiosos para el organismo, (Macía *et al.*, 2002). El uso de la estevia en la alimentación animal se explora mediante algunas investigaciones a su aplicación como saborizante de pastos (en animales de granja y domésticos), con el subsecuente aumento en la producción. Se cree además que estimula el apetito e interviene en la pronta recuperación después de procesos infecciosos, mejora el sabor y la calidad de la carne (menor exudación y mejor conservación), disminuye la cantidad de huevos rotos en ponedoras y mejora la calidad de la carne de pollo. Reduce la mortalidad en empresas piscícolas, produciendo pescado más sano, el cual se mantiene fresco por más tiempo (Jarma, 2008). En la ganadería se ha utilizado 2% de estevia en polvo mezclado con el forraje por día en la alimentación de bovinos, con resultados de incremento en su consumo e incremento de 2% de peso corporal (Manual técnico de producción de stevia, 2008). En la venta de productos para elaboración de dietas animales, actualmente, se comercializan aditivos aromáticos en forma de pre mezcla, para especies de bovinos, caballos y cerdos, para aumentar el consumo del alimento de los animales de diferentes especies, basados en la intensidad de aromas para estimular los receptores olfativos del animal aumentando la apetencia y de esta forma el consumo del alimento. Actualmente figura en el listado de aditivos autorizados publicado por la Comisión Europea conforme al Reglamento (CE) N° 1831/2003 (European Union Register of Feed Additives) y Directiva 70/524/CE del Consejo sobre aditivos en alimentos para animales (2004/C50/01) apsarom (2013). García *et al.* (2010) realizaron un trabajo en corderos lactantes y destetados, de la raza Lacaune adicionando a la dietas aromatizantes fuertes, tales como la canela (*Cinnamomum verum* J. Pres), ajo (*Allium sativus*

L.) y orégano (*Origanum vulgare* L.) en polvo y endulzándolos con estevia en polvo a razón de 2 g kg⁻¹ de forraje. En general, se observó mayor consumo de las dietas que contenían estevia, y al continuar el trabajo en la fase de engorda, los tratamientos que se adicionaron aromatizantes con estevia fueron similares estadísticamente en consumo y ganancia de peso, con el tratamiento sin aromatizantes y sin estevia. En equinos, se ha utilizado como tranquilizante natural reductor del stress. La indicación de su uso es como preventivo para manejos de vacunación, destete y transporte de animales, ya que estas actividades disminuyen defensas aumentando el riesgo de presencia de enfermedades, tales como neumonías o casos de manheimiosis sistémicas. También recomiendan su uso antes del sacrificio de los animales, mejorando la calidad de los productos cárnicos. El color y apariencia de la carne se encuentran dentro de los principales atributos de calidad que influyen en la decisión de compra del consumidor. Su uso en porcinos durante 50 días a partir del destete, suministrando a los lechones el extracto de stevia mezclado por agua, a razón de 30 ml en cinco litros de agua. Los resultados indican que no presentaron enfermedades respiratorias. También mejora la calidad de la carne y su cotización en el mercado (Manual técnico de producción de stevia, 2008). Vidales *et al.* (2013) evaluaron los parámetros productivos y la prevalencia de diarrea en lechones destetados a los 21 días y hasta la quinta semana pos destete, suministrando orégano y estevia. Los resultados indican que la prevalencia de diarrea con la asociación de orégano y estevia fue significativamente menor ($P < 0.05$) que en el control en la primera

semana posdestete. Las ganancias de peso acumuladas fueron superiores con orégano y stevia, 626 y 960 g día⁻¹ respectivamente, y no se observó depresión en el consumo de alimento. Otra experiencia fue en pollos, donde se ha suministrado estevia mezclada con el balanceado, suministrando 2% de hojas molidas de estevia al balanceado y en el agua al suministrar 10 ml en cinco litros de agua diariamente y a los 43 días, en el momento del sacrificio se observó que aquellos que la consumieron pesaron en promedio 150 gramos más que aquellos que no lo hicieron. También disminuyó la mortandad, (Manual técnico de producción de stevia, 2008). Sehar *et al.* (2008), reportaron que suministrando esteviósido a distintas dosis a ratas promovió la función de fagocitosis demostrado por un incremento de la inmunidad humoral. Experimentos *in vitro* también demostraron el efecto estimulante del esteviósido en la actividad fagocítica y en la proliferación de células B y T. Estos resultados apoyan la hipótesis de que el consumo oral del esteviósido, puede ser útil en la promoción de la inmunidad contra la infección por microorganismos. La mortalidad en corderos es una problemática grave a la que se enfrentan las empresas productoras de ovinos, ya que los corderos al nacimiento, deben adquirir anticuerpos que los protegerá, por medio de una transferencia pasiva de la madre, por medio del calostro. Si se llega a obtener buena transferencia y mantenerla hasta que puedan desarrollar sus propias defensas inmunes, se puede esperar aumentar el número de corderos vivos y mantenerlos saludables. La etapa de lactancia, es fundamental para un buen desempeño del cordero en sus etapas futuras, por eso un buen

manejo durante este periodo puede reducir drásticamente la morbilidad y mortalidad en esta etapa. Corderos que se enferman antes del destete, son animales propensos a mostrar deficiencia en su desarrollo y posterior producción y en algunos casos quedarán con secuelas durante toda su vida. Una manera de conocer la condición nutricional e inmune del animal es determinando el nivel de las proteínas totales en suero (Brett, 2006). En un estudio realizado por Murguía y Rojas (2013) en ovinos, valorando el nivel de proteínas totales séricas en madres y corderos lactantes, midiendo el nivel de inmunidad que proveían las madres a sus crías por medio del calostro, se registró que las madres tenían en promedio 4.7 g dl⁻¹ de proteínas totales séricas y sus corderos en promedio a las 24 h de nacidos de 5.7 g dl⁻¹ y al destete a los 60 días de edad de 5.4 g dl⁻¹. Lo anterior concuerda con lo reportado por Ramos *et al.* (2006), quienes consideraron un buen suministro de calostro cuando el cordero contó con un mínimo de proteínas totales en suero por encima de 5.5 g d l⁻¹. Con base en lo anterior, se evaluó la inclusión de *Stevia rebaudiana* Bertoni, en el alimento (creep feeding) de corderos lactantes, evaluando ganancia diaria promedio, consumo de alimento, conversión alimenticia, nivel de proteínas séricas totales, índice de mortalidad y sobrevivencia y costeo de ganancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Unidad de Investigación Ovina del Campo Experimental Mocochoá, Yucatán, perteneciente al INIFAP, ubicado en el Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. La *Stevia rebaudiana* Bertoni variedad criolla, se recolectó y se secó al medio ambiente a la sombra, la planta cosechada tuvo una proporción de hojas/ y tallos de 30:70, ya seca se guardó en bolsas de papel; la molienda fue con un molino Thomas-Wiley, con una criba de 1 mm, obteniéndose el polvo a utilizar en el experimento. La alimentación de las madres fue a base de pastoreo a partir de las 6:30 am hasta las 12:30 pm, suplementación con un alimento balanceado (16% de proteína cruda), sales minerales y agua a libre acceso, vacunación y desparasitación, antes del parto. Se utilizaron excluidores para separar los corderos de las madres y garantizar la suplementación a los corderos. Se marcaron con collar de colores madres y corderos para poder identificar a cada lote. Todos los días se suministró alimento pesado para poder cuantificar la cantidad proporcionada a cada lote. Se utilizaron 96 corderos lactantes de las razas Pelibuey y Blackbelly, nacidos en los meses de octubre–noviembre (nortes con lluvia y viento) y se terminó de suplementar a principios del mes de enero (frio-invierno). Se distribuyeron al azar, en dos lotes (lote 1=con estevia (0.5%) y lote 2=sin estevia (Testigo)). La inclusión del alimento se efectuó cuando los corderos cumplieron 15 días de edad en promedio y terminó en 60 días en promedio, fecha en que ocurrió el destete. A los corderos se les proporcionó un alimento balanceado con 16% de proteína, adicionada con leche en polvo, agua a libre acceso y un 0.5% de estevia molida, según el tratamiento respectivo. A los corderos se les extrajo sangre por punción yugular para la obtención de suero al destete (± 60 días). La valoración del nivel de inmunidad se realizó mediante la medición de la concentración total de proteína utilizando un refractómetro óptico manual mod. RHC 200ATC. Se capturaron los costos del alimento y se estimó un costo para la estevia, tomando como base el precio comercial en el mercado, tomando en cuenta

que se utilizó stevia de tercera calidad (50-60% de hoja oxidada). En cuanto al precio comercial de un cordero al destete, se consultó a las asociaciones ganaderas especializadas locales de ovinos de Yucatán, México. Se realizó un análisis de costos tomando en cuenta la cantidad de alimento y mortalidad de corderos entre tratamientos. Las variables de respuesta fueron peso al nacer (**PN**), peso al destete - 60 días de edad (**PD**), ganancia diaria promedio (**GDP**), consumo de alimento por lote T1 y T2 (**CA**), proteína sérica (g dl⁻¹) (PS), mortalidad de corderos (**MC**) y sobrevivencia en corderos (**SC**). Los datos se capturaron en una Base de EXCELL, para posteriormente transferirla al programa estadístico SAS. (SAS Institute Inc. 2009). Se utilizó un modelo de efectos fijos para el análisis estadístico y para establecer diferencias entre las medias se utilizó la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, muestra que para el PN y PD no existió diferencia estadística (P>0.05), siendo para PN de 2.98±0.64a kg para T1 vs 3.10±0.58a kg de T2; PD de 13.52±3.46a kg vs 12.48±2.91a kg, para T1 y T2 respectivamente. Aunque en PD, no se registró diferencia, la adición de estevia molida a la dieta, mejoró la palatabilidad al alimento aumentando su consumo, el cual se reflejó en mayor peso al destete. En cuanto a la GDP se obtuvieron diferencias estadísticas (P<0.01), siendo T1 de 175.42±3.46b gr día⁻¹ contra T2 de 155.30±2.91a gr día⁻¹, respectivamente, coincidiendo con resultados similares en bovinos con incremento de peso corporal (Manual técnico de producción de stevia, 2008). Para el CA se encontró un aumento de 40.5% de T1 en comparación con T2. El promedio del consumo de alimento fue superior en 23.8% para T1 en comparación T2, estos resultados coinciden con apsarom (2013), Yasusada y Shinji (2003) y García et

al. (2010). El nivel de proteínas totales séricas mostro diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos, siendo para T1 de 4.4 g dl⁻¹ contra 3.8 g dl⁻¹ de T2. Esto pudo deberse a que al tener un mayor consumo alimenticio cuenta con el suficiente aporte para elevar su nivel de proteínas sanguíneas. Matheus y Figuereido (2004) encontraron en cabras, una relación (r=0.50, P<0.05) positiva entre el peso corporal y la concentración de proteínas totales. Putman (1960) sostiene que los animales en mejores condiciones corporales presentan la mayor concentración de proteínas séricas totales, producto del aumento de la concentración de la fracción globulina debido a una mayor respuesta inmune de los animales. Estos resultados de mayor peso corporal y mayor concentración de proteínas totales en suero, brindaron a los animales de T1, mayor resistencia y resiliencia, corroborada con la diferencia estadísticas significativas (P<0.01), registrada en el estudio, referente a mortalidad y sobrevivencia entre T1 contra T2, siendo 1.97% - 98.03% y 11.12% - 88.88% respectivamente, observándose diferencia de 9.1% a favor del T1 vs T2 en sobrevivencia. Estos resultados coinciden a los comentados para el caso de porcinos, con disminución de enfermedades respiratorias (Manual técnico de producción de estevia, 2008) y la disminución de enfermedades diarreicas reportadas por Yasusada y Shinji (2003) y Vidales et al. (2013). También se pueden explicar los resultados por el trabajo de Sehar et al. (2008), donde incrementaron la inmunidad humoral al utilizar estevia en la dieta.

El Cuadro 2, muestra la mortalidad por tratamiento, que represento en total seis animales muertos, uno del T1 y cinco de T2, estos resultados coinciden con el reporte en otras especies (Manual técnico de producción de Stevia, 2008; Yasusada y Shinji, 2003; Vidales et al., 2013).

Al aplicar los costos de las pérdidas, se consideró un valor de 450.00 MX por cordero al destete (Asociaciones Ganaderas de Yucatán, 2016), teniendo en T2 una pérdida de \$2,250.00 MX, contra \$450.00 MX de T1. Al comparar los precios del alimento comercial preparado con estevia (T1) de \$5.20 MX por kg y el alimento sin estevia (T2) de \$4.75 MX por kg, y al

Cuadro 1. Comparación de las variables de respuesta de los tratamientos utilizados en corderos suplementados durante la lactancia.

	T1 (n=51)	T2 (n=45)	Promedio general
Peso nacer (kg)	2.98±0.64a	3.10±0.58a	3.04
Peso 60 días (kg)	13.52±3.46a	12.48±2.91a	13.0
Ganancia diaria Promedio 60 días (gr día ⁻¹)	175.42±3.46b	155.30±2.91a	165.36
Consumo alimento (kg)	260	185	222.5
Promedio consumo alimento/cordero (kg)	5.09	4.11	4.6
Proteínas séricas totales (g dl ⁻¹)	4.4b	3.8b	4.1
Sobrevivencia corderos (%)	98.03b	88.88a	93.75
Mortalidad corderos (%)	1.97b	11.12a	6.25

Diferentes literales, indican diferencias significativas P<0.05.

aplicarlo por el total consumido por cada lote, se obtuvo que el precio del T1 aumentó en 53.8% respecto a T2. La diferencia entre tratamientos fue de \$473.25 MX.

El Cuadro 2, muestra el diferencial de costo de pérdidas por mortalidad entre tratamientos, que fue de \$1,800.00 pesos MX. Se observa también el diferencial de costo entre alimentos proporcionados a los tratamientos, siendo la diferencia de \$473.25 pesos MX. Aunque fue mayor el consumo y costo del alimento en el T1, este se pagó y quedaría una ganancia de \$1326.75 pesos MX, que representaría el diferencial por menor pérdida de corderos muertos. Cabe mencionarse que la época del año, donde se desarrolló el trabajo, todos los corderos estuvieron expuestos a condiciones ambientales de época de nortes e invierno (lluvia y frío).

CONCLUSIONES

Se registró mayor consumo de alimento del lote suplementado con estevia (40.5%), mayor ganancia de peso corporal de los corderos suplementados

Cuadro 2. Comparación de la mortalidad, valor de corderos perdidos y costo del alimento en los tratamientos utilizados.

	T1 (n=51)	T2 (n=45)	Promedio general
Mortalidad corderos (%)	1.97	11.12	6.25
Número de corderos muertos	1	5	3
Valor pérdida corderos muertos (\$)	450	2250	1350
Diferencial de costo pérdidas T1/T2 (\$)		1800	
Valor del alimento utilizado por kg (\$)	5.20	4.75	4.97
Valor del alimento suplementado/lote (\$)	1352.00	878.75	1115.37
Diferencial de costo alimento T1/T2 (\$)	473.25		

con estevia hasta el destete (8.3%), así como disminución de mortalidad de corderos suplementados con estevia (9.1%). también mayor nivel de proteínas séricas totales en corderos suplementados con estevia, que nos indican un mejor status inmunitario de los corderos. El diferencial del costo de alimento suplementado con estevia contrastado con pérdidas por mortalidad de corderos fue de 26.29%.

LITERATURA CITADA

Apsarom. 2013. Aditivos sensoriales. Ficha técnica: apsarom melaza anis. Andrés pinatuba, S.A. España.
 Brett, J. 2006. Empiece bien sus becerras. Dairy herd managment 5(8): 86-112



Figura 1. A-D: Hojas y tallos de *Stevia rebaudiana*, molido, mezclado con alimento y leche, y corderos lactantes.

- García I.I., Molina E.D., Villalba D., Gallego B., Gracia J.L. 2010. Efecto de cuatro aromatizantes sobre la aceptabilidad del pienso y el crecimiento de corderos en la fase de iniciación. Albéitar. Portal veterinaria. Artículos nutrición.
- Jarma A. 2008. Estudios de adaptación y manejo integrado de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.): nueva alternativa agroindustrial del Caribe colombiano. Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas 2(1):110-121.
- Herrera C.F., Gómez J.R., González R.C. 2012. El cultivo de Stevia (*Stevia rebaudiana*) Bertoni en condiciones agroambientales de Nayarit, México. Folleto Técnico Núm. 19. INIFAP, CIRPAC. Campo Exp. Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México
- Macía E., Monesterolo M., Toselli L. 2002. Evaluación de los procesos de extracción y purificación de los compuestos endulzantes de la hoja de *Stevia Rebaudiana*. Facultad Regional Villa María, Universidad Tecnológica Nacional, Grupo de Investigación en Simulación para Ingeniería Química, Villa María, Córdoba, Argentina.
- Matheus N., Figuereido A. 2004. Peso corporal: su relación con la concentración sérica de proteínas, lípidos y glucosa en cabras mestizas criollas. Gaceta de Ciencias Veterinarias. 9(2):38-43.
- Manual técnico de producción de Stevia. 2008. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Equipo de Desarrollo Agropecuario de Cajamarca (EDAC) e INCAGRO.
- Murguía O.M.L., Rojas R.O. 2013. Valoración de la inmunidad pasiva y del calostro de ovinos tropicales de pelo. Memorias de la XXV Semana Internacional de Agronomía. Pág. 251-256. Gómez Palacios, Durango, México.
- Putman F. 1960. The plasma proteins. Volumen II Academic Press. New York and London.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS. Cary. NC, USA.
- Sehar I., Kaul A., Bani S., Pal H.C., Saxena A.K. 2008. Immune up regulatory response of a non-caloric natural sweetener, stevioside. Chemistry & Biology, 173, 115-121.
- Vidales G., Bérèterbide J., Duverne L., Echevarría L., Mazieres J. 2013. Evaluación de los parámetros de producción en lechones destetados alimentados con raciones adicionadas con *Origanum* sp. y *Stevia rebaudiana*. Revista Computadorizada de Producción Porcina. Volumen 20 (número 1).
- Yasusada O., Shinji U. 2003. ¿En qué consiste el método de cultivo usando la Stevia? Folleto técnico. Japón .Asistencia oficial para el desarrollo. Asunción Paraguay.



DESARROLLO DE FOLÍCULOS Y CUERPO LÚTEO EN CABRAS COMO RESPUESTA AL SUMINISTRO DE SELENIO

GOATS' FOLLICLE AND CORPORA LUTEA DEVELOPMENT AS A RESPONSE TO SELENIUM SUPPLY

Vázquez-Hernández, S.D.¹; Miranda-Jiménez, L.¹; Segura-León, O.¹; Quero-Carrillo, A.R.¹

¹Colegio de Postgraduados, Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Campus Montecillo, km 36.5 carretera México-Texcoco, México CP 56230.

Autor de correspondencia: miranda_leonor@yahoo.com

RESUMEN

La actividad ovárica se puede mejorar con aplicación de hormonas, las cuales presentan alto costo y riesgo para la salud. El uso de selenio resultará alternativo para mejorar la actividad ovárica. El objetivo del estudio fue determinar si, el selenio orgánico (Se-O), en forma de levadura enriquecida con Se (Sel-Plex), mejora el funcionamiento ovárico en cabras y si el efecto es inmediato o mediato. Se utilizaron 18 cabras de fenotipo local, previamente sincronizadas al estro, con condición corporal tres, en escala de uno a cinco, localizadas en Tlatlaya, Estado de México. Los tratamientos fueron: grupo A: 300 mg de Se-O vía oral por 16 d (n=nueve), y grupo B: testigo (n=nueve). Se realizaron ovariectomías 13 d (tres cabras de cada grupo), y 25 d (seis cabras de cada grupo) después de la aplicación de Se-O; se obtuvo el ovario con mayor número de estructuras ováricas, se midieron tanto los ovarios como los folículos (clasificados como pequeños medianos y grandes) y se contaron los folículos y cuerpos lúteos. Se realizó un diseño completamente al azar, con datos transformados se efectuó análisis de varianza (procedimiento GLM de SAS), las variables foliculares se compararon con prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Para diferencias entre cuerpos lúteos se utilizó la prueba de distribución de Poisson. El Se-O a dosis de 300 mg de Se-O animal⁻¹ 16 días aumentó el número de folículos; tanto pequeños como grandes ($P \leq 0.05$), así como cuerpos lúteos y tamaño del ovario ($P \leq 0.05$). Se concluye que el Se-O aumenta el número de estructuras ováricas y tamaño del ovario.

Palabras clave: *Capra hircus*, estructuras ováricas, selenio orgánico, selenometionina.

ABSTRACT

Ovarian activity can be improved by applying hormones, which present a high cost and risk to health. The use of selenium will result in an alternative to improve ovarian activity. The study objective was to determine whether organic selenium (Se-O), in form of yeast enriched with Se (Sel-Plex), improves the ovarian function in goats and whether the effect is immediate or indirect. Eighteen goats of local phenotype were used, previously synchronized at estrum, with body condition three, in a scale of one to five, located in Tlatlaya, Estado de México. The treatments were: group A: 300 mg of Se-O orally for 16 d (n=nine), and group B: control (n=nine). Ovariectomies were carried out 13 d (three goats from each group), and 25 d (six goats from each group) after applying Se-O; the ovary with the highest number of ovarian structures was obtained, and both the ovaries and the follicles were measured (classified as small, medium and large), and the follicles and corpora lutea were counted. A completely random design was used, a variance analysis was performed with transformed data (SAS GLM procedure), and the follicular variables were compared with the Tukey test ($P \leq 0.05$). For differences between *corpora lutea*, the Poisson distribution test was used. The Se-O at a dosage of 300 mg of Se-O animal⁻¹ 16 days increased the number of follicles, both small and large ($P \leq 0.05$), as well as the *corpora lutea* and size of the ovary ($P \leq 0.05$). It is concluded that the Se-O increases the number of ovarian structures and the size of the ovary.

Keywords: *Capra hircus*, ovary structures, organic selenium, selenomethionine.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 15-18.

Recibido: junio, 2016. **Aceptado:** enero, 2017.

INTRODUCCIÓN

En México la cría de caprinos resulta en ingreso económico para numerosas familias campesinas de bajos recursos. Es una actividad redituable a corto plazo; por la demanda del mercado de carne de cabrito. El aumentar la actividad reproductiva de hembras de cualquier especie animal, se refleja en incremento del número de crías obtenidas por año, y por ende, del ingreso económico familiar. En cabras, el manejo nutricional con enfoque en mejora de la actividad reproductiva no es frecuente y más bien son alimentadas principalmente con lo que logran conseguir durante el pastoreo, un manejo adicional al pastoreo y que puede considerarse habitual es ofrecer mezclas minerales, formuladas con diferentes elementos minerales, impidiendo el control adecuado de la dosis y tipo de minerales que consume el animal. En el caso específico del selenio (Se-O), participa en diferentes procesos fisiológicos: disminuye radicales libres como peróxidos de hidrógeno e hidroperóxidos lipídicos, altamente dañinos (Zamora, 2007), posee función antioxidante (Brenneisen *et al.*, 2005) formando parte de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) involucrado en la función inmune; sin embargo, la respuesta parece depender de la especie animal, dosis y tipo o fuente del selenio adicionado (Finch and Turner, 1996). En variables productivas (peso al nacimiento y ganancia de peso) de cordero nacidos de madres a las cuales se les adicionó levadura enriquecida con selenio no se encontró efecto positivo (Parraguirre *et al.*, 2015). Esto se puede atribuir a que el selenio mejora la condición de salud del útero por mejorar la inmunidad no así de forma particular al útero (Cerri *et al.*, 2009; Rutigliano *et al.*, 2008) y tal vez tampoco la cría. El consumo elevado de selenio resulta en toxicidad; al parecer la forma más tóxica para el organismo es el selenito de sodio (Spallholz, 1994), independientemente al origen de la toxicidad como respuesta aguda puede producir la muerte del animal (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2004); por ello, se ha optado por utilizarlo como selenio unido a aminoácidos como cistina o metionina, que es una forma menos tóxica (Spallholz, 1994). El selenio también, ayuda a disminuir problemas reproductivos, tales como la retención placentaria, mastitis, metritis, aborto y crías débiles (Cerri *et al.*, 2008). A nivel folicular (Basini y Tamanini, 2000) y lúteo (Kamada e Ikuno, 1997) propicia el aumento del número de estas estructuras. Cuando el selenio se encuentra en niveles bajos en el organismo produce principalmente miopatías o alteraciones reproductivas (Hemingway, 2003; Hefnawy, y Pérez, 2008). Por lo anterior, este estudio parte de la hipótesis, de que el Se-O mejora la actividad ovárica en cabras y con el objetivo de evaluar la efectividad sobre la actividad ovárica en cabras y si ésta respuesta es inmediata o mediata.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de abril a julio de 2013, en la localidad El Temblor, Tlatlaya, Estado de México, a los 18° 40' 37" N y 100° 26' 47" O. Limita al norte con Amatepec, al este con Sultepec, al oeste y al sur con el estado de Guerrero. Presenta un clima clasificado como Aw (w) (i) g, tropical subhúmedo, con lluvias en verano y temperatura mínima de 18 °C, máxima de 33 °C y temperatura media de 20 °C. Se utilizaron 18 cabras con características del fenotipo local, con peso vivo de 32 ± 2 kg, 24 meses de edad y

condición corporal de dos a tres, en escala de uno a cinco (Russel *et al.*, 1969). Se alimentaron a base de ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) y mazorca molida, con 11.6% y 8.7% de proteína respectivamente, de acuerdo a análisis bromatológico realizado en el laboratorio de nutrición animal del Colegio de Postgraduados. Dos semanas antes de iniciar la investigación, las cabras se desparasitaron con 1 mL kg⁻¹ de peso vivo de Ivermectina, en solución inyectable, 1 mg 100 mL⁻¹, según indicaciones del fabricante (Loeffler) y se vitaminaron con complejo B (Bio Zoo).

Sincronización de estros y tratamientos con selenio orgánico (Se-O)

Los animales se manejaron con un protocolo estandarizado de sincronización de estros, utilizando un dispositivo intravaginal (CIDR®; Pfizer) que contiene 0.3 g de progesterona, el dispositivo se colocó por 10 d, tiempo en el que se realizó una revisión diaria a las cabras para confirmar la permanencia del dispositivo. El día que se retiró el CIDR se aplicó una dosis de 1 mL de prostaglandinas (PGF₂∞; "Ciclar"; Zoovet), según las indicaciones del fabricante. Se aplicaron 300 mg de levadura enriquecida con Se (Se-O; Sel-plex, proporcionada por All-tech, México), con concentración de selenio de 2050 mg kg⁻¹. Los animales fueron designados a uno de dos grupos (n=9), uno para el tratamiento de Se-O (A) y otro para el testigo (sin Se-O; B). Un día antes del retiro del CIDR se aplicó al grupo A, 300 mg de levadura con cantidad de selenio de 0.6 mg animal⁻¹ día⁻¹, durante 16 días vía oral, éste se diluyó, previamente, en una jeringa con 10 mL de agua y se administró directo en la boca de cada animal, garantizando que recibieran la dosis completa.

El grupo B se mantuvo con el mismo manejo que el A; pero, sin suministro de Se-O.

Obtención de ovarios

Con la finalidad de conocer la respuesta ovárica mediata o tardía; en cuanto al número, tamaño de folículos, número de cuerpos lúteos (CL) y tamaño de ovario en respuesta al Se-O, se realizaron dos ovariectomías: La primera, a mitad del experimento (13 d después de iniciado el tratamiento con Se-O), utilizando tres cabras del grupo A y tres del B, se obtuvo el ovario más activo. La segunda, en los doce animales restantes (seis con Se-O y seis sin Se-O); la cual, se realizó al terminar el periodo de aplicación de Se-O (día 25 después de iniciado el tratamiento con Se-O). Los ovarios obtenidos fueron utilizados para conteo, medición de estructuras ováricas. Los ovarios se depositaron en solución salina con 0.01% de antibiótico de amplio espectro (Rofloxacin; Bayer), se mantuvieron en hielo, se lavaron y limpiaron retirando el exceso de tejido no ovárico. En el ovario más activo de cada cabra, se evaluó, el largo, ancho y grosor; y se contaron y midieron los folículos; mientras que los cuerpos lúteos sólo se contaron. Las medidas se realizaron con un vernier de 30 cm, con aproximación milimétrica. Para el caso de los folículos y con base en su medida, se clasificaron en: pequeños, de 1 a 3 mm; medianos, >3 mm a 6 mm; grandes, >6mm y < de 10 mm y preovulatorios, >10 mm. El diseño experimental fue completamente al azar. Los datos transformados se analizaron con el procedimiento GLM, y prueba de Tukey, considerando las diferencias entre tratamientos con $P \leq 0.05$ (SAS, 1987); y para detectar diferen-

cias entre las categorías de folículos y cuerpos lúteos (CL), se usó la prueba de distribución de Poisson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suministro de Se-O a las cabras se reflejó de forma inmediata (día nueve) con disminución en número de folículos pequeños ($P \leq 0.05$) y aumento del número de folículos grandes ($P \leq 0.05$; Figura 1). Como efecto tardío (día 21), se aumentaron tanto la cantidad de folículos pequeños como la de folículos preovulatorios ($P \leq 0.05$; Figura 1); lo que muestra efecto del Se-O; diferencial en el tiempo.

Existen pocos reportes sobre el efecto que el Se-O tiene directamente en el desarrollo folicular; sin embargo, Basini y Tamani (2000), reportaron que la adición de Se a células de granulosa de folículos pequeños y

grandes de bovino, incrementó la proliferación de células en pequeños y la concentración de estradiol tanto en pequeños como en grandes, indicativo de actividad folicular. Resultados similares a los encontrados en esta investigación se encontraron en vacas super ovuladas con gonadotropina coriónica equina (Ratto *et al.*, 2008), sin embargo, y al parecer éste efecto conduce al aumento de la ovulación (Ratto *et al.*, 2008; Rutigliano *et al.*, 2008) en vacas tratadas por 25 días con selenio. El efecto inmediato y mediato del Se-O sobre el número de cuerpos lúteos fue positivo ($P \leq 0.05$; Figura 2). Para el día nueve se aumentaron en 66% con respecto al testigo; mientras que, para el día 21, el número total aumentó a más del doble (125%). A pesar de contar con poca información referente al efecto del selenio en el desarrollo de cuerpos lúteos, existe información sobre el incremento en proliferación celular y elevación de progesterona debida a la adición de selenio a células lúteas de bovino (Kamada e Ikumo, 1997), concordante con el aumento en número de cuerpos lúteos observado en esta investigación. No obstante en vacas al no aumentarse el número de ovulaciones ((Ratto *et al.*, 2008; Rutigliano *et al.*, 2008) no se estaría aumentando el número de cuerpos lúteos.

Los resultados mostraron que el tratamiento con Se-O favorece los parámetros evaluados (largo ancho y grosor del ovario) (Figura 3), observando ovarios más grandes en cabras tratadas con Se-O, en comparación a las no tratadas ($P \leq 0.05$), para ambas fechas de ovariectomía (muestreo); por lo

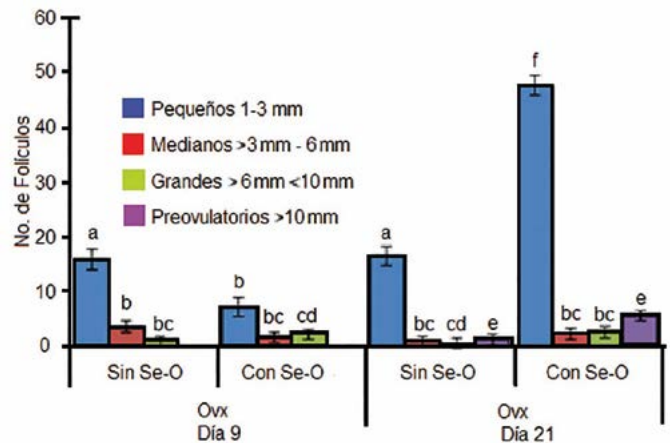


Figura 1. Número y tamaño de folículos encontrados en ovarios de cabras, como efecto inmediato o tardío del suministro de Se-O. Sin Se-O=sin Se orgánico, Con Se-O=Tratamiento con Se orgánico, Oxv=ovariectomía. ($P \leq 0.05$).

que el ovario respondió aumentando su tamaño tanto en forma inmediata (nueve días) como tardía (21 días).

De las medidas evaluadas, el largo del ovario fue mayor en cabras con Se-O ($P \leq 0.05$), dándole forma almendrada; lo anterior, coincidió con lo reportado por Hafez (2000). El ovario de los animales sin Se-O también presentó esta forma aunque en tamaño menor. Es importante mencionar que el aumento del tamaño del ovario fue efecto tardío al suministro de Se-O ($P \leq 0.05$). El incremento en tamaño de los ovarios de cabras con suministro de Se-O aquí observados está relacionado directamente con el número y tamaño de estructuras ováricas que se presentaron.

CONCLUSIONES

El Se-O aumentó tanto el número de folículos pequeños, como el número de cuerpos lúteos y fue mayor en su efecto tardío, además propició la presencia de estructuras ováricas no identificadas, presentando apariencia de folículo o de estructura luteinizada. El Se-O en su efecto inmediato aumentó el número de folículos pequeños y de cuerpos lúteos, mientras que en su efecto tardío aumento el número de folículos pequeños, grandes, cuerpos lúteos y tamaño del ovario, concluyendo que es mejor la respuesta tardía, dado que se refleja en aumento e número de cuerpos lúteos que son indicativo de aumento en número de óvulos liberados que a su vez se verán reflejados en incrementos en el número de crías.

LITERATURA CITADA

Basini G., Tamanini C. 2000. Selenium stimulate estradiol production in bovine granulosa cells: possible involvement of nitric oxide. *Domestic Animal Endocrinology* 18: 1-17.

Brennesen P., Steinbrenner H., Sies H. 2005. Selenium, oxidative stress and health aspects. *Molecular Aspects of Medicine* 26:256-267.

Cerri R.L.A., Rutigliano H.M., Lima F.S., Araújo D.B., Santos J.E.P. 2008. Effect of source of supplemental selenium on uterine health and embryo quality in high-producing dairy cows. *Theriogenology* 1127-1137.

Finch J.M., Turne R.J. 1996. Effects of selenium and vitamin E on the immune responses of domestic animals. *Research in Veterinary Science*. 60: 97-106

Hafez E.S.E., Hafez B. 2002. *Reproduction in farm animals*, Séptima edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamerica. P 542.

Hefnawy A.E., Pérez J.T. 2008. Selenio y salud animal; importancia, deficiencia, suplementación y toxicidad. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar, Umuarama*. 11(2): 153-165.

Hemingway R.G. 3003. The influence of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproduction diseases and reproductive efficiency in cattle and sheep. *Veterinary Research Communications*. 27: 159-174.

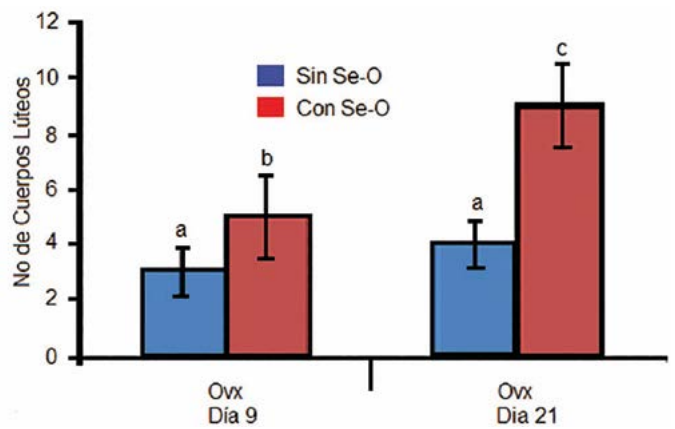


Figura 2. Número de cuerpos lúteos en los ovarios de cabras como respuesta inmediata o tardía al suministro de Se-O. Sin Se-O=sin Se orgánico, Con Se-O=Tratamiento con Se orgánico, Ovx=ovariectomía ($P \leq 0.05$).

Kamada H., Ikumo H. 1997. Effect of selenium on cultured bovine luteal cells. *Animal Reproduction Science*. 46: 203-21.

Parraguirre E.A., Miranda J.L., Herrera H.J. 2015. Suplemento con selenometionina a ovejas gestantes y efecto sobre el desarrollo de sus corderos. *Agroproductividad* 8(6): 52-58.

Ramírez-Briebesca J.E., Hernández E.C., Hernández L.M.C., Tortora J.L.P. 2004. Efecto de un suplemento parenteral con selenito de sodio en la mortalidad de corderos y los valores hemáticos de selenio. *Agrociencia*. 38: 43-51.

Ratto M., Márquez C.A., Matamoros R., Wittwer F., Böhmwald H., Wolter M. 2008. Suplementación con selenio, en respuesta superovulatoria y recuperación de embriones en bovinos lecheros tratados con eCG. *Revista Veterinaria y Zootecnia de Caldas*. 2(2): 53-58.

Rutigliano H.M., Lima F.S., Cerri R.L.A., Greco L.F., Vilela J.M., Magalhães V., Silvestre F.T., Thatcher W.W. and Santos J.E.P. 2008. Effects of method of presynchronization and source of selenium on uterine health and reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91: 3323-3336.

Spallholz J.E. 1994. On the nature of selenium toxicity and carcinostatic activity. *Free Radical Biology*. 17: 45-64.

Zamora S.J.D. 2007. Antioxidantes: Micronutrientes en lucha por la salud. *Revista Chilena de Nutrición*. 34: 1-17.

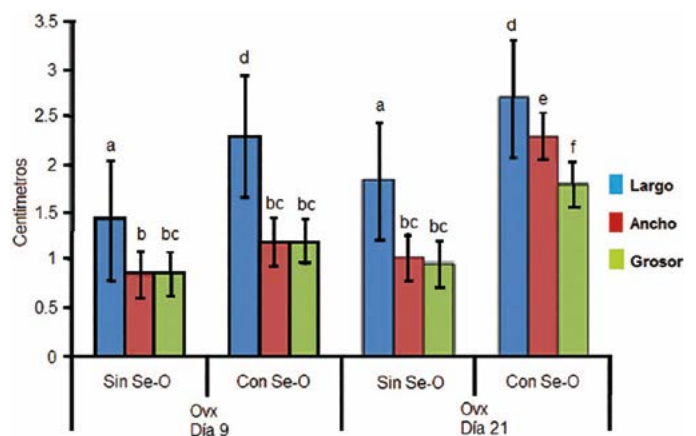


Figura 3. Largo, ancho y grosor de ovarios obtenidos de cabras con y sin Se-O. Sin Se-O=sin Se orgánico, Con Se-O=Tratamiento con Se orgánico, Ovx=ovariectomía ($P \leq 0.05$).

IMPORTANCIA ECONÓMICO Y SOCIAL DEL SECTOR ACUÍCOLA EN MÉXICO

ECONOMIC AND SOCIAL IMPORTANCE OF THE AQUATIC SECTOR IN MÉXICO

Platas-Rosado, D.E.^{1*}; Hernández-Arzaba, J.C.¹; González-Reynoso, L.²

¹Campus Veracruz, carretera Xalapa-Veracruz, predio Tepetates entre Puente Jula y Paso San Juan, C. P. 91690, Veracruz, Ver., México.

*Autor de correspondencia: dplatas@colpos.mx

RESUMEN

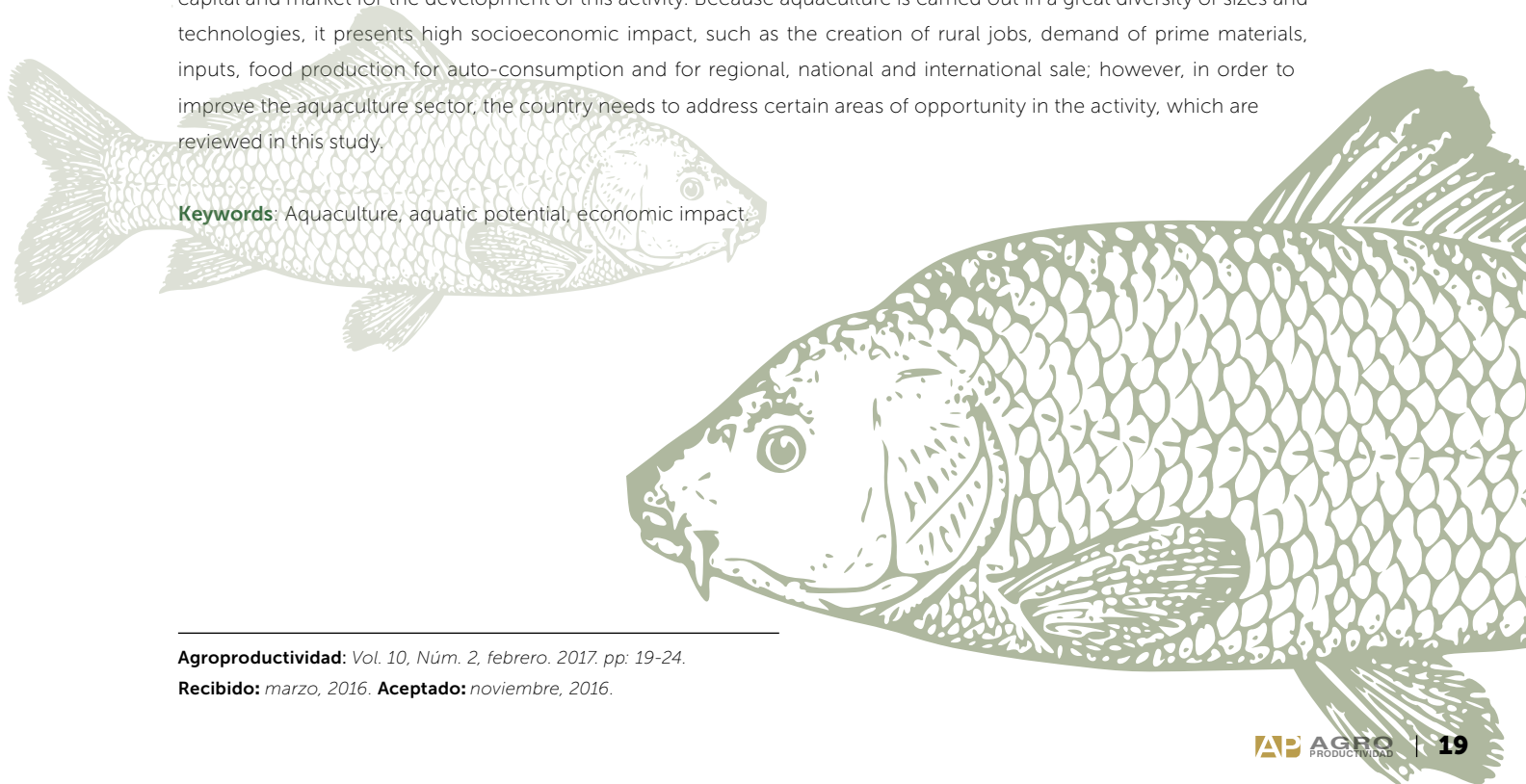
La acuicultura es el sector productivo primario de mayor crecimiento de toda la economía, con 7% anual en los últimos 10 años, superando a la producción agrícola, ganadera y forestal, y se presenta como una solución a las necesidades nacionales y mundiales de alimentos, materias primas y bioenergéticos. México posee los recursos naturales, infraestructura productiva, capital humano y mercado para el desarrollo de esta actividad. Debido a que la acuicultura se lleva a cabo en gran diversidad de tamaños y tecnologías presenta alto impacto socioeconómico, tal como la creación de empleos rurales, demanda de materias primas, insumos, producción de alimentos para autoconsumo y venta regional, nacional e internacional, sin embargo, para mejorar el sector acuícola, el país necesita atender ciertas áreas de oportunidad en la actividad, que se revisan en el presente estudio.

Palabras clave: Acuicultura, potencial acuícola, impacto económico.

ABSTRACT

Aquaculture is the primary production sector of highest growth of the whole economy, with 7 % annually in the last 10 years, exceeding agricultural, livestock and forestry production, and is presented as a solution to the national and global needs for food, prime materials and bioenergetics. México has the natural resources, productive infrastructure, human capital and market for the development of this activity. Because aquaculture is carried out in a great diversity of sizes and technologies, it presents high socioeconomic impact, such as the creation of rural jobs, demand of prime materials, inputs, food production for auto-consumption and for regional, national and international sale; however, in order to improve the aquaculture sector, the country needs to address certain areas of opportunity in the activity, which are reviewed in this study.

Keywords: Aquaculture, aquatic potential, economic impact.



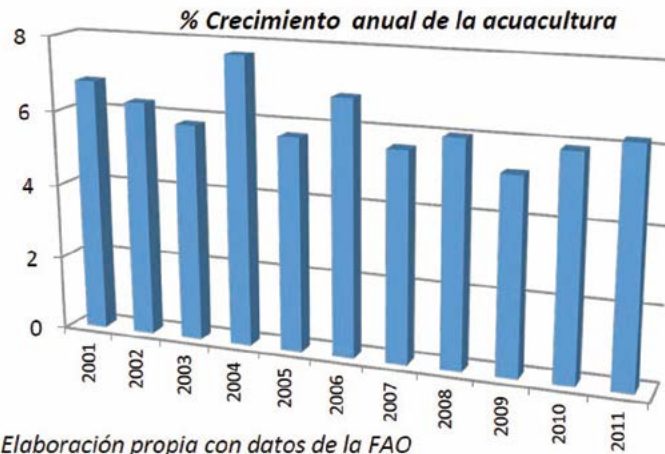
INTRODUCCIÓN

La acuicultura

es el sector productivo primario de mayor crecimiento de toda la economía y representa 7% de crecimiento promedio anual en los últimos 10 años (Platas, 2014), (Figura 1). La acuicultura se define como la producción de cualquier ser vivo en el medio acuático, y se considera la solución más importante, entre otras, a los grandes retos que enfrenta la humanidad en cuanto a la producción de alimentos, así como de materias primas para la industria de procesamiento, servicios ambientales y bioenergéticos. México es uno de los países con mayor potencial para la acuicultura en el mundo. Cuenta con 11,400 km, de litoral dando el doble de superficie mar patrimonial que terrestre, gran cantidad de agua dulce continental, grandes ríos, lagos, lagunas y esteros, presas, canales de riego y pozos profundos (CNA, 2012), horas luz y temperatura adecuados durante la mayor parte del año en casi todo el país. El mayor impacto en el corto plazo es el uso de toda el agua de riego agrícola en la producción acuícola antes de verterla a los cultivos, esto incluye las presas, pozos y los canales de derivación. Se pueden crear más de un millón de empleos y de producir más de un millón trescientas mil toneladas de peces consumibles en el corto plazo. Existen ciertas áreas de oportunidad que deben superarse para liberar el desarrollo del sector acuícola mexicano, tales como buenas políticas públicas que fortalezcan la actividad, cambio en la normatividad del uso del agua y otras leyes de impacto ambiental, inversión pública y privada

en investigación científica, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología así como capacitación a productores. También es necesario la promoción al consumo y comercialización del producto en fresco, así como procesado y reestructurados de especies acuáticas.

La acuicultura incluye micro y macro organismos, unicelulares y multicelulares, vegetales (micro y macro algas) y animales vertebrados e invertebrados, tales como rotíferos, crustáceos, moluscos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Normalmente se considera a la acuicultura como la producción de peces porque es la más amplia y conocida, pero no es así, actualmente existen más de 570 especies conocidas con potencial productivo superando a la agricultura, ganadería y silvicultura juntas (FAO, 2014). En México las especies principales son el camarón (*Penaeus vannamei*) (agua salada), tilapia (*Oreochromis niloticus*), trucha (*Oncorhynchus mykiss*), bagre (*Ictalurus punctatus*) y carpa (*Cyprinus carpio*).



Elaboración propia con datos de la FAO

Figura 1. Porcentaje de crecimiento anual de la acuicultura mundial. Fuente: FAO (2012).

En México las especies principales son el camarón (*Penaeus vannamei*) (agua salada), tilapia (*Oreochromis niloticus*), trucha (*Oncorhynchus mykiss*), bagre (*Ictalurus punctatus*) y carpa (*Cyprinus carpio*).

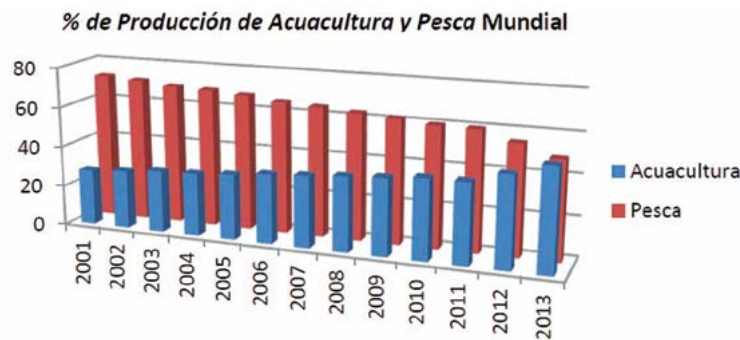


Figura 2. Porcentaje anual de la acuicultura y pesca mundial. Fuente: FAO (2012).

La acuicultura se desarrolla gracias al avance científico y tecnológico actual, lo que le ha permitido a esta actividad realizar un salto importante en el tiempo ahorrándose miles de años que le costó a la agricultura y ganadería para llegar al estado actual.

Es precisamente la ciencia y la que obligará al hombre a realizar una actividad sustentable, es decir, sin dañar más a la naturaleza.

Para el 2013 la producción acuícola superó a toda la producción de carne bovina en el mundo. Lo que

significa que en la actualidad la sociedad consume más pescados y mariscos cultivados que carne bovina (Figura 3). Esta gráfica también muestra la tendencia mundial de la producción acuícola desde 1950, la cual ha crecido muy rápido, sobre todo a partir de la década de los años ochenta. México presenta un rezago en el desarrollo de la acuicultura de 50 años respecto a los países asiáticos y 30 años comparado con Brasil, Chile, España, Egipto e Israel.

La FAO también reporta una producción de 66.63 millones de toneladas de pescados y mariscos producidos, con un valor de 138 mil millones de dólares. Los países asiáticos con China como líder (61%) representan el 89% de la producción acuícola mundial (Cuadro 1). México con todo su potencial no figura ni en los 20 primeros lugares. Pero eso también significa el gran potencial que se tiene por delante.

Existen diversos sistemas de producción acuícola ya desarrollados a nivel mundial y que actualmente se están aplicando en México. Estos se clasifican principalmente por el grado de uso de insumos comerciales, capital y mano de obra. Se identifican principalmente los siguientes seis tipos de sistemas.

Extensivo: Son principalmente estanques rústicos o de tierra, se caracterizan por bajo uso de insumos, la alimentación de los peces consiste en la productividad natural del agua (algas y microorganismos) que se puede fertilizar también con algún elemento orgánico, tales como estiércol de ganado, gallinaza o lombricomposta. Solo se pueden producir pocos peces por metro cuadrado de 1 a 4 (Tilapia). Dicha tecnología es masivamente usada en China en los campos de arroz y también existe en México.

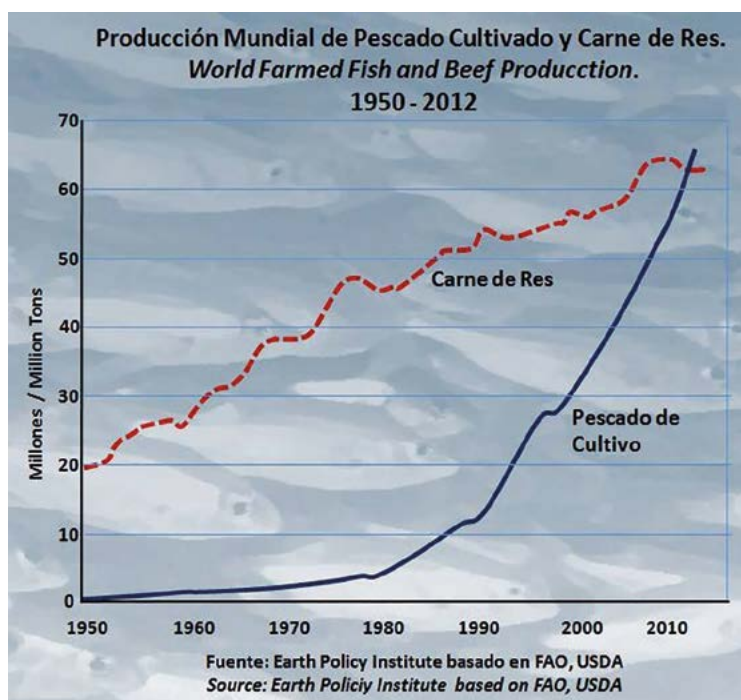


Figura 3. Comparación de producción de pescados y mariscos y carne bovina. Fuente: Earth Policy Institute (2013).

Semi-Extensivo: Esta tecnología es similar al extensivo pero utiliza un poco más de insumos, como aireación artificial de auxilio y alimentación balanceada en baja escala. Aquí se puede trabajar como mayor densidad de siembra por ejemplo de 5 a 10 organismos (de Tilapia) por metro cuadrado de superficie de agua. Normalmente para este modelo se utilizan corrientes de agua superficial, caída de agua o la marea de agua salada, que cuando sube entra a tierra adentro se tapa y queda encerrada en los estanques (para producción de camarón). Ambas tecnologías 1 y 2 son más eficientes cuando el agua entra y sale sola del estanque, es decir, por gravedad.

Cuadro 1. Producción acuícola en toneladas por los 20 principales países (2011).

País	Toneladas
China	38,621,269
India	4,573,465
Viet Nam	2,845,600
Indonesia	2,718,421
Bangladesh	1,523,759
Noruega	1,138,797
Tailandia	1,008,049
Egipto	986,820
Chile	954,845
Myanmar	816,820
Filipinas	767,287
Brasil	629,309
Japón	556,761
Korea	507,052
E.U.	396,841
Taiwán	314,363
Ecuador	308,900
Malasia	287,076
España	271,961
Irán	247,262
Total 20 Prop.	59,474,657
Otros (Méx)	3,225,644
Total Mundial	62,700,300

Fuente: FAO (2012).

Jaulas Flotantes: Esta forma de producción consiste en jaulas, principalmente circulares (aunque hay cuadradas y rectangulares) que llegan hasta los 20 m de diámetro. Se ubican en presas y cuerpos de agua mayores (lagunas y lagos con corrientes de agua de entrada y salida no muy grandes para que no arrastren las jaulas). Son de varios metros de profundidad y alcanzan altas densidades de peces por metro cuadrado. Son muy productivas y con un manejo eficiente son muy rentables. Se alimenta a los peces con alimento comercial balanceado. En México se están usando en las presas de: Peñitas en Tabasco y Chiapas, Malpaso y Cañón de Sumidero Chiapas por la empresa Regal Spring (La mayor productora nacional de Tilapia) y algunos productores independientes, Temascal en Veracruz y Oaxaca por productores organizados y en Infiernillo por un equipo de científicos de Michoacán Jalisco y Nayarit.

Semi-intensivo: Pueden ser estanques rústicos de tierra cuadrados y rectangulares, pero principalmente estanques fabricados de geomembrana, polyliner o concreto. Se presentan diferentes tamaños permeando el de 12.5 m. de diámetro. Esta tecnología utiliza insumos para aireación artificial (principalmente en la noche), alimento balanceado y asistencia para el manejo de agua ya sea la entrada (bombeando de pozo, arroyos o canales) o salida. Se caracterizan por una densidad de siembra media de 10 a 20 organismos por metro cuadrado. Necesita energía eléctrica para la aireación y cierta capacitación de la mano de obra para el manejo. Esta es la técnica más utilizada en México principalmente para Tilapia.

Intensivo: Este modelo es similar al anterior pero con un mayor uso de insumos: aireación, alimentación, recambio de agua. Se llega a densidades de siembra de 20 a 40 organismos m^2 . Son altamente productivos pero intensivos en capital, y a su vez muy riesgosos porque cualquier variación en los parámetros, tales como oxigenación puede causar pérdidas considerables. Estas granjas necesitan ser manejados por técnicos o mano de obra especializada con capacitación continua. Solo son viables en tamaños empresariales y son muy sensibles a los cambios de los precios e insumos. Existen varias granjas de este tipo en México.

Hiper-Intensivo: Estos son similares a los anteriores pero con densidades de siembra mayores de 40 organismos m^2 (de tilapia). Son usados principalmente en laboratorios de investigación y en algunas granjas en zonas desérticas donde se necesita un uso súper-eficiente

del agua. Actualmente usan tecnologías paralelas, tales como Bio-Floc consistiendo en tratamiento de agua in situ con microorganismo que a su vez sirven de alimentación para las tilapias, o recirculación de agua y acuataponia (Avnimelech, 2006). En México existen granjas en Aguascalientes, Zacatecas y Tlaxcala todas en Invernadero. Este modelo es muy riesgoso, intensivo en capital y requiere técnicos especializados.

La acuicultura en México

México presenta características especiales multifactoriales en cuanto a la acuicultura. Por una parte posee grandes cantidades de recursos naturales, infraestructura, capital y mercado suficiente para desarrollar una acuicultura competitiva a nivel mundial. Sin embargo esta no se ha desarrollado lo suficiente para abastecer la demanda interna, y se atribuye a lo amplio de la pesca en los litorales hasta la década de 1980 y el bajo consumo per cápita en el pasado y en la actualidad.

La Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA, 2014) reporta que en México existen 10,000 unidades de producción acuícola en todo el país, considerando desde las pequeñas hasta las grandes unidades. La FAO (2014), reporta que en México se dedican a la acuicultura 30,753 productores. A nivel mundial se estiman 16.6 millones de productores de los cuales cinco millones son Chinos. La productividad promedio por productor en Latino América es del $7.8 t \text{ año}^{-1}$, y se tiene un abasto de $9.9 \text{ kg persona año}^{-1}$; mientras en el mundo la acuicultura crece a un ritmo exponencial, en México dicha actividad no ha logrado despegar adecuadamente. México posee gran cantidad de especies endémicas con potencial productivo, en la actualidad se está llevando un proceso de domesticación acelerado de varias especies acuáticas, tales como: el peje lagarto en Tabasco, el pulpo maya rojo en Yucatán (marino), la rana toro en Michoa-



cán, el tegogolo en Catemaco Veracruz, pargo en Guerrero y Sinaloa (marino), Langostino de agua dulce en Veracruz, Morelos y Guerrero, tortuga tres lomos en Tabasco y Chiapas.

Costos

El alimento balanceado representa el componente más alto en los costos con 70% a 80%, y es debido a que el ingrediente principal del alimento es harina de pescado (alto en proteína y digerible). Además debe ser peletizado y extruzado para que flote en el agua y no se desbarate. Aunque México produce harina de pescado de sardina, esta no es suficiente e importa casi el 100% necesaria para la industria nacional. En la actualidad un sustituto de la harina de pescado es la harina de soya (*Glycine max*) la cual también es importada hasta 90% del total usado. El siguiente componente de los costos de producción es la energía eléctrica entre 10% y 15%, México tiene la energía eléctrica una de las más caras del mundo. El siguiente componente es la mano de obra y otros insumos como los equipos de aireación los cuales todos son importados. La tasa de conversión de los peces es la más alta entre los animales, la tilapia tiene tasa e promedio de 1.5 kg de alimento por un kg de carne. El precio actual del ali-

mento es de \$13 MX por kg y el precio de venta de la tilapia en peso vivo varía de \$35 MX a \$50 MX por cada kilogramo dependiendo de la región y época del año.

Consumo

México es uno de los países con menor consumo de pescado per cápita anual en el mundo. Se reporta entre 7 kg y 9 kg, mientras que el consumo promedio mundial es de 18.6 kg (Platas, 2014). La demanda actual se satisface importando de China el 50% de la Tilapia consumida, 70,000 t año⁻¹ de tilapia entera y 30,000 t de filete congelado y fresco de tilapia. A demás para el 2013 se reporta en Vietnam una exportación a México de 127,000 t de filete de Basa (*Pangasius hypothalmus*). Esto ubica a México como el segundo más grande importador, de tilapia y basa en el mundo, solo después de Estados Unidos, pero este último tiene el triple de habitantes y un poder adquisitivo mucho más alto que México. Aunque México exporta atún aleta amarilla y azul, sardina y camarón entre otros menores. Si México desea alcanzar el consumo mundial y sustituir las importaciones, debe al menos aumentar su producción de las principales especies en más de 10 veces. Lo anterior considerando el potencial nacional es factible en el corto y mediano plazo.

Retos de la acuicultura nacional

Para detonar la acuicultura nacional, México tiene que trazar ciertas rutas críticas y atender algunas áreas de oportunidad, como los siguientes:

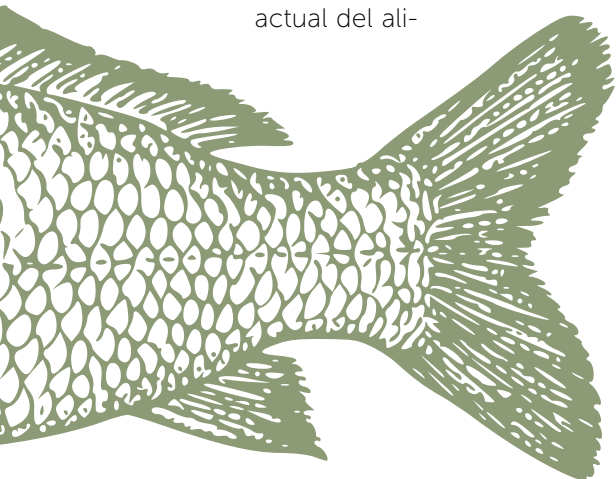
Financiamiento: Recursos monetarios disponibles en calidad de créditos para las unidades productivas medianas a grandes y tecnificadas. Aplicar el programa Trópico Húmedo a todas las unidades acuícolas. Recursos no recuperables para unidades familiares de traspatio y de mediana tecnología.

Normatividad: Es necesario cambiar la normatividad actual en varias leyes, para que se promueva la actividad productiva en el medio acuático, principalmente en lo referente al uso del agua dulce y marina y al impacto ambiental.

Seguros: Para contingencias ambientales, enfermedades y accidentes técnicos, tales como cortes eléctricos, que cubran la biomasa e infraestructura, apoyados en 50% de su costo con programa públicos, y con un aporte igual del productor. Que cubran la pérdida de infraestructura en caso de desastres naturales.

Investigación Científica: Se necesita una estrategia de investigación científica en acuicultura para aumentar la productividad y competitividad de las especies que ya se cultivan a nivel comercial y para la domesticación de especies endémicas y maricultura. Fundar al menos licenciaturas en todo el país y postgrados en acuicultura.

Capacitación y Transferencia de Tecnología: Es necesario un programa nacional de capacitación a productores y transferencia de tecnología dado que esta actividad es relativamente nueva en México y no existe mucha experiencia al respecto por parte de los productores.



Comercialización y Promoción del Consumo: Se necesitan desarrollar canales de comercialización de las especies producidas en medios controlados, las cadenas en frío y procesamiento, y sobre todo la comercialización de peces vivos, así como, promover el consumo de pescado en toda la población con la meta de alcanzar, en el mediano plazo, el promedio mundial.

CONCLUSIONES

La acuicultura se presenta como la principal alternativa productiva, entre otras, para enfrentar los retos de la humanidad en cuanto a la producción de alimentos, materias primas, bioenergéticos y servicios ambientales, en la actualidad y en el futuro, siempre que se desarrolle de una forma sustentable. México posee grandes cantidades de recursos naturales que lo posicionarían como potencia mundial en acuicultura con gran impacto social y económico, creación de empleos y producción de alimentos de alta calidad nutritiva.

LITERATURA CITADA

- Avnimelech Y. 2006. Bio Floc Technology (BFT) for Tilapia Production. Disponible en URL: [https://www.google.com.mx/?gfe_rd=cr&ei=WSGyVuCjKuym8wf9qLTIDA&gws_rd=ssl#q=Avnimelech%2C+Y.+2006.+Bio+Floc+Technology+\(BFT\)+for+Tilapia+Production.+](https://www.google.com.mx/?gfe_rd=cr&ei=WSGyVuCjKuym8wf9qLTIDA&gws_rd=ssl#q=Avnimelech%2C+Y.+2006.+Bio+Floc+Technology+(BFT)+for+Tilapia+Production.+)
- CNA. 2012. Atlas Digital del Agua. México D.F. Disponible en URL: www.cna.gob.mx
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. Disponible en URL: www.conapesca.gob.mx
- Earth Policy Institute. 2013. Washington D.C. Beef and Fish Production. Disponible en URL: http://www.earthpolicy.org/press_room/C68/fisheries_and_aquaculture_fact_sheet.
- FAO. 2012. Food and Agriculture Organization. Promise of the Blue Revolution? The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Disponible en URL: www.FAO.org
- FAO. 2014. Food and Agriculture Organization. Fisheries and Aquaculture Department. The Global Aquaculture Production Statistics for the year 2012. Disponible en URL: www.fao.org
- Platas R.D.E., Vilaboa A.J. 2014. La Acuicultura Mexicana: Potencialidad, Retos y Áreas de Oportunidad. Revista Mexicana de Agronegocios, XVIII (35): 1065-1071.



ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL PASTO (*Pennisetum purpureum* Schumach), VARIEDAD TAIWÁN EN CHIAPAS, MÉXICO

AGROECOLOGICAL ZONING OF GRASS (*Pennisetum purpureum* Schumach) TAIWAN VARIETY, IN CHIAPAS, MEXICO

Vázquez-González, A.¹; González-Mancillas, R.^{2*}

¹Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera Cárdenas-Huimanguillo, km. 2, R/a, Paso y Playa. H. Cárdenas, Tabasco, México. ²Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) – División de Estudios Investigación y Posgrado (DEPI). Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27170. Tel. 01 871 750 71 98.

*Autor para correspondencia: rgonzalez@colpos.mx.

RESUMEN

El uso de pastos de corte en México, se ha adoptado como una alternativa para afrontar y disminuir el impacto negativo de las épocas críticas del año sobre la producción bovina de carne y leche. Se determinaron las zonas agroecológicas aptas para establecer el pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), en el estado de Chiapas. Se analizaron las variables temperatura (máxima y mínima) y precipitación de 136 estaciones meteorológicas, definiendo cuatro tipos de zona: Muy Apto (MA), Apto (A), marginalmente Apto (mA) y No Apto (NA) por exceso o déficit térmicos e hídricos. Para el suelo se consideró la fertilidad, profundidad, textura, pH, salinidad y drenaje para definir las zonas aptas. Se elaboraron mapas mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG). Con los resultados del análisis de temperatura y precipitación, se realizó el álgebra de mapas, obteniendo la zonificación agroclimática, definiendo 3, 919 158.53 hectáreas con aptitud A. En lo referente al recurso del suelo se encontró 1, 158 318.01 hectáreas con nivel Muy Apto (MA). Al realizar el álgebra de mapas entre las aptitudes óptimas climáticas y edafológicas, se obtuvo que en Chiapas existen 785, 487.37 ha, siendo el 10.65% de la superficie total del estado con aptitud edafoclimática Muy Apto para establecer el pasto Taiwán.

Palabras clave: Forraje, suelos, temperaturas, pasto, trópico seco.

ABSTRACT

The use of cutting grasses in México has been adopted as an alternative to face and decrease the negative impact of the critical times of the year on the production of beef and milk. The agroecological zones that are apt to establish Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) in the state of Chiapas were determined. The following variables were analyzed: temperature (maximum and minimum) and precipitation, from 136 meteorological stations, defining four types of zones: Very Apt (MA), Apt (A), Marginally Apt (mA) and Not Apt (NA) from thermic and hydric excess of deficit. For the soil, the following were considered: fertility, depth, texture, pH, salinity and drainage to define the apt zones. The maps were elaborated through the Geographic Information System (SIG). With the results from the analysis of temperature and precipitation, the map algebra was performed, thus obtaining the agroclimatic zoning and defining 3, 919 158.53 hectares with aptitude A. Referring to the soil resource, 1, 158 318.01 hectares were found with Very Apt (MA) level. When performing the map algebra between the optimal climatic and soil aptitudes, it was obtained that in Chiapas there are 785, 487.37 ha, with 10.65 % of the total surface in the state having Very Apt soil-climate aptitude to establish Taiwan grass.

Keywords: fodder, soils, temperatures, grass, dry tropics.

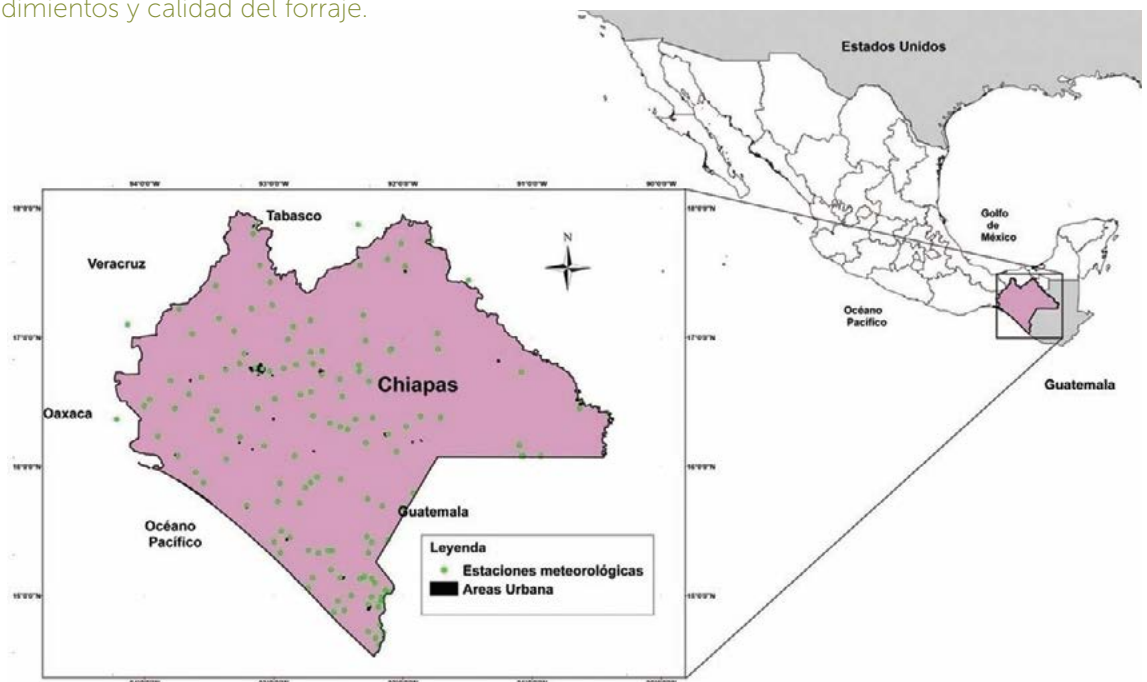
Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 25-32.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

El pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) es una especie forrajera muy importante en las zonas tropicales, debido a su alta producción de biomasa y si se cosecha en el momento adecuado puede suministrar alta cantidad de nutrientes (Araya y Boschini, 2005), sin embargo, la calidad se ve afectada por intervalos de corte, como registraron Zetina-Córdoba et al. (2013) mencionando que la proteína y digestibilidad disminuyen respecto a la madures fisiológica del pasto. Son muchos los factores determinantes para su crecimiento y su composición química, entre ellos se citan factores propios de la planta (especie, edad, morfología), factores ambientales (temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad y tipo de suelo) y factores de manejo, que el hombre ejerce sobre el pasto (Pírela, 2005). En los diversos reportes científicos se observa una variación amplia en cuanto a rendimientos, esto se debe a la falta de comprensión que se tienen respecto a las áreas con mayor aptitud agroecológica para establecer el cultivo. Para mejorar el rendimiento y calidad del forraje la FAO recomienda establecerlo en zonas optimas, para ello es necesario la Zonificación Agro-ecológica (ZAE), que consiste en analizar las unidades de suelos y clima (Temperatura y precipitación), y los requerimientos bioclimáticos de la planta, mejorando de esta manera su calidad en rendimiento y nutrientes (FAO, 1997). Es por ello, que el objetivo de este estudio fue determinar las zonas con mayor aptitud agroecológica para establecer el pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en el estado de Chiapas, ello permitirá definir las zonas óptimas para obtener máximos rendimientos y calidad del forraje.

Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Chiapas, México, y distribución espacial de las estaciones meteorológicas.



MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió el estado de Chiapas, México (17°59' y 14°32' N y 90°22' y 94°14' O), con una superficie territorial de 73,681 km² (Figura 1). La temperatura promedio más alta es de 30 °C y la mínima de 17.5 °C; la precipitación total anual varía, dependiendo de la región, de 1200 mm a 4000 mm (CONAGUA, 2011), y 54% de su territorio presenta clima Cálido húmedo, 40% Cálido subhúmedo, 3% Templado húmedo, 3% Templado subhúmedo (García, 2004).

Para conocer las zonas de alta potencialidad del pasto Taiwán (*P. purpureum*) se utilizó la metodología de Zonificación Agro-ecológica (ZAE) propuesta por la FAO (FAO, 1997) y el de *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA), (Fischer et al., 2012). Para ello se definieron cuatro tipos de aptitud: Muy Apto (MA), Apto (A), Marginalmente Apto (mA) y No Apto (NA). En esta investigación las variables que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivo fueron clima (precipitación y temperatura) y suelo, por la relación directa que guarda con el rendimiento y la calidad pasto. Con el propósito de conocer la aptitud climática, se consideraron los requerimientos bioclimáticos del pasto Taiwán reportados por la FAO y CIAT (ECROCROP, 1994; Michael et al., 2010) (Cuadro 1).

La realización de la Zonificación Agroclimática se utilizó la base de datos del programa ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica), (IMTA, 2009) y la Comi-

sión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011), reportando para el estado de Chiapas 312 estaciones meteorológicas, sin embargo, para este estudio únicamente se seleccionaron 136 estaciones ya que el resto presenta inconsistencia en sus datos (Figura 1). De las estaciones seleccionadas se creó la base de datos de clima, considerando para ello la información de series históricas a nivel diario de precipitación, temperaturas máximas y mínimas correspondientes al período 1922 a 2013.

Requerimientos edafológicos para establecer *P. purpureum* en Chiapas

La segunda fase del procedimiento de Zonificación Agro-ecológica (ZAE) propuesto por FAO, (1997) y Fischer *et al.* (2012), en el cual se hace la evaluación del recurso suelo con base al gradiente de sus fertilidades de sus subunidades. Para ello se analizaron 403 perfiles de suelos con profundidades de 0.20 m a 1.5 m, abarcando las siguientes cartas topográficas del INEGI con escalas a 1:50000; siendo las siguientes claves D1502 (Huixtla), D1505 (Tapachula), E1508 (Villahermosa), E1509 (Tenosique), E1510D15 (Juchitán), E1511 (Tuxtla Gutiérrez) y E1512D153 (Las Margaritas). Con ello se realizó la estimación de la fertilidad de suelo, basándose en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2000 y Bastidas, 2000), cuyas propiedades

edafológicas se compararon con las que requiere el pasto Taiwán, de acuerdo con las recomendaciones de FAO y CIAT (ECOCROP, 1994; Michael *et al.*, 2010) (Cuadro 2).

Software usado para la manipulación cartográfica

El Software que se utilizó para la elaboración de cartografía fue el programa ArcMap GIS (ESRI, 2004), el cual consiste en un sistema de mapeo computarizado que relaciona lugares con información agroclimática igual a los requeridos por el pasto Taiwán, a los cuales se les denominó áreas con aptitudes óptimas. De acuerdo con el Cuadro 1 se construyeron mapas a escala 1:250000 de precipitación y temperatura media, utilizando el método de interpolación espacial, el cual utiliza puntos de un valor conocido para estimar los valores de otros puntos. Para el cálculo de isonías de este trabajo se realizó con el método de interpolación Kriging Universal, incluido dentro del pro-

grama ArcMap 9.3, debido a que asocia al término de Mejor Predictor Lineal Inssegado (MPLI) y es el más adecuado en el sentido de que minimiza la varianza del error en la predicción (Castro *et al.*, 2010) y este método fue utilizado por González *et al.* (2015) para realizar la zonificación adafoclimática del cultivo de *Jatropha curcas* en el estado de Tabasco, Mexico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aptitud de las térmica

El pasto *P. purpureum*, variedad Taiwán se desarrolla bien a temperaturas superiores de 18 °C, sin embargo, no son los mejores rendimientos, mismos que se registran en zonas de entre 29 °C a 37 °C, ya que valores superiores se puede presentar estrés alterando su fisiología y composición química reduciendo calidad y digestibilidad, como también las temperaturas menores de 15 °C altera la fisiología del pasto y provoca que tenga un lento crecimiento, baja producción de bioma-

Cuadro 2. Aptitud edafológica para definir zonas potenciales productivas para establecer *Pennisetum purpureum* en Chiapas, México.

Variable	Óptima	Absoluto
PH	6 - 7.5	4.5 - 8.2
Salinidad	Bajo (<4 ds/m)	Alta (>10 ds/m)
Fertilidad	Alta	Bajo
Textura	Media	Pesado, y ligera
Drenaje	Bien drenado	Moderadamente seco
Profundidad	>150cm	20-50cm

FAO ECOCROP (1994), Michael *et al.* (2010).

Cuadro 1. Aptitud agroclimática para definir zonas con alto potencial productivo para el establecimiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en el estado de Chiapas, México.

Aptitud		Precipitación (mm)	Aptitud		Temperatura (°C)
NA	No apto por déficit	< 800	NA	No apto	< 15
mA	Marginalmente Apto por déficit	800 ≤ 1150	mA	Marginalmente apto	18 ≤ 29
A	Apto	1150 ≤ 2400	A	Apto	29 ≤ 37
mA	Marginalmente Apto por exceso	2400 ≤ 4000	NA	No apto	> 37
NA	No apto por exceso	> 4000			

sa y bajo valor nutritivo. La Figura 2 representa las zonas para establecer a *P. purpureum* variedad Taiwán en el cual el estado de Chiapas cuenta con una superficie de 6 213 879.26 hectáreas con Aptitud Apto (A), equivalente a 84.33% de la superficie total del estado, estudios realizados por Rengsirikul *et al.* (2013) reportan rendimiento de 52 t ms ha año⁻¹ considerando el rango de temperatura promedio de 29 °C, incluido dentro del rango de aptitud óptima. Con respecto a la aptitud marginalmente Apto (mA) se calcularon 977 056.14 hectáreas representando el 13.26% de la superficie total del estado, sin embargo los rendimientos para esta zona son relativamente bajos, ya que estudios realizados por De Oliveira *et al.* (2007) y Vázquez *et al.* (2008) reportaron rendimientos de 12.7 y 16.2 t ms ha año⁻¹, ambos estudios la temperatura estuvo en el rango marginalmente Apto; y con 173 505.31 hectáreas con aptitud No Apto (NA), equivalente a 2.35% de la superficie restante del estado, esto debido a valores de temperatura menores a 15 °C registrados.

Aptitud de las precipitaciones medias

La Figura 3 presenta la distribución espacial de la precipitación media, en el cual se observa que en el estado de Chiapas existe una superficie de 4 658989.63 hectáreas con aptitud Apto (A), desde el punto de vista hídrico para cultivar *P. purpureum*, variedad Taiwán, equivalente a 63.23% de la superficie total, y se registraron 2 463 530.05 hectáreas con aptitud marginalmente Apto (mA) por déficit y por exceso de precipitación, representado 33.43% y 241 920.85 hectáreas con aptitud No Apto (NA) equivalente al 3.28% de la superficie total del estado. La satisfacción de los requerimientos hídricos del pasto Taiwán ejerce efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos, debido a su estrecha relación que tiene con los factores fisiológicos y químicos. El *P. purpureum* variedad Taiwán alcanza su mejor producción de biomasa con precipitaciones promedio de (1150 ≤ 2400 mm), estudios realizados con este

pasto en Ochomogo, Costa Rica registran rendimientos de 72.47 t ms ha año⁻¹ teniendo una precipitación promedio de 2050 mm (Araya y Boschini *et al.*, 2005), en contraste otro estudio realizado en donde la precipitación media durante el experimento fue de 1200 mm, el rendimiento disminuyó notablemente a 35.42 t ms ha año⁻¹ (Viera *et al.*, 2013). Por su adaptabilidad el pasto Taiwán se puede cultivar con precipitaciones menores, pero entre menor sea la precipitación menor será la producción y calidad del forraje, al igual que con precipitaciones mayores a 2400 mm la producción y calidad del forraje se va reduciendo, por debajo de los 800 mm el pasto no desarrolla y su producción no es favorable.

Aptitud Agroclimática

Con los resultados del análisis climático de las 136 estaciones meteorológicas se realizó el álgebra de mapas de temperatura (Figura 2) y precipitación (Figura 3), con el

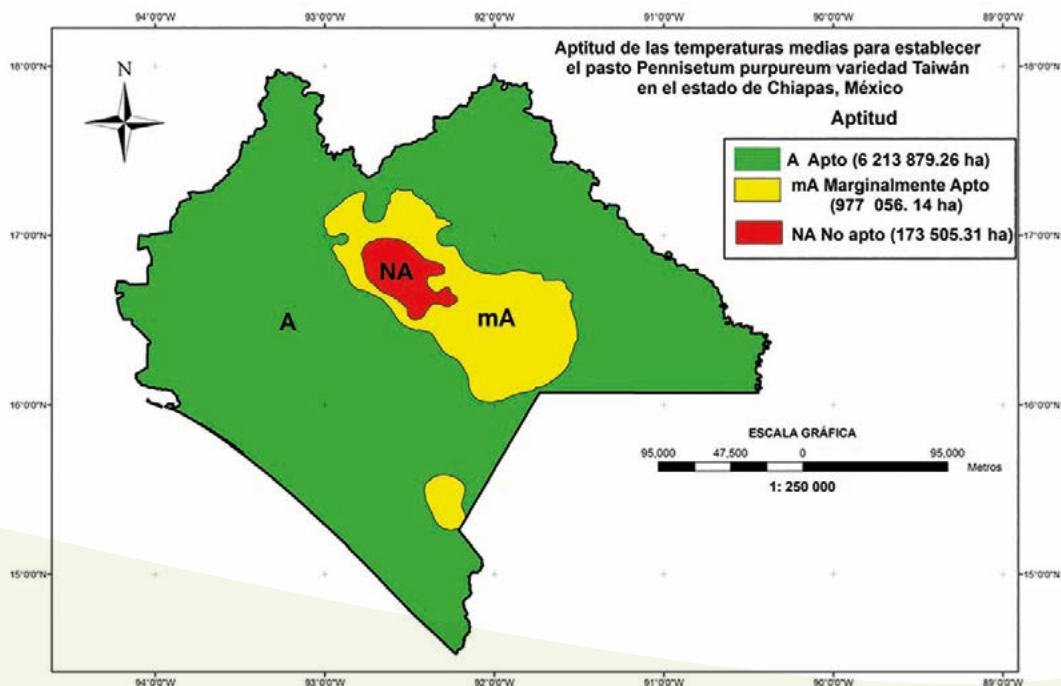


Figura 2. Distribución espacial de la temperatura óptima para establecer *P. purpureum* variedad Taiwán en Chiapas, México.

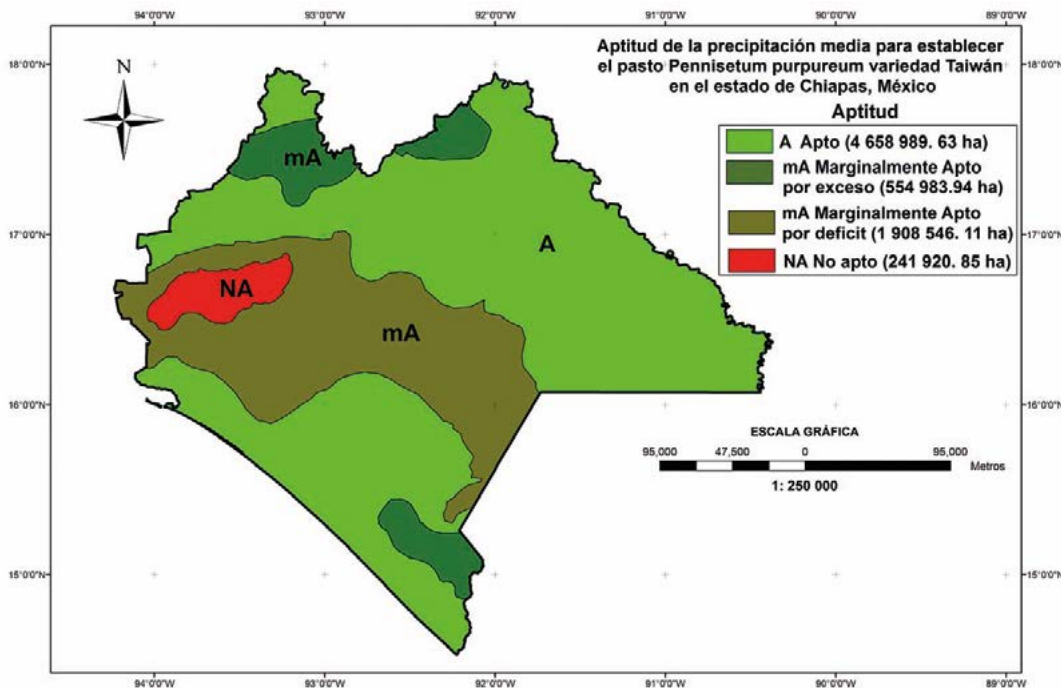


Figura 3. Distribución espacial de la precipitación óptima para establecer el pasto *P. purpureum* variedad Taiwán en Chiapas, México.

cual se obtuvieron las áreas con alto potencial agroclimático Apto (A), para el establecimiento del pasto Taiwán en el estado de Chiapas, las cuales abarcan 3 919 158.53 hectáreas representando el 53.21%, seguida por la aptitud marginalmente Apto (mA), abarcando un superficie de 3 029 856.3 hectáreas representando

el 41.12% y con 415 426.16 hectáreas correspondió a la zona No Apta (NA) siendo un porcentaje de 5.6% de la superficie total del estado (Figura 4). En estudios realizados con el pasto Taiwán por Will y Valle (1990), registraron rendimientos de 55 t ms ha año⁻¹, dicha investigación se llevó a cabo con una temperatura pro-

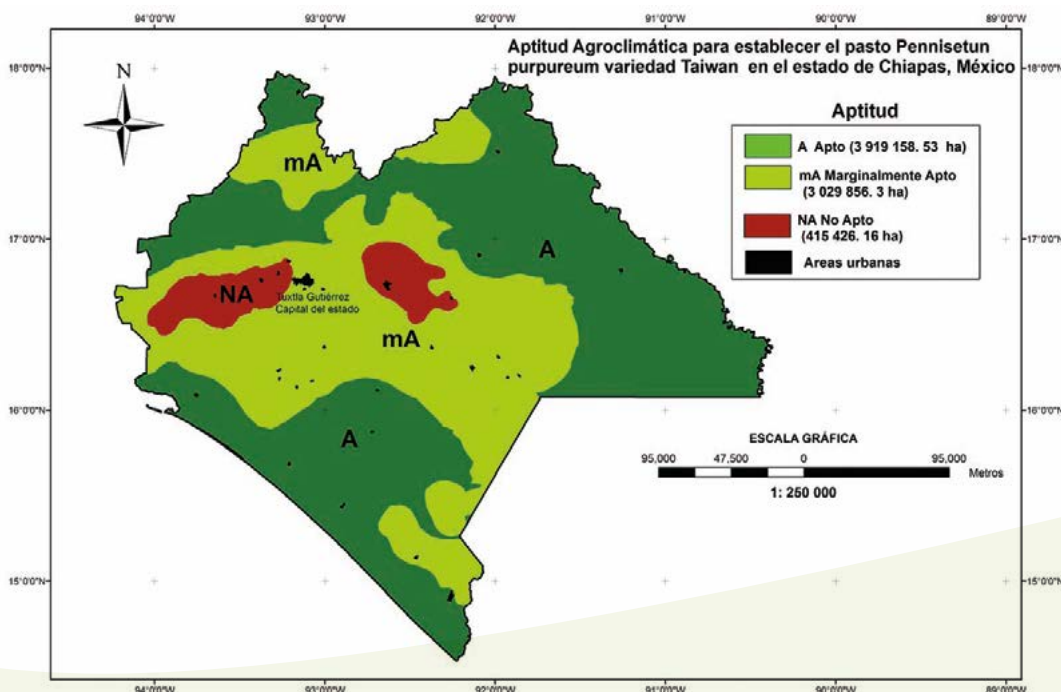


Figura 4. Zonificación agroclimática para establecer el *P. purpureum*, variedad Taiwán en Chiapas, México.

medio de 27 °C, mientras que Vázquez *et al.* (2010), con precipitaciones de 1243 mm obtuvo rendimientos de 22.8 t ms ha año⁻¹. Así también Araya y Boschini (2005), obtuvieron un rendimiento de 72.47 t ms ha año⁻¹, con precipitaciones promedio de 2050 mm y una temperatura de media 19 °C, estos rendimientos son inferiores al rendimiento potencial que el pasto puede alcanzar en su madurez fisiológica de 90 t ms ha año⁻¹.

Aptitud edafológica

Con los 403 perfiles de suelos, se realizó el álgebra de mapas con las sub unidades de suelos reportados por el INEGI (1993), y para el estado de Chiapas se encontraron 36 subunidades, de las cuales, dos de ellas presentaron alto potencial productivo Muy Apto (A) (Cuadro 3), que en conjunto sumaron 1158318.01 hectáreas equivalente al 15.7% de la superficie total del estado y ocho subunidades presentaron potencial productivo Apto (A), lo que sumaron una superficie de 2654145 hectáreas representando el 36% del territorio total del estado (Figura 5). La fertilidad de los suelos incrementa notablemente el rendimiento y la calidad de los forrajes, en su estudio Vázquez *et al.* (2010), con aplicación de fertilizante obtuvieron rendimientos de 22,847 t t ms ha año⁻¹, sin embargo Viera *et al.* (2013), encontró ren-

dimientos de 35.42 t ms ha año⁻¹, en un suelo de fertilidad alta. Ejemplificando algunas subunidades de suelo como Solonchak* y Vertisol* no son aptas debido a que la primera, la mayor parte del año está inundado y la segunda es un suelo con gran cantidad de piedras, y debido a ello la formación de raíces se ve limitado, llevando con ello una mala calidad y muerte del pasto.

Aptitud edafoclimática

Al realizar el álgebra de mapas de áreas con alto potencial agroclimático (Figura 4) y edafológico (Figura 5), se obtuvo la zonificación edafoclimática (clima y suelo) del estado de Chiapas, obteniendo 785487.37 hectáreas con potencial productivo Muy Apto (MA), equivalente al 10.65% del territorio total del estado, mientras que con un potencial productivo Apto (A) existen 1521439.44 hectáreas, equivalente a 20.64%, encontrando también para las zonas Marginalmente Apto (mA) 4104656.83 hectáreas, representando el 55.7%, y para las zonas No Apto (NA), 957459.02 hectáreas, equivalente al 12.99% de la superficie total del estado (Figura 6). Los máximos rendimientos potenciales del cultivo están estrechamente relacionado con la fertilidad del suelo y clima (temperatura y precipitación), ejemplificado un estudio de Vázquez *et al.* (2010), con aplicación de fertilizante obtuvieron rendimientos de 22,847 t ms ha año⁻¹, con precipitación pro-

Cuadro 3. Subunidades de los suelos que se encuentran en el estado de Chiapas, México, para la Zonificación edafológica de *P. purpureum*, variedad Taiwán.

Clave	Subunidad de suelos		Fase Fis.	Clave	Subunidad de suelos		Fase. Fis.
Ah+Bd+Nd/2	Acrisol***	húmico	Lítica	Lo+Be/3/L	Luvisol***	órtico	Lítica
Ao+Ah+I/3	Acrisol**	órtico	Lítica	Lp+Lc+Qc/1	Luvisol***	plíntico	
Ap+Qc/1	Acrisol**	plíntico		Lv+Lc+I/3	Luvisol*	vírtico	
Bc+Be+Re/2	Cambisol****	crómico	Lítica	Nd+Ao+Bd/3	Nitosol***	dístrico	
Bd+Hh+Re/2/L	Cambisol**	dístrico	Lítica	Ne+Ao+I/3	Nitosol***	eútrico	
Be+Bc+Re/2	Cambisol*	eútrico	Lítica	P/E	Nitosol**	eútrico 2	
Bk+Lc/2/L	Cambisol*	cálcico	Lítica	Rc+Hc+I/2/G	Regosol**	calcáreo	Gravosa
Bv+Ao+Je/2	Cambisol*	vírtico	Lítica	Rd+Bd/2/G	Regosol**	dístrico	Gravosa
E+Hc+Lc/2/L	Rendzina****		Lítica	Re+Ao+Be/2/L	Regosol***	eútrico	Lítica
Ge+Gm+Jg/1	Gleysol*	eútrico		Re+Zg/1/n	Regosol***	eútrico2	
Gv+Ge+Vp/3	Gleysol*	vírtico		Th+Ah/2	Andosol***	húmico	
Hh+Re+I/2/L	Feozem***	háplico	Lítica	Tm/1	Andosol**	móico	
I+E+Ao/2	Litosol**			To+Th+I/2	Andosol**	ótrico	
La+Ah/3	Luvisol**	álbico		Vp+E+I/3	Vertisol**	pélico.	
Lc+Ao/3	Luvisol**	crómico	Lítica	Vp+Gv/3	Vertisol**	pélico	
Lf+I+E/3	Luvisol**	férrico		Vp+Hh/3	Vertisol*	pélico	Pedregosa
Lg/3	Luvisol**	gléyico		Wm+Be+Hh/2	Planosol*	móico	
Lk+Lv+I/3	Luvisol*	cálcico		Zg+Be/2/n	Solonchak*	gléyico	

****Muy Aptos (MA) ***Apto (A) **Moderadamente Apto (mA) *No Apto (NA).

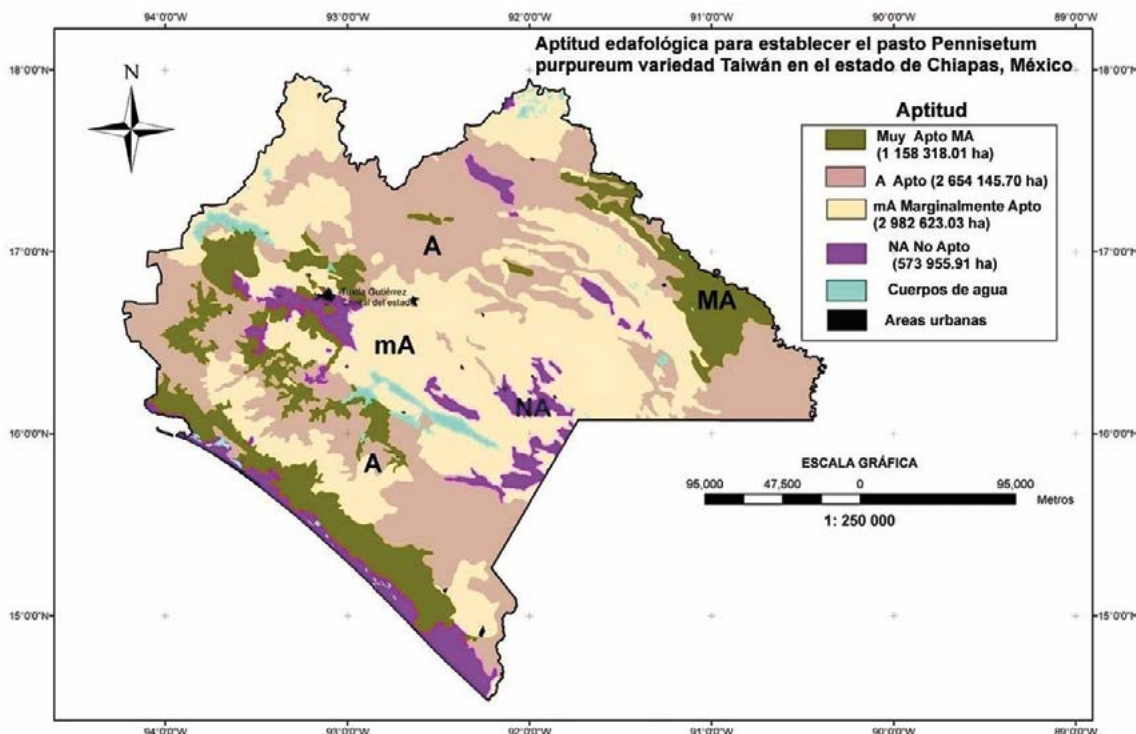


Figura 5. Zonificación edafológica para establecer *P. purpureum*, variedad Taiwán en Chiapas, México.

medio de 1243 mm y uso de riego en épocas de seca, sin embargo la temperatura media donde se realizó el estudio fue de 18 °C siendo marginalmente Apto, es por ello su bajo rendimiento, ya que el cultivo no satisface sus requerimientos térmicos.

CONCLUSIONES

En el estado de Chiapas existen 3 919 158.53 hectáreas con potencial agroclimático Apto (A), seguido por la aptitud marginalmente Apto con 3 029 856.3 hectá-

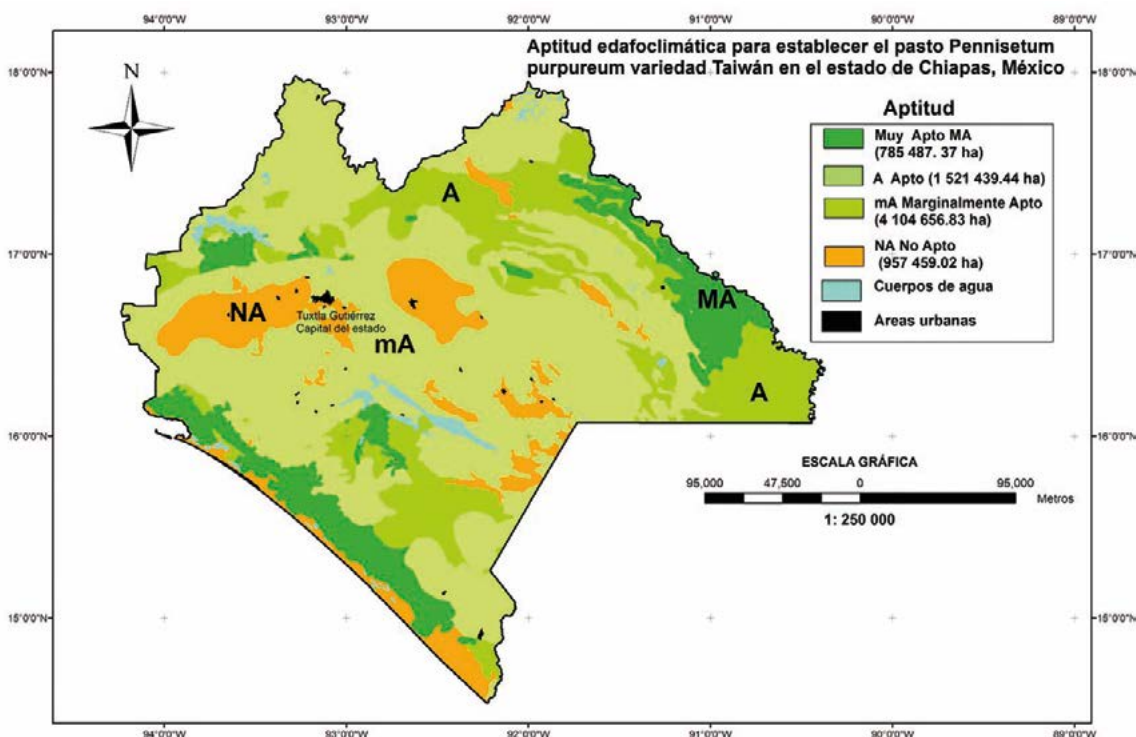


Figura 6. Aptitud edafoclimática para establecer a *P. purpureum*, variedad Taiwán en Chiapas, México.

reas y el resto del estado es No Apta (NA) localizadas en la parte de los altos y noroeste. Así también existe una superficie de 1 158 318.01 hectáreas, con potencial edafológico Muy Apto(A) y 2 654 145.70 hectáreas con aptitud Apto (A). Para las áreas con potencial edafoclimático Muy Apto (MA) existen 785 487.37 hectáreas y 1 521 439.44 hectáreas, con aptitud Apto (A), las zonas con aptitud marginalmente Apto (mA) presento 4 104 656.83 hectáreas y el resto son zonas con aptitud No Apta (NA), localizados en la región de los altos de Chiapas, noroeste y la partes de la costa.

LITERATURA CITADA

- Araya M.M., Boschini C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 16(1): 37-46.
- Bastidas A. 2000. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos en pendientes inferiores a 25% Boconó, Estado de Trujillo. *Geoenseñanza*. 5(2): 229-246.
- Castro F., Pezzopane J.E., Cecilio R.A., Pezzopane J.R.M., Xavier A.C. 2010. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hidroclicmatológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 14(8): 871-880.
- CONAGUA. 2011. Estadística del agua en México, Ed. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales, México D.F.185 pp.
- De oliveira N., T., M.V., Dos santos F., M. Lira D., A.C. De mello L., R.L. Ferreira C., J.C. Debeux J. 2007. Métodos de avaliação de disponibilidade de forragem em clones de *Pennisetum* sp. sobpastejo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2(2): 168-173.
- ESRI. 2004. Environmental System Research Institute. ArcGIS. 9.3. Getting Started With ArcGIS Sistema de Información. USA.
- FAO ECOCROP. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy. [<http://www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm>: Consultado en febrero de 2015].
- FAO. 1997. Zonificación agro-ecológica. Guía general. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Boletín de Suelos. Núm. 73. Roma, Italia. 96 pp.
- Fischer G., Nachtergaele F., Prieler S., Teixeira E., Toth G., Harrij V., Verelst L., Wiberg D. 2012. Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v3.0), International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. 196 pp.
- García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6. Instituto de Geografía, UNAM, México. 98 pp.
- González M.R., Juárez L.J.F., Aceves N.L.A., Ribera H.B., Guerrero P.A. 2015. Zonificación edafoclimática para el cultivo de *Jatropha curcas* L., en Tabasco México. *Investigaciones Geográficas*. Boletín del instituto de geografía UNAM. 86: 25-37.
- IMTA. 2009. Eric III. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ERIC III. Extractor Rápido de Información Climatológica. V.21.0. CD [cd-rom].
- INEGI. 1993. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta edafológica, escala 1: 250 000. Segunda impresión, Aguascalientes, Ags., México.
- Michael P., Franco, L.H. Schmidt A., Hincapié B. 2010. Especies forrajeras multipropósito opciones para productores del trópico americano. *Boletín CIAT Cali*. Colombia. 222 pp.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de la fertilidad, Salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis.
- Pírela M.F. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de ganadería doble propósito. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 182 pp.
- Rengsirikul K., Ishii Y., Kangvansaichol K., Sripichitt P., Punsuvon V., Vaithanomsat P., Ganda Nakamane G., Tudsri S. 2013. Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) Harvested 3-Monthly in Central Thailand. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. 3: 107-112.
- Vázquez N.M., Solano J.J.V., Vázquez R.R., Orihuela T.A., Aguirre F.V., Flores P. F.I. 2008a. Producción de forraje invernal de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* shum) en Morelos México. *Investigación Agropecuaria*. 5(2): 213-220.
- Vázquez N. M., Solano J.J.J., Vázquez R.R., Orihuela T.A., Aguirre F. V., Flores F.I. 2010b. Comportamiento productivo de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* schum) en el subtrópico. 1. En condiciones de riego. *Investigación Agropecuaria*. 7(1): 21-26.
- Viera D.M., De Andrade L.M., Ferreira D. M.V., Carneiro L.A., Viana E. 2013. Adaptabilidad y estabilidad de producción de forrajes por medios de diferentes metodologías en selecciones de clones *Pennisetum* sp. Universidad Federal Rural de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 8(4): 681-686.
- Will M.J., Valle A.G. 1990. Comportamiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), fertilizado con efluente de biogás en época de máxima precipitación pluvial. *Agronomía Mesoamericana*. (1): 69-72.
- Zetina-Córdoba P., Ortega C.M. E., Ortega J.E., Herrera H.J.G, Sánchez T-E. M. T., Reta M.J.L., Vilaboa A.J., Munguía A.G. 2013. Effect of cutting interval of Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) and partial substitution with duckweed (*Lemna* sp. and *Spirodela* sp.) on intake, digestibility and ruminal fermentation of Pelibuey lambs. *Livestock Science*. 157: 471-477.

ÍNDICES DE SELECCIÓN EN GANADO BRAUNVIEH EN MÉXICO USANDO METODOLOGÍA DE GANANCIA DESEADA

SELECTION INDEXES IN BRAUNVIEH CATTLE IN MÉXICO USING THE DESIRED GAIN METHODOLOGY

Segura-Correa, J.C.^{1*}; Chin-Colli, R.¹; Magaña-Monforte, J.G.¹; Núñez-Domínguez, R.²; Aké-López, R.¹

¹Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, AP 4-116, Mérida, Yucatán, México CP 97315. ²Departamento de Zootecnia, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Tezcoco Km 38.5; 56230, Chapingo, Estado de México.

*Autor de correspondencia: jose.segura@correo.uady.mx

RESUMEN

Se desarrollaron índices de selección para rasgos productivos y reproductivos de ganado Braunvieh en México, mediante el procedimiento de ganancia deseada. Los datos para este estudio fueron obtenidos de la Asociación Mexicana de Ganado Braunvieh. Se utilizaron registros de 21,547 animales nacidos en 86 hatos, prole de 632 sementales y 10,976 vacas durante 1979 a 2010. Los rasgos estudiados fueron peso al nacer (PN), peso al destete (PD), peso al año (PA), edad al primer parto (EPP) e intervalo entre partos (IEP). Cinco índices de selección que incluyeron 3, 4 o 5 rasgos simultáneamente fueron construidos. Los coeficientes de los índices (b) se calcularon basados en la metodología de Yamada, tales como $b=(G' R)^{-1} Q$; donde: $G=n \times m$ es la matriz de varianzas-covarianzas genéticas de los rasgos usados como criterios de selección (X) y objetivos de selección (Q); donde: $Q=m \times 1$ es el vector de cambios genéticos deseados para los m rasgos; $R=n \times n$ es la matriz diagonal de coeficientes de parentesco de Wright. La ganancia genética por generación para el i -ésimo rasgo se calculó como: $\Delta G_i = i_j \text{Cov}(G_i, I) / \sigma_i$; donde: i_j =intensidad del índice; $\text{Cov}(G_i, I)$ =covarianza del valor genético del rasgo y el índice; $\sigma_i=(b' P b)^{1/2}$ =desviación estándar del índice; y $P=n \times n$ matriz de varianzas-covarianzas fenotípicas. Con base en las respuestas esperadas y número de generaciones necesarias para lograr las ganancias deseadas, los mejores índices fueron I_2 e I_4 .

Palabras clave: Respuesta a la selección; índice de Yamada; rasgos productivos; rasgos reproductivos.

ABSTRACT

Selection indexes were developed for productive and reproductive characteristics of Braunvieh cattle in México, through the desired gain procedure. The data for this study were obtained from the Mexican Braunvieh Cattle Association. Records from 21,547 animals born in 86 herds, offspring of 632 studs and 10,976 cows during 1979 to 2010, were used. The characteristics studied were weight at birth (PN), weight at weaning (PD), weight after one year (PA), age at first labor (EPP), and interval between labors (IEP). Five selection indexes that included 3, 4 or 5 characteristics simultaneously were constructed. The coefficients of the indexes (b) were calculated based on the Yamada methodology, such as $b=(G' R)^{-1} Q$; where: $G=n \times m$ is the matrix of genetic variances-covariances of the characteristics used as selection criteria (X) and selection objectives (Q); where: $Q=m \times 1$ is the vector of desired genetic changes for the m characteristics; $R=n \times n$ is the diagonal matrix of the Wright kinship coefficients. The genetic gain per generation for the i -th characteristic was calculated as: $\Delta G_i = i_j \text{Cov}(G_i, I) / \sigma_i$; where: i_j =index intensity; $\text{Cov}(G_i, I)$ =covariance of the genetic value of the characteristic and index; $\sigma_i=(b' P b)^{1/2}$ =standard deviation of the index; and $P=n \times n$ matrix of phenotypic variances-covariances. Based on the responses expected and the number of generations necessary to achieve the gains desired, the best indexes were I_2 and I_4 .

Keywords: response to the selection; Yamada index; productive characteristics; reproductive characteristics.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero, 2017. pp: 33-36.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

El ganado Suizo Pardo es la raza de mayor importancia utilizada para la producción en los sistemas de doble propósito en México; el cual es muy apreciado por sus características de adaptabilidad y producción de leche. Un programa de mejoramiento genético tiene como meta mejorar las características de interés de la población animal mediante la selección de los mejores animales. La selección puede hacerse para una sola característica; sin embargo, la producción eficiente de ganado depende de la óptima combinación de rasgos productivos y reproductivos de interés económico. Por lo tanto es deseable seleccionar animales con la mejor combinación de dichos rasgos con el objetivo de mejorar el valor genético total, en vez de seleccionar por un rasgo simple a la vez. Esto es posible mediante el uso de índices de selección. El valor económico relativo de los rasgos individuales en el agregado genotípico es el requerimiento básico de un índice de selección (Hazel *et al.*, 1943), sin embargo, la estimación de valores económicos relativos es un proceso complejo que cambia rápidamente en el mercado. Un índice de selección para obtener la ganancia genética deseada por rasgo, que no requiere definir el agregado genotípico y de la estimación de los valores económicos relativos fue propuesto por Pesek y Baker (1969) y extendido por Yamada *et al.* (1975). Una ventaja práctica de este tipo de índice es que el número de generaciones requeridas para alcanzar la ganancia deseada puede ser estimado. Algunos autores como Khanna y Jaiswal (1994); Kaushik y Khanna (2003) han utilizado esta metodología para desarrollar y comparar varios índices en ganado cruzado y Hariana, por ello, el objetivo de este estudio fue desarrollar y comparar índices de selección, basados en la metodología de la ganancia deseada, para rasgos productivos y reproductivos en ganado Braunvieh en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos para el presente estudio se obtuvieron de los archivos de la Asociación Mexicana de ganado Braunvieh de México. Se utilizaron los registros de 21,547 animales nacidos de 1979 a 2010 en 86 hatos, progenie de 632 sementales y 10,976 vacas. Los rasgos estudiados fueron peso al nacer (PN), peso al destete ajustado a 240 días (PD), peso al año de edad (PA), edad al primer parto e intervalo entre partos. Los estimadores de las (co)va-

rianzas fenotípicas y genéticas para PN, PD, PA, EPP e IEP utilizados para la construcción de los índices de selección fueron reportados previamente por Chin-Colli *et al.* (2016). Cinco índices que incluyeron 3, 4 y 5 rasgos a la vez fueron construidos para estimar la ganancia deseada de acuerdo con la metodología de Yamada *et al.* (1975). El vector Q de ganancias deseadas se calculó como la diferencia entre la media deseada y la observada para los diferentes rasgos como se muestra en el Cuadro 1.

Las razones principales para incluir esas características en los índices de selección fueron: PN, que está asociado a la facilidad o dificultad de parto; PD, que se incluyó porque es una característica económica importante para el ganadero; PA, porque además de ser un rasgo de importancia económica, está menos afectado por la habilidad materna de la vaca; EPP, porque está altamente correlacionada con la madurez sexual; y IEP, que es un indicador de fertilidad de la vaca. La selección por múltiples características se construye con base en un índice de selección: $I=b'X$; donde, $b=n \times 1$ que es el factor de ponderación; y $X=n \times 1$ es el vector de valores fenotípicos del candidato a ser seleccionado y sus parientes. El índice de Yamada, b , se calculó como: $b=(G' R)^{-1} Q$; donde: $G=n \times m$ era la matriz de varianzas covarianzas genéticas de los rasgos utilizados como criterios de selección (X) y como objetivos de selección (Q); $Q=m \times 1$ que es el vector de cambios deseados para los m rasgos de interés; $R=n \times n$ matriz diagonal de coeficientes de relación de Wright, entre el candidato y sus parientes que proporcionan la información de X . La ganancia esperada por

Cuadro 1. Media observada, media deseada y ganancia deseada por rasgo involucrado en la construcción de los índices de selección.

Rasgo	Media observada*	Media deseada	Ganancia deseada	Ganancia deseada (%)
PN (kg)	37.6	37.6	0	0
PD (kg)	235	258.5	23.5	10
PA (kg)	334	367.4	33.4	10
EPP (días)	1140	1026	-114	-10
IEP (días)	449	365	-84	-18

PN=Peso al nacer; PD=Peso al destete ajustado a 240 días; PA=Peso al año de edad; EPP=Edad al primer parto; IEP=Intervalo entre partos. *Información obtenida de Chin-Colli *et al.* (2016).

generación para el i -ésimo rasgo se calculó como: $\Delta Gi = i_j \text{Cov}(Gi, l) / \sigma_l$; donde: i_j = intensidad de selección del índice (fijado a 1); $\text{Cov}(Gi, l) = (G'b)$ = covarianza de los valores genéticos del rasgo y el índice; $\sigma_l = (b'Pb)^{1/2}$ = desviación estándar del índice; y $P = n \times n$ matriz de varianzas-covarianzas fenotípicas entre los elementos de X . El número de generaciones requeridas (t) para alcanzar la meta se calculó como: $t = \sigma_l / i_j$. La ganancia total (Q^*) en los m rasgos después de t generaciones de selección, bajo la suposición de no cambios en los parámetros de la población durante el transcurso de la selección se calcularon como: $Q^* = t \Delta Gi = G^*b$; donde: $G^* = n \times m$ matriz de varianzas-covarianzas genéticas entre los rasgos del índice y todos los rasgos a ser mejorados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de regresión de los índices desarrollados en este estudio se presentan en el Cuadro 2. Las respuestas directas y correlacionadas a la selección, estimadas mediante la metodología de ganancia esperada (ΔGi), para varios rasgos y el número de generaciones requeridas se presentan en el Cuadro 3. La eficiencia comparativa de estos índices se juzgó con base en el número de generaciones requeridas para obtener las

Cuadro 2. Coeficientes estimados (b) para diferentes índices de selección en ganado Braunvieh en México.

Index	PN	WW	YW	AFC	CI
l_1	-0.9082	0.0945	0.0900	----	----
l_2	-1.0076	0.1815	----	-0.0208	----
l_3	-0.7731	----	0.1234	-0.0151	----
l_4	-1.0063	0.1445	0.0347	-0.0192	----
l_5	26.07	-8.068	4.749	-0.0083	-4.396

PN=Peso al nacer; PD=Peso al destete ajustado a 240 días; PA=Peso al año de edad; EPP=Edad al primer parto; IEP=Intervalo entre partos; σ_l =desviación estándar del índice.

metas esperadas y ganancia genética correlacionada para cada característica. Con base en las respuestas esperadas y el número de generaciones necesarias para lograr las ganancias deseadas, los mejores índices fueron el l_2 e l_4 . El l_1 , aunque presentó el menor número de generaciones para alcanzar las respuestas deseadas, se descartó por su pobre respuesta para EPP; El l_3 por presentar una respuesta positiva para IEP y el l_5 por requerir demasiadas generaciones.

Khanna y Jaiswal (1994) observaron que el índice que incluyó EPP, producción de leche durante la lactancia e IEP fue en lo general más eficiente que el índice que incorporó los rasgos de duración de vida en ganado cruzado. Sharma (1995) observó que el índice con EPP, producción de leche durante la lactancia y producción de leche/IEP fue el mejor índice con tres rasgos en Murrah búfalos. Singh (1998), a su vez, comparó varios índices para vacas Sahiwal e indicó que el mejor índice para cuatro rasgos fue el que incluyó EPP, producción de leche durante la lactancia, periodo seco and periodo de servicio y el mejor de tres rasgos, fue el que incluyó EPP, producción de leche durante la lactancia y periodo de servicio, esto en términos del menor número de generaciones requeridas para alcanzar las ganancias deseadas.

CONCLUSIONES

Con base en las respuestas directas y correlacionadas, así como en el menor número de generaciones para alcanzar las ganancias deseadas, el mejor índice fue el que incluyó las variables PN, PD y EPP.

Cuadro 3. Ganancia directa y correlacionada (ΔGi) en q generaciones y por generación para diferentes índices de selección para características productivas y reproductivas en ganado Braunvieh en México.

Index	PN	PD	PA	EPP	IEP	t
l_1	0*	23.5	33.4	(-35.17)	(-8.17)	4.75
l_2	0*	23.5	(30.87)	-114.0	(-11.14)	6.87
l_3	0*	(17.41)	33.4	-114.0	(3.02)	5.50
l_4	0*	23.5	33.4	-114.0	(-8.36)	6.57
l_5	0*	23.5	33.4	-114.0	-84.0	1602

PN=Peso al nacer; PD=Peso al destete ajustado a 240 días; PA=Peso al año de edad; EPP=Edad al primer parto; IEP=Intervalo entre partos; * Ganancia por q generaciones; ** Ganancia por generación para hembras; *** Ganancia por generación para machos.

LITERATURA CITADA

- Chin-Colli R.C., Magaña Monforte, J.G., Segura Correa, J.C., Núñez Domínguez, R., Estrada León, R.J. 2016. Índices de selección para el mejoramiento productivo de bovinos suizo europeo en México. *Ecosist. Recursos Agropec.* 3(7):1-10.
- Hazel L.N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics.* 28: 476-490.
- Kaushik R., Khanna A.S. 2003. Efficiency of different selection indices for desired gain in reproduction and production traits in Haryana cattle. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 16(6): 789-793.
- Khanna A.S., Jaiswal U.C. 1994. Efficiency of different selection indexes for desired gain by 'bending' of parameter estimates. *Indian Journal of Animal Science.* 64:378-383.
- Pesek J. Baker R.J. 1969. Desired improvement to selection indexes. *Can. J. Plant Sci.* 49: 803-804.
- Singh N. 1998. Index selection for genetic advancement in Sahiwal cattle. M.V.Sc. Thesis. CCS Haryana Agriculture University, Hisar, India.
- Yamada Y, Yokouchi, K, Nishida, A. 1975. Selection index when genetic gains of individual traits are of primary concern. *Japan. J. Genet.* 50(1): 33-41.



USO DE FRUTOS TROPICALES (FABACEAE) PARA COMPLEMENTO ALIMENTICIO DE PEQUEÑOS RUMIANTES

USE OF TROPICAL FRUITS (FABACEAE) FOR DIETARY COMPLEMENT OF SMALL RUMINANTS

Sosa-Pérez, G.¹; López-Ortiz, S.²; Pérez-Hernández, P.²; Cortez-Romero, C.³; Gallegos-Sánchez, J.^{1*}

¹Ciencia Animal. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Km. 36.5 Carretera federal México-Texcoco, Montecillo, Estado de México C.P 56260. ²Campus Veracruz, km. 88.5 carretera Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, C.P. 91690, Veracruz, México. ³Campus San Potosí, Luis Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. C. P. 78600.

*Autor de correspondencia: gallegos@colpos.mx

RESUMEN

En el trópico de México la alimentación tradicional de pequeños rumiantes en sistemas extensivos consiste en el pastoreo de pastizales (Poaceae), los cuales varían en disponibilidad y calidad a lo largo del año. Durante la época de seca se presenta un desbalance nutrimental para los animales debido a que los pastos en dicha época están secos y escasos, tienen baja concentración de proteína cruda, alta concentración de fibra detergente neutro (FND), baja digestibilidad aparente, y baja concentración de energía metabolizable, afectando la producción animal. Es importante proponer algunas alternativas de alimentación para los animales, que no compitan en lo fundamental con el hombre, que sean de buena calidad y resulten accesibles por su bajo costo, tales como frutos de especies de la familia Fabaceae, que por su valor nutrimental y producción en época de seca pueden contribuir a cubrir las necesidades alimenticias de los animales en el periodo de estiaje y mejorar la producción animal.

Palabras clave: Alimentación, rumiantes, frutos, leguminosas tropicales.

ABSTRACT

In the tropics of México the traditional diet of small ruminants in extensive systems consists of grazing in grasslands (Poaceae), which vary in availability and quality throughout the year. During the drought season, a nutritional imbalance takes place for the animals because grasses in that season are dry and scarce, they have low crude protein concentration, high concentration of neutral detergent fiber (FND), low apparent digestibility, and low concentration of metabolizable energy, affecting animal production. It is important to suggest some dietary alternatives for the animals, which do not compete fundamentally with man, which are of good quality and turn out to be accessible because of their low cost, such as fruits from species of the Fabaceae family; because of their nutritional value and production during dry times, these can contribute to covering the dietary needs of the animals in the low water period and to improving animal production.

Keywords: diet, ruminants, fruits, tropical legumes.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 37-41.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevas fuentes de alimentación para los animales, que no compitan en lo fundamental con el hombre, que sean de buena calidad y resulten accesibles por su bajo costo, ha motivado la evaluación de recursos alimenticios alternativos eficientes y viables económicamente (Galindo *et al.*, 2005). Al respecto, el empleo de frutos de especies tropicales de la familia Fabaceae, para suplementos proteicos es una opción económica y ecológica, al permitir sustituir por fuentes naturales, el uso de concentrados proteicos, e incrementar el valor nutritivo de dietas para rumiantes a menor costo, esto principalmente durante periodos prolongados de sequía, donde se observa que los arbustos y árboles de fabáceas tropicales presentan follaje y frutos que pueden servir como complemento nutricional durante el periodo de estiaje (Álvarez *et al.*, 2003). La suplementación con frutos de árboles mejora la respuesta productiva de los rumiantes (Pirela *et al.*, 2010). Se ha demostrado que el uso de frutos y follaje de leguminosas tropicales en la alimentación animal, mejora la productividad de la ganadería al incrementar la relación proteína/energía, debido a su alto contenido en proteína (La O *et al.*, 2003). El trópico de México cuenta con una gran diversidad de recursos alimenticios muy valiosos, algunos frutos de árboles de la selva baja caducifolia de la zona centro de Veracruz, México, pueden ser utilizados como alternativas para suplemento, los cuales presentan para el ganado, altos contenidos de proteína y bajos contenidos de fibra, que permite mayor consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca (La O *et al.*, 2003). Las fabáceas (antes leguminosas) poseen características que las hacen altamente valoradas, de las cuales, la principal es su calidad alimenticia, que desempeña una función importante en el mejoramiento del valor nutritivo del alimento en su totalidad (Galindo *et al.*, 2005). En general los frutos de árboles utilizados

comúnmente en el Trópico presentan algunas características nutricionales como: 85 a 90% de materia seca, amplio rango en contenido de proteína, que varía entre 4.1 y 20%, bajos contenidos de fibra que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca. Los valores de ceniza oscilan entre 2.5 y 4.2 %, el de carbohidratos solubles es entre 40 y 60% de MS. Además, generalmente poseen metabolitos secundarios como los taninos que modifican la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tracto gastrointestinal (García *et al.*, 2006; Clavero, 2013).

La alimentación de rumiantes en los sistemas extensivos del trópico se basa en el pastoreo de especies de pastos nativas e introducidas, cuya disponibilidad y calidad fluctúa durante el año, según la variación en la precipitación pluvial, afectando negativamente la producción y reproducción de los rumiantes (Ku-Vera *et al.*, 2013). En la zona centro del estado de Veracruz, los productores usan desde hace siglos los frutos de árboles leguminosos en la alimentación animal, cuyo potencial nutritivo se demuestra por su composición química (Palma, 2006). Lo anterior, permite a los productores de bajos recursos económicos proporcionar un complemento alimenticio para mantener a sus animales durante el periodo de estiaje, lo que reduce los efectos adversos en la producción animal en muchas zonas tropicales y la dependencia de insumos externos (Pinto *et al.*, 2005).

¿Cómo los frutos tropicales mejoran la producción animal en época de estiaje?

Durante la época seca, la disponibilidad de forraje es escasa, con menor contenido de proteína cruda, alta concentración de fibra detergente neutra (FND), baja digestibilidad aparente y por tanto, baja concentración de energía metabolizable. Adicionalmente, el consumo de

Cuadro 1. Composición química (%) de frutos de especies tropicales (Fabaceae) de la selva baja caducifolia en la zona centro de Veracruz, México.

Especie	HUM	MS	PC	CEN	FDN	FDA	EE	Taninos
<i>Acacia cochliacantha</i>	6.3	93.6	12.1	3.7	56.8	38.5	0.5	++++
<i>Caesalpinia cacalaco</i>	12.9	87.0	23.9	3.9	49.3	27.0	1.4	++++
<i>Chloroleucon mangense</i>	7.2	92.7	21.7	4.3	47.4	39.2	1.1	+
<i>Guazuma ulmifolia</i>	14.4	85.5	8.5	6.9	48.3	45.8	2.2	+
<i>Senna atomaria</i>	7.4	92.5	9.9	5.3	60.3	39	0.9	-
<i>Vachellia pennatula</i>	9.8	90.1	8.6	4.4	62.1	14.8	0.8	++++

HUM: Humedad, MS: Materia Seca, PC: Proteína Cruda, CEN: Cenizas, FDN: Fibra Detergente Neutro, FDA: Fibra Detergente Acido, EE: Extracto etéreo.

materia seca (MS) de los rumiantes se reduce, por lo que no logran cubrir sus requerimientos nutrimentales (Ku-Vera *et al.*, 2014). Se ha observado que los frutos de fabáceas tropicales pueden contribuir a cubrir las necesidades alimenticias de los animales mediante el aporte de nitrógeno al rumen para el crecimiento de bacterias celulolíticas, o vía el aporte de cierta cantidad de proteína de baja degradación ruminal necesaria para la absorción de aminoácidos directamente en el intestino delgado. Este aporte de proteína incrementa la fermentación ruminal, lo que a su vez aumenta la digestibilidad y consumo de alimentos fibrosos y, por consiguiente, mejora la producción animal (Ramírez *et al.*, 2007). Otro mecanismo mediante el cual los frutos de leguminosas pueden aumentar la producción animal es a través del contenido de compuestos secundarios, tales como los taninos, que al unirse a la proteína, evitan la degradación ruminal incrementando la cantidad de proteína degradada en intestino delgado (Cecconello *et al.*, 2003; García *et al.*, 2006).

Consumo de taninos por los rumiantes

Los taninos son compuestos polifenólicos presentes en muchas plantas, especialmente en leguminosas y las plantas los producen como mecanismo de defensa contra herbívoros y patógenos, así como para la conservación del nitrógeno (Waghorn y McNabb, 2003). Existen dos grupos principales de taninos: hidrolizables y condensados, los cuales tienen efectos tóxicos o benéficos en los animales, dependiendo de su concentración en las plantas. Los taninos condensados interactúan en la nutrición de los rumiantes debido a su alta capacidad para ligarse a las proteínas de los forrajes en el rumen durante de la masticación (Andrabi *et al.*, 2005; Stürn *et al.*, 2007) y a su capacidad para reducir la degradación de proteínas y mejorar su comportamiento cuando las concentraciones de proteína cruda de la dieta exceden los requerimientos (Provenza *et al.*, 2000), esto debido a que los taninos forman complejos estables con las proteínas, con pH ruminal de 3.5-7, pero se disocian en el abomaso a pH inferior de 3.5 (Getachew *et al.*, 2000), reduciendo la degradación de la dieta proteínica en el rumen e incrementan la absorción de aminoácidos en el intestino delgado.

Taninos condensados en la producción animal

Los taninos tienen efectos positivos y negativos en los rumiantes, sin embargo, la respuesta de los animales a la ingestión de taninos condensados depende de la concentración de éstos en las plantas, plantas con concentraciones entre 5% y 10% de la MS reducen el consumo y la digestibilidad del forraje, mientras que concentraciones comprendidas entre 2 y 4 % de la MS favorecen la absorción intestinal de las proteínas debido a la disminución de la protéolisis por parte de la microflora ruminal (Otero e Hidalgo, 2004). En ovinos, el consumo de taninos, mejora la ganancia de peso, producción de lana, y disminuye el impacto del parasitismo gastrointestinal. Mientras que en la reproducción de pequeños rumiantes, los taninos tienen un efecto al incrementar las cantidades de proteína sobre pasante a la degradación ruminal en la dieta, se mejora el número de folículos reclutados, lo que permite mayor tasa ovulatoria, principalmente cuando los animales se suplementan con fuentes de taninos seis días previos a la ovulación (Luque *et al.*, 2000; Walton *et al.*, 2001; Nguyen *et al.*, 2005; Alonso *et al.*, 2008).

Uso de frutos tropicales en la producción animal

Los frutos de árboles forrajeros representan una alternativa para disponer azúcares, carbohidratos, minerales y proteínas para el ganado, como estrategia para disminuir la dependencia de concentrados comerciales dentro de los sistemas de producción de rumiantes en el trópico (Palma y Román, 2003). La suplementación con frutos de leguminosas arbóreas mejora la respuesta productiva en rumiantes. Al respecto Olivares *et al.* (2013) al alimentar a cabritos criollos con una dieta que contenía 30% de harina de frutos de *Acacia cochliacantha* observaron aumento en el consumo de materia seca y se mejoró la ganancia de peso y la conversión alimenticia. A su vez, Pirela *et al.* (2010), al suplementar a vacas criollo limonero con frutos de *Pithecellobium saman* y un concentrado comercial, registraron aumento en la producción diaria de leche y en el consumo de suplemento, y se disminuyó el rechazo con respecto al tratamiento con harina de frutos de samán, resaltando que el análisis económico determinó que la suplementación con harina de samán mejoró el índice económico relativo. Mientras que la tasa de crecimiento de terneros en pastoreo se mejoró al suplementar en un 15% del consumo de materia seca con vainas de Samán. Igualmente, en vacas de doble propósito durante su primera fase de lactancia, la suplementación con estos frutos aumentó la producción de leche (Baquero *et al.*, 1999). Esta mejora en la productividad de animales suplementados con frutos de leguminosas arbóreas se asocia con un aumento en el consumo voluntario de materia seca y energía digestible, así como mayor flujo de proteína microbial al duodeno y

un mejor balance entre nutrientes gluco y cetogenicos (Navas *et al.*, 1999). En la actividad reproductiva, la suplementación con 0.5 kg de harina de frutos de fabáceas tropicales (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*) durante siete días antes del retiro de un progestágeno aunado al control del amamantamiento redujo el tiempo al inicio del estro y aumentó la tasa ovulatoria de ovejas Pelibuey en anestro postparto, mientras que en ovejas Pelibuey cíclicas la suplementación con esta mezcla de frutos mejoró la población de folículos >4 mm e incrementó la duración del estro y la tasa ovulatoria, lo cual fue asociado a la cantidad de proteína sobrepasante a la degradación ruminal debido al contenido de taninos condensados que presentan estas fuentes no convencionales de proteína (Sosa *et al.*, 2014; Sosa *et al.*, 2015)

CONCLUSIONES

El uso de fuentes de proteína no convencionales, tales como los frutos de fabáceas tropicales, es una alternativa viable para cubrir los requerimientos nutricionales de pequeños rumiantes en el trópico durante la época de estiaje, ya que por sus características nutricionales y su contenido de compuestos, tales como los taninos, se mejora la producción animal.

LITERATURA CITADA

- Alonso M.A., Torres J.F., Sandoval C.A., Aguilar A.J., Hoste H. 2008. In vitro larval migration and kinetics of exsheathment of *Haemonchus contortus* larvae exposed to four tropical tanniniferous plant extracts. *Veterinary Parasitology* 153: 313-319.
- Alvarez M.G., Melgarejo V.L., Castañeda Y. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con frutos (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cvclocarpum*) y pollinaza. *Vet. Mex.*, 34 (1)
- Andrabi S.M., Ritchie M.M., Stimson C., Horadagoda A., Hyde M., McNeill D.M. 2005. In vivo assessment of the ability of condensed tannins to interfere with the digestibility of plant protein in sheep. *Animal Feed Science and Technology* 122: 13-27.
- Baquero L.A., Becerra A., Roncallo B., Silva J.E. 1999. Suplementación de vacas doble propósito con frutos de algarrobbillo (*Pithecellobium saman*) durante el verano. IV Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Fundación CIPAV, Cali, Octubre 28-30.
- Cecconello C.G., Benezra S. M., Obispo N. 2003. Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. *Zootecnia Trop.*, 21(2):149-165.
- Clavero T. 2013. Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical. *Rev. de la Universidad del Zulia*. 4 (8): 29-36.
- Galindo J., Delgado D., Pedraza R., García D. E. 2005. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes*, Vol. 28, No.1 (59-68)
- García D.E., Medina M.G., Humbria J., Domínguez J., Baldizán A., Cova L., Soca M. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zoot.* 55:377-384.
- Getachew G., Makkar H.P.S., Becker K. 2000. Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin rich-browse and herbaceous legumes. *Br. J. Nutr.* 84: 73
- Ku Vera J.C., Briceño E.G., Ruiz A., Mayo R., Ayala A.J., Aguilar C.F., Solorio F.J., Ramírez L. 2014. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 48, núm., 1 pp. 43-53
- Ku-Vera J.C., Ayala-Burgos A.J., Solorio-Sánchez F.J., Briceño-Poot E.G., Ruiz-González A., Piñeiro-Vázquez A.T., Barros-Rodríguez M., Soto-Aguilar A., Espinoza-Hernández J.C., Albores-Moreno S., Chay-Canul A.J., Aguilar-Pérez C.F., Ramírez-Avilés L. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. En: *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. Nova Sci. Publishers. New York. USA. Pp. 59-76
- La O.O., Chongo B., Delgado D., Valenciaga D., Rodríguez Y., Scull, I., Ruiz, T.E., Oramas A. 2003. Influencia del polietilenglicol -3500 en la degradabilidad ruminal de *Leucaena leucocephala* cv CIAT- 7929. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 37:271
- Luque A., Barry T.N., McNabb W.C., Kemp P.D., McDonald M.F. 2000. The effect of grazing *Lotus corniculatus* during late summer/autumn on reproductive efficiency and wool production in ewes. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 385-391.
- Navas A., Restrepo C., Jiménez, G. 1999. Funcionamiento ruminal de animales suplementados con frutos de *Pithecellobium saman*. IV Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. CIPAV, Cali.
- Nguyen T.M., Van D., Orskov E.R., 2005. Effect of foliages containing condensed tannins and n gastrointestinal parasites *Veterinary Parasitology* 121: 77-87.
- Olivares-Pérez J., Avilés-Nova F., Albarrán-Portillo B., Castelán-Ortega O. A., Rojas-Hernández S. 2013. Nutritional quality of *Pithecellobium dulce* and *Acacia cochliacantha* fruits, and its evaluation in goats. *Livestock Science* 154: 74-81
- Otero M., Hidalgo L. 2004. Condensed tannins in temperate forages species: effects on the productivity of ruminants infected with internal parasites (a review). *Livestock Research for Rural Development* 16(2): 18-36.
- Palma J. M. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 14: 95-104.
- Palma J.M. y Román L. 1999. Prueba de selectividad con ovinos de pelo de harinas de frutos de especies arbóreas. VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. pp 64
- Pinto R.R., Gómez H., Martínez B., Hernández A., Medina F.J., Gutiérrez R., Escoba E., Vázquez J. 2005. Árboles y arbustos forrajeros en el sur de México. *Pastos y Forrajes*, 28:87-98.
- Pírela M., Perozo A., Montero M., Contreras G., Valbuena E., Zambrano S. 2010. Producción y calidad de la leche de vacas criollo limonero suplementadas con harina de frutos de

- samán (*Pithecellobium saman*). Rev. Fac. Agron. LUZ. Vol. 27: 607-625.
- Provenza F.D., Burritt E.A., Perevolotsky A., Silanikove N. 2000. Self-regulation of intake of polyethylene by sheep fed diets varying in tannin concentrations. Journal Animal Science 78: 1206-1212.
- Ramírez Avilés L, Ku Vera J. C., Alayón Gamboa J. A. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 pp: 251-264.
- Sosa-Pérez G., López-Ortiz S., Pérez-Hernández P., Cortez-Romero C., Vaquera-Huerta H., Gallegos-Sánchez J. 2014. Amamantamiento y Suplementación con harina de vainas de leguminosas tropicales en el anestro postparto de ovejas Pelibuey. Memorias 7 Curso Internacional. Innovaciones en reproducción animal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 229-234 p.
- Sosa-Pérez G., López-Ortiz S., Pérez-Hernández P., Cortez-Romero C., Vaquera-Huerta H., Gallegos-Sánchez J. 2015. Actividad ovárica y tasa ovulatoria de ovejas Pelibuey suplementadas con frutos de leguminosas tropicales (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*). Memorias XLII Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo de México. 6-10 p.
- Stürm C.D., Tiemann T.T., Lascano C.E., Creuzer M., Hess H.D. 2007. Nutrient composition and *in vitro* ruminal fermentation of tropical legume mixtures with contrasting tannin contents. Animal Feed Science and Technology 138: 29-46.
- Waghorn G.C., McNabb W.C. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. Proc. Nutr. Soc. 62: 383-392.
- Walton J.P., Waghorn G.C., Plaizier J.C., Birtles M., McBride B.W. 2001. Influence of condensed tannins on gut morphology in sheep fed *Lotus pedunculatus*. Canadian journal of Animal Science 81:605-607.

ADMINISTRACIÓN ENDOVENOSA DE JALEA REAL EN LA ACTIVIDAD OVÁRICA Y TASA OVULATORIA DE OVEJAS PELIBUEY

INTRAVENOUS ADMINISTRATION OF ROYAL JELLY IN OVARIAN ACTIVITY AND OVULATORY RATE OF PELIBUEY SHEEP

Sosa-Pérez, G.¹; Pérez-Ruiz, E.¹; Pérez-Hernández, P.²; Cortez-Romero, C.³; Gallegos-Sánchez, J.^{1*}

¹Ciencia Animal. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Km. 36.5 Carretera federal México-Texcoco, Montecillo, C.P 56260. Estado de México, México. ²Campus Veracruz, km. 88.5 carretera Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, C.P. 91690, Veracruz, México. ³Campus San Potosí, Luis Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. C. P. 78600. México

*Autor para correspondencia: gallegos@colpos.mx

RESUMEN

La jalea real (JR) es una sustancia secretada por abejas (*Apis mellifera* L.) que mejora algunas características reproductivas en diferentes especies. El objetivo de este estudio fue determinar si la administración de 500 mg de JR por vía endovenosa durante siete días antes del retiro de un progestágeno, influye en la sincronización, inicio y duración del estro, población folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey. Se utilizaron 12 ovejas Pelibuey de 1.5 ± 0.32 años de edad, a las cuales se les insertó un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR P₄ 0.3 g), por nueve días. Siete días antes del retiro del dispositivo, las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de dos tratamientos: T1=(CIDR) (n=6) y T2=(CIDR+500 mg de JR por siete días) (n=6). No se observó diferencia ($p > 0.05$) entre tratamientos en la sincronización, duración de estros, y folículos pequeños así como en medianos. El tiempo a inicio de estro fue menor ($p < 0.05$) en las ovejas con JR (49.08 ± 2.09 h), con respecto a las tratadas con solo progesterona (54.08 ± 1.35 h). La población de folículos grandes > 4 mm (0.83 ± 0.43) y tasa ovulatoria (2.83 ± 0.16) fue mayor ($p < 0.05$) en las ovejas con JR respecto a las que se les aplicó solo progestágenos (0 ± 0.43 y 1.83 ± 0.16 , respectivamente). La JR puede ser alternativa para manejo reproductivo de unidades de producción ovina, ya que disminuye el tiempo al inicio del estro y aumenta el número de folículos grandes > 4 mm y la tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey.

Palabras clave: Miel de abeja, *Apis mellifera*, borregos de trópico.

ABSTRACT

Royal jelly (RJ) is a substance secreted by bees (*Apis mellifera* L.) that improves some reproductive characteristics in different species. The objective of this study was to determine whether the administration of 500 mg of RJ intravenously during seven days before retiring a progestogen influences the synchronization, beginning and duration of estrus, the follicular population and the ovulatory rate of Pelibuey sheep. Twelve Pelibuey sheep of 1.5 ± 0.32 years of age were used, in which an intravaginal device impregnated with progesterone (CIDR P₄ 0.3 g) was inserted, for nine days. Seven days before withdrawing the device, the sheep were assigned randomly to one of two treatments: T1=(CIDR) (n=6) and T2=(CIDR+500 mg of RJ for seven days) (n=6). No difference was observed ($p > 0.05$) between treatments in the synchronization, estrus duration, and small follicles as well as medium ones. The time until the start of estrus was lower ($p < 0.05$) in the

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 42-46.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

sheep with RJ (49.08 ± 2.09 h), with regards to those treated only with progesterone (54.08 ± 1.35 h). The population of large follicles $>4\text{mm}$ (0.83 ± 0.43) and the ovulatory rate (2.83 ± 0.16) were higher ($p < 0.05$) in sheep with RJ compared to those to which only progestogens (0 ± 0.43 and 1.83 ± 0.16 , respectively), were applied. The RJ can be an alternative for the reproductive management of sheep production units, since it decreases the time until the beginning of estrus and increases the number of large follicles $>4\text{mm}$ and the ovulatory rate in Pelibuey sheep.

Keywords: bee honey, *Apis mellifera*, tropical sheep.

INTRODUCCIÓN

En el manejo reproductivo de los ovinos, se emplean diferentes estrategias para estimular el eje hipotálamo-hipófisis-gónada, mediante métodos naturales como el "efecto macho" (Martin, 2009) y tratamientos hormonales, tales como: progestágenos, prostaglandinas y gonadotropinas (González *et al.*, 2005), sin embargo, el uso de hormonas incrementa los costos y puede tener efectos negativos a largo plazo, por lo cual es necesario buscar alternativas con compuestos de origen natural. Al respecto, el uso de la jalea real es una opción porque modifica la actividad ovárica (Mishima *et al.*, 2005; Mostafa *et al.*, 2008). La jalea real (JR) es una sustancia viscosa homogénea secretada por las glándulas hipofaríngeas de las abejas obreras (*Apis mellifera mellifera* L.), utilizada para alimentar a las larvas y la abeja reina (Krell, 1996). Su composición contiene proteínas, aminoácidos, ácidos orgánicos, esteroides, esteres, fenoles, azúcares, minerales y otros elementos traza (Ramadam y Al-Ghamdi, 2012). Algunos reportes indican que al utilizar la JR se mejoran las características reproductivas en humanos (Lewis, 2004) y otras especies (Kridli y Al Khetib, 2006; Elnagar, 2010). En ovejas de lana, se ha reportado un efecto positivo de la administración de JR por vía oral, con incrementos en la respuesta a estros, el porcentaje de gestación y parición (Husein y Kridli, 2002); mientras que la administración de JR por vía intramuscular presentó un comportamiento similar al producido por la gonadotropina coriónica equina (eCG), sugiriéndose que este efecto es debido a su rico contenido nutricional, capaz de ejercer una acción directa en la función ovárica (Husein y Haddad, 2006). Por lo anterior, el objetivo de este estudio

fue determinar si la administración de 500 mg de JR por vía endovenosa durante siete días en un protocolo de sincronización de estros, a base de progestágenos, influye en la sincronización, inicio y duración del estro, población folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó durante los meses de abril a mayo de 2014, en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos del Colegio de Postgraduados, Campus Motecillo (LaROCa) ($98^{\circ} 53' \text{O}$ y $19^{\circ} 29' \text{N}$ y 2240 m de altitud). Se utilizaron 12 ovejas adultas de la raza Pelibuey, con 1.5 ± 0.32 años de edad, peso promedio de 40.5 ± 2.04 kg y condición corporal promedio de 3 ± 0.1 según la escala (0 a 5) propuesta por Russel *et al.* (1969). Las ovejas consumieron 2 kg dia^{-1} de una dieta integral de heno de avena y concentrado comercial (15% de PC y 2.5 Mcal de EM kg^{-1}) con una relación 70% y 30%, respectivamente. A todas las ovejas se les administró un análogo de prostaglandina $\text{F2}\alpha$ (5 mg animal^{-1} de dinoprost, Lutalyse[®], Laboratorios Pharmacia Animal Health) vía intramuscular al momento de colocarles un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR P4 0.3 g), el cual permaneció por nueve días. Siete días antes del retiro, las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de dos tratamientos: T1 ($n=6$) CIDR y T2 ($n=6$) CIDR+500 mg de JR (Miel-hitaa[®]) disuelta en 10 mL de solución salina (CS Pisa[®]) a temperatura corporal (37°C) y aplicada por vía endovenosa durante siete días consecutivos, antes de retirar el CIDR. Las variables respuestas estudiadas fueron: **Respuesta al tratamiento:** número de ovejas en estro entre número de ovejas expuestas en cada tratamiento; **Inicio del estro:** tiempo expresado en horas en que las ovejas presentaron manifestaciones de estro, después de retirar el progestágeno; **Duración del estro:** tiempo transcurrido entre la primera y la última observación en que las ovejas permanecían con manifestaciones externas de estro; **Población Folicular:** Número de folículos observados por ecografía transrectal en la superficie de cada ovario; **Tasa ovulatoria:** número de cuerpos lúteos presentes en la superficie de los dos ovarios en cada una de las ovejas. La detección de estros se realizó cada cuatro horas, con un carnero provisto de mandil, iniciando la detección cuatro horas posteriores al retiro del progestágeno. Cada oveja que presentó manifestaciones externas de estro se separó para su monitoreo con la finalidad de determinar su duración, con la misma metodología. La población folicular y tasa ovulatoria se determinó por Ecografía Transrectal, con un transductor de haz lineal con frecuencia de 7.5 MHz (Medison Ultrasound System

Sonovet Pico[®], Samsung Medison), la población folicular se monitoreo diariamente a partir del momento de la inserción del CIDR o día 0, hasta el día 13, se contabilizaron los folículos presentes en ambos ovarios, y agruparon, según la clasificación propuesta por Contreras *et al.* (2007), para ovejas de pelo (pequeños ≤ 2.9 mm; medianos 3 a 3.9 mm y grandes ≥ 4 mm). La tasa ovulatoria, se determinó nueve días después del estro, contabilizándose el número de cuerpos lúteos presentes en la superficie de los dos ovarios en cada oveja. Las variables inicio y duración del estro, se analizaron con el método de curvas de sobrevivencia Log-Rank, con el procedimiento Life Test (SAS, 2011) y la comparación de medias por el método de Bonferroni (SAS, 2011). La respuesta al tratamiento, se analizó mediante el modelo de regresión logística, utilizando el procedimiento Logistic (SAS, 2011). La población folicular y tasa ovulatoria se analizó mediante un modelo de regresión binomial negativa con el procedimiento GENMOD (SAS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta a la sincronización del estro (Cuadro 1) fue similar entre tratamientos ($p > 0.05$), con resultados similares a los reportados por Kridli *et al.* (2006) para las ovejas con progestágenos más la combinación con JR, así como por Sosa *et al.* (2014) para con solo progestágenos, lo cual mostró la efectividad de estos protocolos en la sincronización de estros en ovejas Pelibuey. La duración del estro fue similar entre tratamientos ($p > 0.05$), indicando que la suplementación por vía endovenosa con 500 mg de jalea real por siete días antes del retiro del progestágeno exógeno, no afectó la duración del estro. Estos resultados difieren a lo reportado por Fernández *et al.* (1997) y Camacho *et al.* (2008), donde los animales que presentaron un estro más prolongado, se relacionaron con la presencia de mayor número de folículos superiores a 4 mm, así como a una mayor proporción de ovejas con ovulación múltiple.

Inicio de estro y población folicular

El tiempo a inicio de estro se redujo significativamente ($p < 0.05$) en los animales tratados con progestágenos

más JR respecto al grupo tratado con solo progestágenos; estos resultados fueron similares a los mencionados por Husein y Kridli (2002) y Kridli *et al.* (2006), donde los animales tratados con jalea real presentaron menor tiempo al estro con respecto al grupo sincronizado con solo progestágenos. Esta reducción en el tiempo a las manifestaciones externas de estro en el grupo con jalea real, puede ser atribuido al efecto estimulante de esta sustancia en el crecimiento y desarrollo folicular, que incrementa la secreción de estradiol para inducir el estro (Hussein y Kridli, 2002). La población de folículos pequeños fue mayor (Figura 1) durante el tiempo de permanencia del dispositivo intravaginal, sin diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$). En folículos medianos no hubo efecto por tratamientos ($p > 0.05$), con un incremento en el número de estos folículos al momento de retirar el progestágeno en ambos grupos (Figura 2). En folículos grandes (Figura 3), en el día 12, el tratamiento CIDR más JR presentó mayor cantidad de folículos ($p < 0.05$) con respecto a las ovejas tratadas con solo progestágenos, lo cual es debido a que las poblaciones foliculares en las ovejas son sensibles a la entrada de nutrientes (Martin *et al.*, 2004). Así, el incremento en el consumo de energía o de energía más proteína por periodos cortos, indujo una respuesta reproductiva positiva, lo cual se conoce como

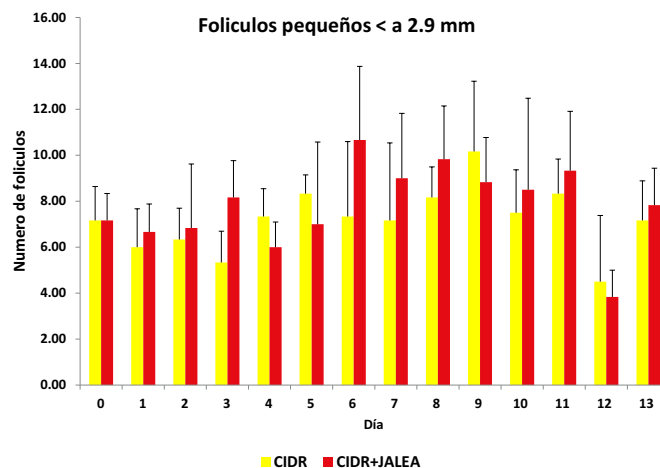


Figura 1. Folículos pequeños en ovejas Pelibuey tratadas con progestágenos y la administración de 500 mg durante siete días por vía endovenosa.

Cuadro 1. Variables reproductivas en ovejas Pelibuey tratadas con progestágenos y la administración de 500 mg de Jalea Real durante siete días por vía endovenosa.

Tratamiento	(n)	Respuesta (%)	Tiempo al estro (h)	Duración del estro (h)	Tasa ovulatoria
CIDR	6	100 ^a	54.08 ± 1.35 ^a	34.75 ± 4.15 ^a	1.83 ± 0.16 ^b
CIDR+JR	6	100 ^a	49.08 ± 2.09 ^b	36.25 ± 7.00 ^a	2.83 ± 0.16 ^a

^{ab} Valores en una misma columna con distinta literal son diferentes ($p < 0.05$).

“alimentación focalizada”, que se observa al aumentar el consumo de suplementos altos en energía, o por administración intravenosa de nutrientes por periodos de 4 a 6 días previos a la luteólisis natural o inducida (Scaramuzzi *et al.*, 2006). Al respecto, se ha propuesto que el aumento de glucosa al torrente circulatorio, estimula la secreción endógena de insulina y por consiguiente favorece la secreción endógena de gonadotropinas, o actúa directamente en el ovárico durante el proceso de desarrollo folicular (Poretzky *et al.*, 1999; Pastrana *et al.*, 2008). Otro mecanismo por el cual se genera este cambio en la población de folículos pre ovulatorios, puede ser dado por la capacidad de la JR para actuar en el crecimiento y desarrollo folicular, con un aumento en la secreción de estradiol y de la hormona luteinizante y mejorar la producción de folículos preovulatorios (Husein *et al.*, 1999; Husein y Kridli, 2002; Kridli *et al.*, 2003).

Tasa ovulatoria

Las ovejas tratadas con CIDR más JR presentaron mayor ($p < 0.05$) tasa ovulatoria con respecto a ovejas con solo progestágenos (Cuadro 1), debido a la cantidad de nutrientes (proteína 17-45%, 18-52% de carbohidratos, 3.5 a 19% de lípidos y 2-3% de minerales y vitaminas) que aporta la JR (Krell, 1996). La Suplementación por vía endovenosa con 500 mg de JR durante siete días previos al retiro del progestágeno exógeno, puede influir en la secreción de diversos metabolitos (glucosa, aminoácidos) y hormonas metabólicas (insulina, leptina, IGF-I, hormona del crecimiento), que directa o indirectamente influyen en la función ovárica con un cambio

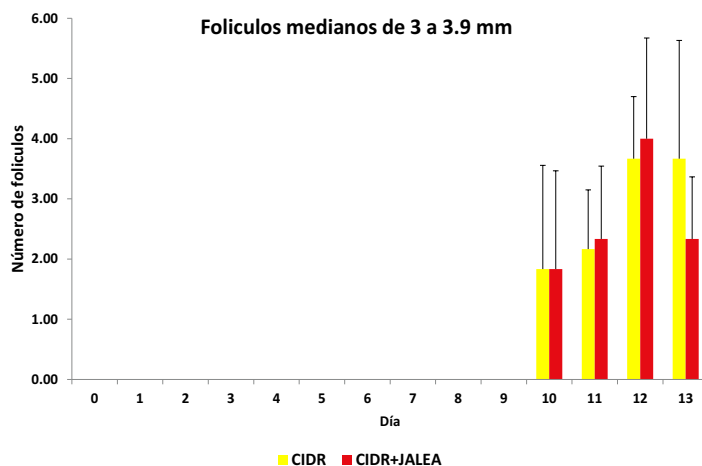


Figura 2. Foliculos medianos en ovejas Pelibuey tratadas con progestágenos y la administración de 500 mg durante siete días por vía endovenosa.

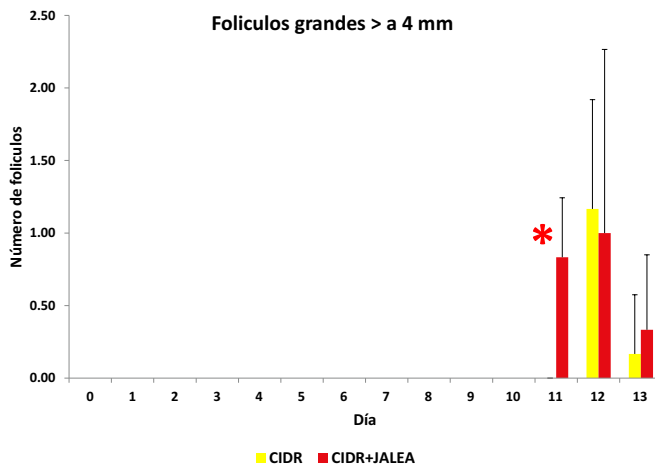


Figura 3. Foliculos grandes en ovejas Pelibuey tratadas con progestágenos y la administración de 500 mg durante siete días por vía endovenosa. * $P < 0.05$.

en el proceso de desarrollo folicular y tasa ovulatoria (Scaramuzzi *et al.*, 2006; Pastrana *et al.*, 2008). Por otra parte, se ha sugerido que la condición corporal es un componente importante en la determinación de la tasa ovulatoria en pequeños rumiantes, en animales con buena condición corporal, como es el caso de los del presente experimento, donde se presentó mayor tasa ovulatoria. Estos resultados concuerdan con otros estudios en los que se ha mostrado una relación positiva entre la condición corporal y la tasa ovulatoria (Viñoles *et al.*, 2009; De la Isla *et al.*, 2010). Aunado a esto, se ha sugerido que existe una asociación estrecha entre la población de folículos en crecimiento > 4 mm y la tasa ovulatoria (De la Isla *et al.*, 2010), lo que coincide con lo observado en el presente estudio, ya que la cantidad de folículos que alcanzan una talla > 4 mm es similar a la tasa ovulatoria.

CONCLUSIONES

La administración de 500 mg de jalea real por vía endovenosa en ovejas Pelibuey durante siete días consecutivos,

antes del retiro del progestágeno, reduce el tiempo al inicio de estro, mejora la población folicular > 4 mm e incrementa la tasa ovulatoria. Lo anterior muestra que la JR puede ser una alternativa en el manejo reproductivo de las unidades de producción ovina.

LITERATURA CITADA

Camacho R.J., Rodríguez C.J., Hernández H.J., Pró M.A., Becerril P.C., Gallegos, J. 2008. Características reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas e inducidas a la pubertad. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 16, 1: 18-24.

- Contreras S., Díaz T., López G., Caigua A., García H., Salvador A., González-Bulnes, A. 2007. Evaluación de la Técnica de Ecografía Transrectal en la Detección de Folículos Ováricos en Ovejas Tropicales. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 1:10-14.
- De la Isla H. G., Aké, L. J., Ayala, B. A., González-Bulnes, A. 2010. Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. Veterinaria México. 41 3: 167-175.
- Elnagar S. A. 2010. Royal jelly counteracts bucks "summer infertility" Animal Reproduction Science 121:174-180.
- Fernández A., Baru, D., López, V., Rey, M.M., Urioste, M., Villegas M. 1997. Studies on the duration of oestrus in the ewe outdoors. Producción Ovina. 10: 53-62.
- González-Bulnes A., Veiga A., García P., Garcia-García R. M., Ariznavarreta C., Sánchez M. A., Tresguerres J.A.F.M., Cocero J., Flores J. 2005. Effects of progestagens and prostaglandin analogues on ovarian function and embryo viability in sheep. Theriogenology, 63: 2523-2534.
- Husein M. Q., Kridli R. T. 2002. Reproductive responses following royal jelly treatment administered orally or intramuscularly into progesterone-treated Awassi ewes, Animal Reproduction Science. 74: 45-53.
- Husein M.Q. Kridli R.T., Humphrey W.D. 1999. Effect of royal jelly on estrus synchronization and pregnancy rate of ewes using flourogestone acetate sponges. Journal of Animal Science. 77 431-438.
- Husein M.Q., Haddad J. 2006. A new approach to enhance reproductive performance in sheep using royal jelly in comparison with equine chorionic gonadotropin. Animal Reproduction Science. 93: 24-33.
- Krell R. 1996. Value-added products from beekeeping. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma; 409 p.
- Kridli, R. T., Husein M.Q., Humphrey, W. 2003. Effect of royal jelly and GnRH on estrus synchronization and pregnancy rate in ewes using intravaginal sponges, Small Ruminant Research. 49: 25-30.
- Kridli R.T., Al Khetib S. 2006. Reproductive responses in ewes treated with eCG or increasing doses of royal jelly. Animal Reproduction Science. 92: 75-85.
- Lewis R. 2004. The Infertility Cure: The Ancient Chinese Wellness Program for Getting Pregnant and Having Healthy Babies. Little Brown and Company; 303 p.
- Martin G.B., Milton J.T., Davidson R.H., Banchemo G.E., Lindsay D.R., Blache D. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. Animal Reproduction Science. 82-83, 231-245.
- Martin G.B. 2009. The 'Clean, Green and Ethical' Concept in Animal Production. Agrociencia. 13:1 - 7.
- Mishima S., Suzuki K.M., Isohama Y., Kuratsu N., Araki Y., Inoue M., Miyata, T. 2005. Royal jelly has estrogenic effects *in vivo* and *in vitro*. Journal of Ethnopharmacology 101: 215-220.
- Mostafa A.S. Abd-Allah S.M., Saddia A.Ali., Saffa N. 2008. Reproductive influence following oral royal Jelly administration on postpartum ewes. Egyptian Journal of Basic and Applied Physiology; 7, 1: 7-35.
- Pastrana M.X., Ramirez S.M., Lopez J., Villagómez-Amezcuca M.E., González P.E., Vera, A.H. 2008. Desarrollo folicular y tasa ovulatoria en cabras criollas después de un periodo corto de consumo de trigo protegido de la degradación ruminal. Técnica Pecuaria México. 46(4):449-462
- Poretzky L, Cataldo N.A., Rosenwaks Z., Giudice L.C. 1999. The insulin-related ovarian regulatory system in health and disease. Endocrinology Reviews; 20(4):535-582.
- Ramadan M.F., Al-Ghamdi A. 2012. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. Journal of functional foods. 4: 39-52.
- Russel A.J.F., Doney J.M., Gunn R.G. 1969. Subjective assesment of body fat in live sheep. Journal of Agriculture Science (Cambridge) 72: 451-454.
- SAS. 2011. JMP. Statistic visual. Version 9.2 institute inc. campus Drive. Cary. NC 27517.
- Scaramuzzi R.J., Campbell B.K., Downing J.A., Kendall N.R., Khalid M., Muñoz-Gutiérrez, M., Somchit A. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. Reproduction Nutrition Development. 46: 339-354.
- Sosa-Pérez G., Pérez-Hernández P., Vaquera-Huerta H., Salazar-Ortiz J., Sánchez-del-Real C., Cadena-Villegas S., Gallegos-Sánchez J. 2014. Somatotropina bovina recombinante en sincronización de estros y prolificidad de ovejas Pelibuey. Archivos de Zootecnia. 63 241: 219-222.
- Viñoles C., Banchemo G., Quintans G., Pérez-Clariget R., Soca P. Ungerfeld R., Bielli A., Fernández Abella D., Formoso D., Pereira Machín M., Meikle A. 2009. Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. Agrociencia. 13 3 59-79.



PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS EN OVINOS DE PELO PARA ABASTO CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN TABASCO, MÉXICO

IMMUNOLOGICAL PARAMETERIS IN HAIR SHEEP FOR SUPPLY AGAINST GASTROINTESTINAL NEMATODES IN TABASCO, MÉXICO

Alvarado-Alvarado, A.¹; González-Garduño, R.^{1*}; Zaragoza-Vera, M.²; Zaragoza-Vera, C.²; Arjona-Jiménez, G.²; López-Arellano, M.E.³; Navarro Martinez, F.¹

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo. km 7.5 Carr. Teapa-Vicente Guerrero. Teapa, Tabasco, México. ²División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México. ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km 11.5, Carr. Fed. Cuernavaca-Cuautla, #8534. Col. Progreso, 62550, Jiutepec, Mor., México.

*Autor de correspondencia: robgardu@hotmail.com

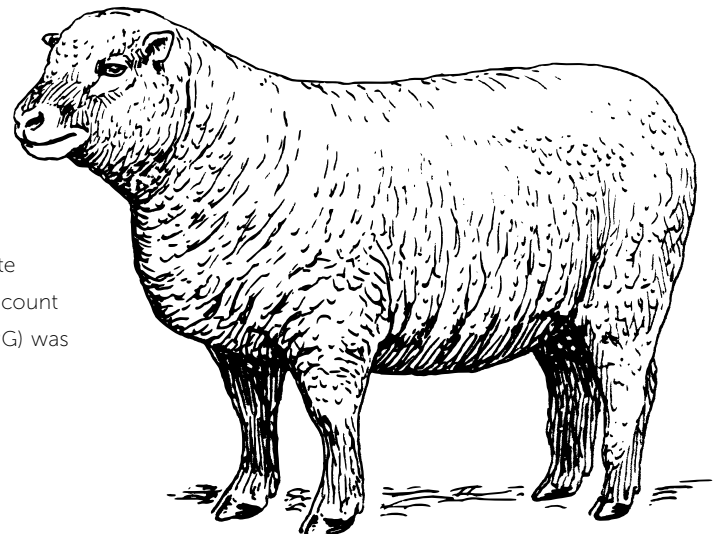
RESUMEN

Se realizó un estudio en un rastro de ovinos en Tabasco, México para determinar parámetros inmunológicos en ovinos, mediante muestras de sangre, saliva, heces y mucosa de intestino delgado y abomaso de n=60. Se determinó el volumen celular aglomerado (VCA), proteína plasmática (PP) y conteo diferencial de leucocitos. A partir de las heces se obtuvo el número de huevos de nematodos por gramo (HPG) y contabilizaron parásitos adultos de abomaso e intestino delgado. Se determinó el nivel de inmunoglobulina A (IgA) contra *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus colubriformis*, y estimaron correlaciones entre las variables. Los borregos que tuvieron la mayor cantidad de nematodos adultos (534), presentaron mayor eliminación de huevos de (2401 a 12501 HPG). Los promedios del VCA y PP fueron mayores, 34.5% y 7.6 g dL⁻¹, respectivamente, en ovinos que se habían estabulado en comparación con aquellos en pastoreo, 32.3% y 7.1 g dL⁻¹ respectivamente. Los mayores conteos de linfocitos y eosinófilos periféricos (7812 y 124 respectivamente) ocurrieron en los ovinos en pastoreo. El VCA fue mayor, 36.9%, en aquellos animales que estaban libres de nematodos y menor en los parasitados (31.1%). La actividad de la IgA fue mayor en mucosa de abomaso, 1.33±0.92 y correlacionó de manera significativa con la IgA en suero. Por la variabilidad de los ovinos para abasto, los IgA de mucosa y eosinófilos tuvieron poca relación con los parámetros parasitológicos y hematológicos.

Palabras claves: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis*, inmunidad local, Inmunoglobulinas, leucocitos.

ABSTRACT

A study was carried out in a sheep slaughterhouse in Tabasco, México, to determine immunological parameters in sheep, through blood, saliva, feces and mucous samples from small intestine and rennet of n=60. The cell agglomerate volume (VCA), plasma protein (PP), and leukocyte differential count were determined. The number of nematode eggs per gram (HPG) was



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 47-52.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

obtained from feces, and adult parasites from rennet and small intestine were counted. The level of immunoglobulin A (IgA) was determined against *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis*, and the correlations between variables were estimated. The sheep that had the highest number of adult nematodes (534) presented greater elimination of eggs (2401 to 12501 HPG). The average VCA and PP were higher, 34.5% and 7.6 g dL⁻¹, respectively, in sheep that had been stabled compared to those in grazing, 32.3% and 7.1 g dL⁻¹, respectively. The highest counts of lymphocytes and peripheral eosinophils (7812 and 124, respectively) were present in grazing sheep. The VCA was higher, 36.9 %, in those animals that were free from nematodes and lower in those with parasites (31.1%). The activity of the IgA was higher in rennet mucous, 1.33±0.92, and correlated significantly with IgA in serum. Because of the variability of sheep for supply, the IgA from mucous and eosinophils had scarce relation to the parasitological and hematological parameters.

Keywords: *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis*, local immunity, immunoglobulins, leucocytes.

evaluar algunos parámetros de la inmunidad a nivel local contra nematodos gastrointestinales y su relación con los parámetros parasitológicos y de salud en ovinos de pelo al sacrificio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un rastro privado de ovinos en la localidad de Jolochero, municipio de Centro, Tabasco, México (18° 04' 37" N y 92° 51' 48" O). Cada quince días se tomaron muestras de 10 ovinos destinados al abasto durante tres meses. Momento antes del sacrificio se registró el género, estado fisiológico y se estimó la edad de los animales a través de la dentadura mediante la descripción indicada por Luengo *et al.* (1991). De cada animal se recolectaron muestras de heces, sangre y saliva, y posterior al sacrificio se colectó mucus de abomaso e intestino delgado. En el estado fisiológico se incluyeron tres categorías: machos, hembras vacías y hembras gestantes. Los sistemas de producción consideraron dos tipos: los animales provenientes de pastoreo y los ovinos engordados en estabulación. También se generó una clasificación de excreción de huevos con las siguientes categorías: animales sin eliminación (HPG=0), los animales con conteos mayores a 50 hpg y menores de 640 HPG, los animales entre 640 y 2400 HPG, y aquellos animales con >2400 HPG, de acuerdo a la media menos tres errores estándar. Para la recuperación de NGI adultos se siguió el procedimiento descrito en López-Ruvalcaba *et al.* (2013). El mucus del abomaso y el intestino delgado se obtuvo raspando el tejido con una cuchara y colocando 2 ml de la fracción obtenida en tubos con 10 ml de un buffer (pH 7.1, 0.1 M de fosfato de sodio dibásico,

INTRODUCCIÓN

En el sureste de México la ovinocultura tiene un potencial productivo por la abundancia de recursos que se producen. Sin embargo, también proliferan las enfermedades parasitarias, entre las que destacan los nematodos gastrointestinales (NGI; Torres-Acosta y Hoste, 2008). Éstos son muy importantes porque afectan la productividad de los ovinos en pastoreo y los efectos negativos en la salud pueden llegar a provocar la muerte de los animales susceptibles (Esteban-Andrés *et al.*, 2013). Actualmente el control se ha basado en el uso de antihelmínticos comerciales (Papadopoulos, 2008). Sin embargo, debido al uso constante de estos medicamentos, los nematodos han desarrollado resistencia (Rialch *et al.*, 2013). Una de las alternativas para el menor uso de antihelmínticos es la identificación de animales que puedan desarrollar tolerancia hacia los nematodos (Morteo-Gómez *et al.*, 2003; Esteban-Andrés *et al.*, 2013); ya que se ha encontrado que después de varias infecciones, el sistema inmune se vuelve más fuerte (Bowdridge *et al.*, 2013) y los ovinos son capaces de resistir el ataque de los parásitos y ser productivos, por lo que surge la necesidad de identificar aquellos animales denominados resistentes y resilientes. El diagnóstico e identificación de los ovinos resistentes se ha realizado de manera tradicional mediante el conteo de huevos por gramo de heces (HPG) (Thienpont *et al.*, 1986). Sin embargo, es importante determinar su relación con algunos parámetros hematológicos y de inmunidad innata y humoral, que permitan utilizarlos como biomarcadores, y de esta manera identificar aquellos animales que presentan de manera natural respuestas inmunológicas que eviten o reduzcan la infección con NGI. Estas relaciones ya se han medido en razas de lana (Prada *et al.*, 2014; Martínez-Valladares *et al.*, 2005); mientras que en ovinos de pelo hasta el momento se sabe que hay individuos con una alta respuesta del sistema inmunológico contra NGI (Bowdridge *et al.*, 2013), pero este sólo se ha evaluado mediante la cuantificación del HPG (Dominik, 2005). Por lo anterior, la presente investigación se planteó con el objetivo

0.05 M de NaCl, mM de azida de sodio, 1 mM de floururo metil sulfonil (PMSF) y 5 mM de azida de sodio). Las muestras se conservaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su procesamiento en el laboratorio de Sanidad Animal de la Unidad Regional Universitaria Sureste (URUSSE) de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Procesamiento de muestras

Con las muestras de sangre se determinó el volumen celular aglomerado (VCA) por el método de microhematocrito (Benjamin, 1991). Por otra parte se utilizó un refractómetro para determinar la proteína plasmática (PP) y se expresó en g dL^{-1} . También se determinó el número de leucocitos por mm^3 de sangre y el número de eosinófilos con una solución de colorante Carpentier de acuerdo a Dawkins *et al.* (1989). Por otra parte, se realizaron frotis sanguíneo para determinar el conteo diferencial de leucocitos, y para ello se tiñeron los frotis, con hemocolorante rápido (Hycel, México) y se calculó el número de células de cada tipo leucocitario μl^{-1} de sangre. Una segunda muestra de sangre se centrifugó a 3000 rpm durante 20 minutos para obtener el suero, el cual se congeló a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, para su posterior utilización en los ensayos de ELISA. También se tomaron muestras de saliva de los animales y se procesaron con la metodología propuesta por Shaw *et al.* (2012).

Determinación de inmunoglobulinas por ELISA

Los antígenos se prepararon de acuerdo a Bowdridge *et al.* (2013) y la concentración de proteínas se estimó por el método de Bradford (1976). Posteriormente, se fijaron los antígenos a las placas de poliestireno (Nunc Polysorb, USA) durante

toda la noche a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, a una concentración de $2.5\text{ }\mu\text{g}$ por ml en solución de carbonatos. Después se realizaron tres lavados de cinco minutos cada uno con PBST (PBS-Tween 20 al 0.05% a pH 7.2) y se procedió a bloquear los lugares libres de las placas con leche descremada al 5% en PBS-T, incubándola a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante una hora. Posteriormente se realizaron tres lavados de la misma forma que los anteriores, y se aplicaron los sueros (1:100), la saliva (1:20), el mucus de abomaso (1:1) o el mucus de intestino delgado (1:10), a los pozos. Se colocaron $100\text{ }\mu\text{l}$ por pocillo por duplicado, y se incubó durante una hora a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se repitió el proceso de lavado de la placa. El revelado de la reacción se llevó a cabo mediante la adición de $100\text{ }\mu\text{l}$ por pocillo de una solución de conjugado rabbit anti-sheep IgA (Bethyl Laboratories, Montgomery, AL, USA) a una dilución de 1:5,000 en PBS-T incubando durante una hora a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después se repitió el proceso de lavado de las placas, se procedió a aplicar el conjugado mediante la adición de $50\text{ }\mu\text{l}$ por pocillo de tetrametil bencidina (TMB, Sigma Aldrich, St Louis Missouri, EE.UU.), después se detuvo la reacción con $50\text{ }\mu\text{l}$ por pocillo de una solución de ácido sulfúrico 1M y se llevó a cabo la determinación de la densidad óptica a una longitud de onda de 450 nm. El valor final se obtuvo restando a cada pozo la densidad óptica resultante de los pozos sin suero lo cual representó la unión inespecífica del conjugado. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS (SAS, 2004). El conteo de nematodos y el HPG se transformaron a Log (variable+1), para reducir la varianza y aproximarlos a una distribución normal para después aplicar el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + SP_i + EF_j + NL_k + Or_l + EF * NI_{jk} + NI * Or_{kl} + E_{ijklm}$$

Dónde: Y_{ijklm} =Variable respuesta (IgA, eosinófilos, PP, VCA, HPG, conteo de adultos). μ =Media general. SP_m =Efecto del i -ésimo sistema de producción (m =pastoreo, estabulación). $(EF)_j$ =Efecto del j -ésimo estado fisiológico (j =ovejas gestantes, vacías y machos). NL_k =Efecto del k -ésimo nivel de infección (0, 1-640, 641-2400, 2401-12550 HPG). Or_l =Efecto del l -ésimo origen (l =municipios y comunidades de Tabasco). $EF * NI_{jk}$ =Efecto conjunto del estado fisiológico y el nivel de infección. $NI * Or_{kl}$ =Efecto conjunto del nivel de infección y el origen. E_{ijklm} =Error experimental

También se calcularon las correlaciones entre IgA en mucosa gástrica, suero y saliva con cargas parasitarias, HPG y las variables hematológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables parasitológicas

En los ovinos finalizados en estabulación pero previamente infectados en pastoreo, el conteo de HPG y el total de nematodos adultos de *T. colubriformis* fue mayor (2350 y 154 respectivamente) que aquellos animales que se encontraban en pastoreo (1104 y 27), mientras que el total de parásitos y el total de *H. contortus* fue igual en ambos tipos de animales (Cuadro 1).

A diferencia de lo que se esperaba, el mayor HPG se obtuvo en los ovinos estabulados porque previamente habían estado en pastoreo, además generalmente los animales engordados son machos, los cuales poseen más susceptibilidad que las hembras, tal como se ha observado en estudios previos

Cuadro 1. Efecto del sistema de producción y nivel de infección sobre el comportamiento parasitológico en ovinos de pelo.

Factor	Sistema de producción		Nivel de infección (HPG)			
	Estabulado	Pastoreo	0	1-640	641-2400	2401-12550
N	34	26	8	23	15	11
HPG ^a	2350±627 ^a	1104±338 ^b	0 ^c	256±39 ^{bc}	1283±126 ^b	6945±864 ^a
Total Hc ^b	136±52 ^a	104±58 ^a	10±10 ^b	89±45 ^b	43±16 ^b	377±155 ^a
Total Tc ^c	154±58 ^a	27±15 ^b	0 ^a	71±36 ^a	142±98 ^a	156±77 ^a
Total P ^d	290±73 ^a	131±65 ^a	10±10 ^b	160±54 ^b	186±96 ^b	533±172 ^a

Letras diferentes en la fila representan diferencias significativas (P<0.01). HPG: Huevos por gramos de heces, Hc: Conteo de *H. contortus*, Tc: Conteo de *T. colubriformis*, P: Conteo de parásitos.

(González et al., 2011). El valor fenotípico de la presencia de nematodos se registra in vivo con el número de HPG, y esta eliminación como era de esperarse dependió del número de parásitos adultos. Los borregos que presentaron la mayor cantidad de nematodos adultos de *H. contortus* (377) y también del total de nematodos (534) fueron los que tuvieron mayor eliminación de huevos (2401 a 12501 HPG) ya que en general la predicción de la cantidad de parásitos adultos presenta un alto coeficiente de correlación en especies altamente prolíficas como es *H. contortus* o *Mecistocirrus digitatus* (González et al., 2013).

Variables hematológicas

Los niveles del VCA y PP fueron mayores en los ovinos que se habían estabulado, mostrando promedios de 34±0.57% y 7.6±0.6 g dL⁻¹ respectivamente. En contraste, aquellos animales que provenían de pastoreo mostraron menor nivel de VCA y PP, con valores de 32±1% y 7.1±0.5 g dL⁻¹ respectivamente. En contraste, el conteo de linfocitos y eosinófilos fue mayor en los ovinos de en pastoreo (Cuadro 2).

El nivel de consumo y la calidad del alimento han sido algunos de los factores que influyen en la inmunidad y se han utilizado para incrementar la resistencia a las infecciones por parásitos gastrointestinales (Rocha et al.,

2011). Es por ello que se encontraron diferencias en el conteo entre los animales estabulados y los de pastoreo. Los altos conteos de linfocitos y eosinófilos generalmente ocurren en ovinos infectados con nematodos gastrointestinales y se trata de una respuesta inmune celular asociada al estímulo de los parásitos, por lo que era de esperarse que los animales que se encontraban en pastoreo tuvieran mayores valores de eosinófilos por estar en exposición continua a los nematodos. El VCA fue más alto en aquellos animales que estaban libres de parásitos (37±0.5 %) respecto a los que tenían altos conteos de *H. contortus* y por lo tanto, un alto HPG (31±1%), lo cual es consecuencia de los hábitos hematófagos de este parásito. Este comportamiento es algo habitual y muy reportado en la literatura para ovinos de lana (Amarante et al., 2004; Bricarello et al., 2004; Cardia et al., 2011). En el caso del género, el VCA y la PP de las hembras vacías (31% y 7.13±0.99 g dL⁻¹) y los machos (34% y 7.46±0.55 g dL⁻¹) fueron similares (P>0.05), mientras que el conteo de linfocitos y eosinófilos fue menor en machos con promedios de 5811±371 y 176±49, respectivamente, comparados con los de hembras que mostraron niveles de 8425±892 y 629±236, respectivamente. También el conteo de eosinófilos mostró tendencia a disminuir (96±42) en los borregos que estaban libres de huevos de nematodos en comparación con los infectados con 641 a 2400 HPG y eosinófilos de 458±196. Res-

Cuadro 2. Efecto del sistema de producción y el nivel de infección sobre el comportamiento de variables hematológicas.

Factor	Sistema de Producción		Nivel de infección (HPG)			
	Estabulado	Pastoreo	0	1-640	641-2400	2401-12550
N	34	26	8	23	15	11
VCA (%)	34±0.57 ^a	32±1 ^b	37±0.51 ^a	34±0.91 ^b	34±1.08 ^b	31±1.0 ^c
PP(g dL ⁻¹)	7.6±0.6 ^a	7.1±0.5 ^b	7.4±0.46 ^a	7.6±0.61 ^a	7.1±0.89 ^a	7.3±0.64 ^a
Linfocitos	5364±399 ^b	7812±552 ^a	6521±701 ^a	6527±490 ^a	6274±1207 ^a	5623±819 ^a
Eosinófilos	124±31 ^b	442±140 ^a	96±42 ^b	293±111 ^{ab}	458±196 ^a	103±32 ^b

N: número de ovinos, VCA: Volumen celular aglomerado. PP: Proteína plasmática. HPG: Huevos por gramo de heces. Letras diferentes en la fila representan diferencias significativas (P<0.01).

pecto a la PP y el conteo de linfocitos fueron iguales para todos los niveles de infección (Cuadro 2).

Actividad de la IgA

La densidad óptica registrada de la IgA a nivel local (mucus) fue mayor que la observada en suero y en saliva con cada uno de los antígenos usados (Cuadro 3).

Se pudo observar alta variabilidad en la DO de la IgA en el mucus entre los animales en estudio, lo cual también se ha indicado en otro estudio con ovinos Santa Ines, Suffolk e Ile de France contra *H. contortus* L3 y adultos (Amarante *et al.*, 2005) en la misma raza como como entre diferentes razas. En los ovinos sin infección aparente, la respuesta de IgA en abomaso fue menor (0.69 ± 0.21) que en los ovinos que tuvieron de 1 a 640 HPG (1.59 ± 0.20) (Cuadro 4). Mientras que aquellos animales con infecciones mayores a 641 HPG la OD de la IgA fue similar entre ellos. Esta misma situación se observó en saliva con *H. contortus*.

Aunque se esperaba que los valores de IgA fueran superiores conforme se incrementa la infección, tal como lo ha indicado Cardia *et al.* (2011), en otro estudio en ovinos de pelo de las cruza Dorset, Finnsheep y Rambouillet se observó que después de la infección con larvas L3 de *H. contortus*, los niveles de IgA en suero llegan a un punto máximo, y después descienden (Bowdridge *et al.*, 2015). Asimismo, factores de nutrición, edad y raza influyen en el incremento de nivel de las proteínas del sistema inmune, tales como las inmunoglobulinas. En cuanto al género del animal se detectaron mayores niveles de IgA en la saliva de las hembras ($P < 0.05$) respecto a los niveles obtenidos en los machos. Mientras que la respuesta en mucosa y suero no

mostraron diferencias entre sexos ($P < 0.05$) (Cuadro 4), que coincide con lo registrado por Hohenhaus *et al.* (1995), quienes no observaron diferencias significativas en la respuesta de IgG, contra *T. colubriformis* y *H. contortus* en hembras y machos.

Correlaciones entre variables parasitológicas, inmunológicas y de salud

El volumen celular aglomerado (VCA) se correlacionó de manera positiva con la proteína plasmática ($r = 0.36$) y de manera negativa con el HPG ($r = -0.36$), el número de *H. contortus* ($r = -0.50$) y con el total de parásitos ($r = -0.38$). Por otra parte el HPG se correlacionó de manera positiva con el conteo de *H. contortus* y de *T. colubriformis*, así como con el total de parásitos adultos ($r = 0.4$). Estas correlaciones fueron de igual tendencia pero más bajas que las indicadas por Amarante *et al.* (1999) quienes reportan una correlación de 0.7 en corderos nativos de Florida y también por Bricarello *et al.* (2004). Se observó una correlación positiva en los niveles de IgA presentes en mucus de abomaso respecto al nivel de IgA en suero contra *H. contortus* ($r = 0.34$) y también contra *T. colubriformis* ($r = 0.33$). Los valores de IgA en saliva y suero tuvieron con coeficiente de correlación alto ($r = 0.64$).

Cuadro 3. Densidad óptica de IgA contra antígeno crudo de *H. contortus* y *T. colubriformis* en diferentes fluidos corporales.

Fluido corporal	<i>H. contortus</i> *	<i>T. colubriformis</i> **
Mucus de tejido	1.33 ± 0.92^a	0.96 ± 1.00^b
Saliva	0.50 ± 0.50^c	0.27 ± 0.25^d
Suero	0.76 ± 0.67^e	0.16 ± 0.32^f

Letras diferentes en la fila representan diferencias significativas ($P < 0.01$). *en mucus de abomaso, ** en mucus de intestino delgado.

Cuadro 4. Efecto del nivel de infección y género sobre la respuesta de IgA en los fluidos.

Fluido	Nivel de infección (HPG)				Género	
	0	1-640	641-2400	2401-12550	Hembra	Macho
Mabo	0.69 ± 0.21^b	1.59 ± 0.20^a	1.42 ± 0.22^{ab}	1.23 ± 0.26^{ab}	1.53 ± 0.21^a	1.28 ± 0.14^a
Mide	0.97 ± 0.34^a	0.85 ± 0.22^a	0.71 ± 0.21^a	1.32 ± 0.27^a	0.75 ± 0.24^a	0.99 ± 0.15^a
SaHc	0.27 ± 0.07^b	0.64 ± 0.13^a	0.58 ± 0.12^{ab}	0.31 ± 0.07^{ab}	0.89 ± 0.16^a	0.35 ± 0.04^b
SaTc	0.28 ± 0.15^a	0.29 ± 0.05^a	0.23 ± 0.06^a	0.28 ± 0.05^a	0.42 ± 0.08^a	0.20 ± 0.02^b
SuHc	0.69 ± 0.22^{ab}	0.99 ± 0.15^a	0.64 ± 0.15^{ab}	0.49 ± 0.12^b	0.76 ± 0.16^a	0.75 ± 0.10^a
SuTc	0.28 ± 0.01^a	0.20 ± 0.04^a	0.08 ± 0.02^a	0.28 ± 0.20^a	0.06 ± 0.01^a	0.20 ± 0.06^a

Letras diferentes en la fila representan diferencias significativas ($P < 0.01$). Mabo=mucus de abomaso, Mide=mucus de intestino delgado, Sa=Saliva, Su=Sero Hc: *H. contortus*, Tc: *T. colubriformis*.

CONCLUSIONES

Se observó alta variabilidad en los parámetros hematológicos e inmunológicos de los ovinos destinados al abasto. El origen, estado fisiológico y sistema de producción influyeron sobre los valores hematológicos y parasitológicos de los ovinos para abasto. La respuesta inmunológica local de los animales tuvo bajos coeficientes de correlación con los índices parasitológicos.

LITERATURA CITADA

- Amarante A.F.T., Bricarello P.A., Huntley J.F., Mazzolin L.P., Gomes J.C. 2005. Relationship of abomasal histology and parasite-specific immunoglobulin A with the resistance to *Haemonchus contortus* infection in three breeds of sheep. *Vet. Parasitol.* 128: 99–107.
- Amarante A.D., Bricarello P.A., Rocha, R.A., Gennari, S.M. 2004. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. *Vet. Parasitol.* 120: 91–106.
- Amarante A.F.T., Craig T.M., Ramsey W.S., Davis S.K., Bazer F.W. 1999. Nematode burdens and cellular responses in the abomasal mucosa and blood of Florida Native, Rambouillet and crossbreed lambs. *Vet. Parasitol.* 80:311–324.
- Benjamin M.M. 1991. Manual de Patología Clínica en Veterinaria, México D.F.: Limusa. p. 7-20, 87-94.
- Bowdridge S., Zajac A., Notter D. 2013. Hair-type sheep generate an accelerated and longer-lived humoral immune response to *Haemonchus contortus* infection. *Vet. Parasitol.* 196: 172–178.
- Bowdridge S., Zajac A., Notter D. 2015. St. Croix sheep produce a rapid and greater cellular immune response contributing to reduced establishment of *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 208: 204–210.
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annal. Biochem.* 72: 248–254.
- Bricarello P.A., Gennari S.M., Oliveira-Sequeira T.C.G., Vaz C.M.S.L., De Gonçalves I.G., Echevarria F.A.M. 2004. Worm burden and immunological responses in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. *Small Rumin. Res.* 51: 75–83
- Cardia D.F.F., Rocha-Olivera R.A., Rsumeni M.H., Amarante A.F.T. 2011. Immune response and performance of growing Santa Ines lambs to artificial *Trichostrongylus colubriformis* infections. *Vet. Parasitol.* 182: 248–258.
- Dawkins H.J.S., Windon R.G., Eagleson G.K. 1989. Eosinophil responses in sheep selected for high and low responsiveness to *Trichostrongylus colubriformis*. *Intern. J. Parasitol.* 19(2): 199–205.
- Dominik S. 2005. Quantitative trait loci for internal nematode resistance in cheep: a review. *Genetics Selection and Evolution* 37 Suppl 1: S83–96.
- Esteban-Andrés D., González-Garduño R., Garduza-Arias G., Ojeda-Robertos N.F., Reyes-Montes F., Gutiérrez-Cruz S. 2013. Desarrollo de resistencia a nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo desafiados con diferentes niveles de infección. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 60 (III): 169–181.
- González G.R., Córdoba P.C., Torres H.G., Mendoza G.P., Arece G.J. 2011. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Vet. Méx.* 42(2): 125–135.
- González-Garduño R., Mendoza-de Gives P., Torres-Hernández G. 2013. Variability in the fecal egg count and the parasitic burden of hair sheep after grazing in nematode infected paddocks. *Pesquisa Vet. Bras.* 33(4): 469–475.
- Hohenhaus M.A., East I.J., Eisemann C.H., Pearson L.D., Douch P.G.C., Green R.S., Outteridge P.M. 1995. Variation in immune responsiveness of sheep to the antigens of intestinal nematodes and blowfly larvae. *Intern. J. Parasitol.* 25(5): 629–636.
- López Ruvalcaba O.A., González Garduño R., Osorio Arce M.M., Aranda Ibañez E., Díaz Rivera P. 2013. Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4(2): 223–234.
- Luengo J., Godoy L., Aros C., García G., Gómez L. 1991. Determinación de la edad según características morfológicas de los incisivos de ovinos desde el nacimiento hasta los 5,5 años. *Avances en Cienc. Vet.* 6(2).
- Martínez-Valladares M., Vara-Del Río M.P., Cruz-Rojo M.A., Rojo-Vázquez F.A. 2005. Genetic resistance to *Teladorsagia circumcincta*: IgA and parameters at slaughter in Churra sheep. *Parasite immunol.* 27(6): 213.
- Morteo-Gómez R., González-Garduño R., Torres-Hernández G., Nuncio-Ochoa G., Becerril- Pérez C., Gallegos-Sánchez J., Aranda-Ibañez E. 2004. Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos Pelibuey a la infestación con nematodos gastrointestinales. *Agrociencia*, 38(4): 395–404.
- Papadopoulos E. 2008. Anthelmintic resistance in sheep nematodes. *Small Rumin. Res.* 76: 99–103.
- Prada J.C., Matthews L., Mair C., Stefan T., Stear M.J. 2014. The transfer of IgA from mucus to plasma and the implications for diagnosis and control of nematode infections. *Parasitol.* 141: 875–879.
- Rialch A., Vatsya S., Kumar R.R. 2013. Detection of benzimidazole resistance in gastrointestinal nematodes of sheep and goats of subHimalyan region of northern India using different tests. *Vet. Parasitol.* 198(3): 312–318.
- Rocha R., Bricarello P., Silva M., Houdijk J.G.M., Almeida F.A., Cardia D.F.F., Amarante A.F.T.D. 2011. Influence of protein supplementation during late pregnancy and lactation on the resistance of Santa Ines and Ile de France ewes to *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 181: 229–238.
- SAS Institute Inc., 2004. SAS/STAT® User's Guide, Version 9.2, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Shaw R.J., Morris C.A., Wheler M., Tate M., Sutherland I.A. 2012. Salivary IgA: A suitable measure of immunity to gastrointestinal nematodes in sheep. *Vet. Parasitol.* 186: 109–117.
- Thienpont D., Rochette F., Vanparijs O.F.J. 1986. Diagnóstico de las Helminthiasis por Medio del Exámen Coprológico. Janssen Research Foundation, Beerse, Bélgica, Pp. 19–43.
- Torres-Acosta J.F.J., Hoste H. 2008. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 77: 159–173.

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA CALIDAD SEMINAL DEL CARNERO

ENVIRONMENTAL FACTORS THAT AFFECT THE SEMINAL QUALITY OF RAMS

Arellano-Lezama, T.¹; Cruz-Espinoza, F.¹; Pro-Martínez, A.¹; Salazar-Ortiz, J.²; Gallegos-Sánchez, J.^{1*}

¹Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 carretera Federal México-Texcoco, Estado de México. México. CP 56230, ²Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados Carretera Federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Rancho Trejo, 94500 Córdoba, Veracruz.

*Autor de correspondencia: gallegos@colpos.mx

RESUMEN

La fertilidad del carnero, es una variable de mayor importancia, ya que contribuye a mejorar la productividad y por lo tanto, mejorar la eficiencia económica de los rebaños. En el macho, el espermatozoide aporta el 50% de la información genética del individuo, por lo cual, los eventos físicos y fisiológicos involucrados en el proceso de espermatogénesis son importantes; así como, las variaciones a través del tiempo, del diámetro y desarrollo testicular y producción seminal, que tienen estrecha relación con la eficiencia reproductiva y están asociados a otros factores, tales como el fotoperiodo (época reproductiva contra época de anestro estacional), la nutrición (balance energético) y la raza. La eficiencia reproductiva del rebaño, en términos económicos, es la responsable del éxito o fracaso de la explotación. Un factor principal que condiciona este proceso durante el tiempo, es la estacionalidad productiva (época reproductiva, días cortos y anestro estacional, días largos). Es decir, a lo largo del año, los carneros experimentan fuertes cambios en la fisiología testicular, lo que modifica la expresión de diversas variables reproductivas asociadas a la fertilidad, y para evaluar esta característica, no solo se debe de tomar en cuenta el fotoperiodo, sino también factores, tales como la raza y nutrición.

Palabras clave: Desarrollo testicular, eficiencia reproductiva, raza, nutrición

ABSTRACT

The ram's fertility is a variable of high importance, since it contributes to improving productivity and, therefore, to improving the economic efficiency of the herds. In the male, the spermatozoon contributes 50 % of the genetic information of the individual, which is why the physical and physiological events involved in the process of spermatogenesis are important; also, the variations through time of the testicular diameter and development and seminal production, which have a close relationship to the reproductive efficiency and are associated to other factors, such as the photoperiod (reproductive season versus seasonal anestrus season), nutrition (energetic balance), and breed. The reproductive efficiency of the herds, in economic terms, is responsible for the success or failure of the farm. A principal factor that conditions this process through time is the productive seasonality (reproductive season, short days and seasonal anestrus, long days). That is, along the year rams experience strong changes in testicular physiology, which modifies the expression of various reproductive variables associated to fertility, and in order to evaluate this characteristic, not only must the photoperiod be taken into account, but also factors such as breed and nutrition.

Keywords: testicular development, reproductive efficiency, breed, nutrition.

INTRODUCCIÓN

La reproducción en los ovinos, está controlada por las horas luz (fotoperiodo), las cuales provocan, en los machos, variaciones en la producción espermática a través del tiempo (época reproductiva vs anestro estacional), es por ello que las razas de ovinos que habitan las regiones templadas (superior a 35 °), presentan alta calidad en la producción espermática durante el otoño-invierno (días cortos, latitud norte) y menor calidad en el periodo de primavera-verano (días largos; Evans y Maxwell, 1987: Figura 1); además, se sabe que la raza, provoca diferencias en la duración de la época reproductiva.

La nutrición, es otro factor que modifica la actividad reproductiva de los machos, por lo que, es de gran importancia, proporcionar un aporte adecuado de nutrientes en la dieta (balance energético positivo) y a través del tiempo; se menciona que es necesaria una alimentación (20% superior a los requerimientos

de mantenimiento) de los carneros, ocho semanas antes y durante la época de empadre, con la finalidad de evitar movilización de las reservas corporales y la consecuente pérdida de condición corporal. Se sabe que, que con esta estrategia alimenticia, se garantiza buena producción y calidad espermática durante el proceso de espermatogénesis. En base a los antecedentes mencionados, se ha evidenciado que el fotoperiodo y la nutrición, son responsables de las variaciones neuroendocrinas que regulan la actividad reproductiva y que la raza del macho, deben ser tomada en cuenta, durante la evaluación reproductiva de los carneros (Mukasa-Mugerwa y Ezaz, 1992), por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue describir los factores ambientales que controlan y afectan la producción seminal y las estrategias nutricionales para mejorar la calidad seminal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Neuroendocrinología y Fotoperiodo

En los ovinos originarios de las regiones templadas, la reproducción es estacional y se caracteriza por la alternancia de un periodo de anestro en primavera-verano y un periodo de actividad sexual en otoño-invierno (latitud norte). En las hembras, el periodo de anestro está asociado con la ausencia de ovulación, y por el contrario, la época reproductiva se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales cada 16-18 días. Sin embargo, en los

machos, la producción espermática varía igualmente a lo largo del año, por ejemplo, en los carneros **Ile de France**, la producción diaria de espermatozoides es cuatro veces más elevada en otoño que en primavera (Dacheux *et al.*, 1981). Orihuela (2014) mencionó que los carneros, se caracterizan por presentar variaciones hormonales por efecto del fotoperiodo. Estas variaciones de la actividad reproductiva se producen como consecuencia de

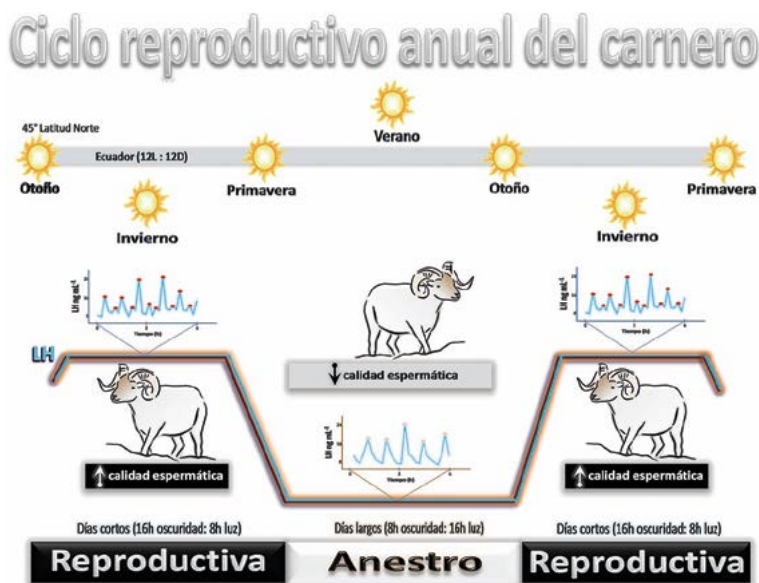
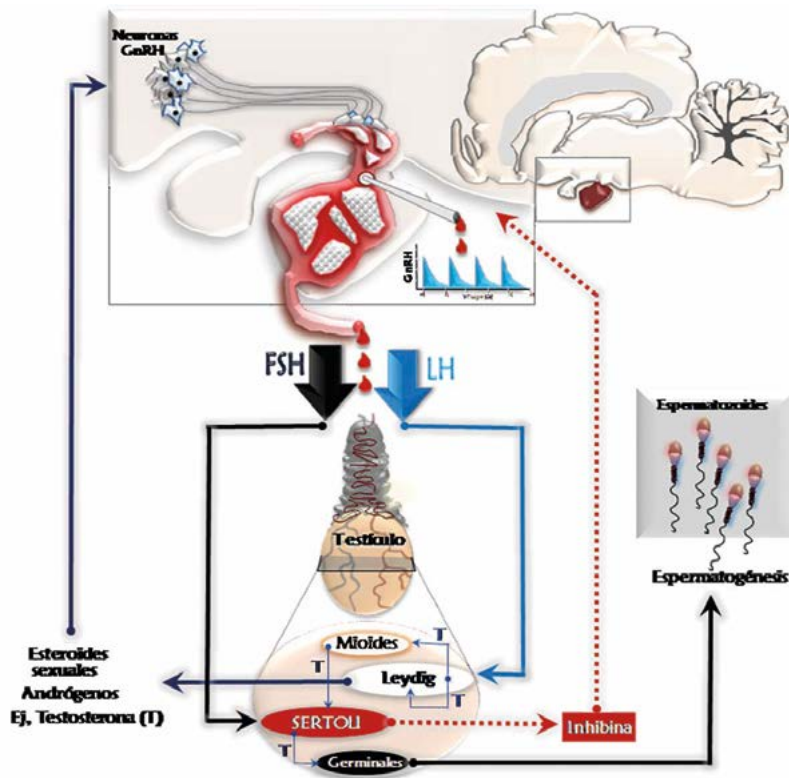


Figura 1. Representación esquemática del ciclo anual reproductivo del carnero. Se observan las diferencias en la calidad espermática y la secreción de LH a través del tiempo durante las dos épocas (reproducción vs anestro). El fotoperiodo sincroniza los ritmos endógenos en el carnero, a través de los mecanismos de adaptación a los días cortos (otoño-invierno) y a los días largos (primavera-verano) perciben los cambios diarios de las horas luz (ritmos circadianos). Se sabe que la época reproductiva en ovinos ocurre en otoño, pero las señales que marcan el reinicio de la actividad reproductiva se detectan en primavera.

los cambios en la secreción de las gonadotropinas (LH y FSH), esta influencia se ejerce mediante dos mecanismos complementarios: uno dependiente de los esteroides secretados por las gónadas, y el otro independiente de estas hormonas, efecto que se produce por las vías neuroendocrinas y que regulan la actividad gonadal (Figura 2). La melatonina, es una de las principales hormonas que intervienen en la regulación del ciclo anual productivo del carnero, y es uno de los mecanismos que relaciona el fotoperiodo y reproducción. La melatonina, es secretada por la glándula pineal con un ritmo día/noche bien definido y llega a la circulación periférica a través de la vena de Galieno, que drena la glándula pineal y por la vía del líquido cefalorraquídeo, por esta vía las concentraciones son de 2 a 10 veces más elevadas que en la circulación periférica, su secreción



tienen los testículos para responder a las variaciones estacionales del fotoperiodo, está estrechamente relacionada con la densidad de las poblaciones de receptores de FSH y LH, durante la involución y el restablecimiento de la actividad testicular, y por tanto, con las variaciones en la concentración de testosterona (Robinson y Karsch 1985; Lincoln *et al.*, 1990; Malpaux *et al.*, 1997; Holdcraft *et al.*, 2004; Figura 2). En las hembras, por ejemplo, las manifestaciones de estro, ocurren durante la época reproductiva, y por otra parte, en los machos, el efecto del fotoperiodo, se manifiesta presentando aumentos en la talla testicular, secreción de testosterona, mayor producción espermática y mayor libido (Gerlach y Aurich, 2000).

La raza y su relación con el fotoperiodo

La selección genética en los ovinos, con la finalidad de lograr una duración mayor de la época reproductiva e incrementar la prolificidad, ha generado muchas razas con características reproductivas diferentes (Lincoln *et al.*, 1990; Al-Shopery y Notter, 1996). La genética y el origen de la raza, han diferenciado fuertemente las características estacionales de cada raza; en la actualidad, por ejemplo, existen diferencias raciales en la duración de la época reproductiva e incluso en latitudes similares (López-Sebastián *et al.*, 2005; Cuadro 1). De este modo, las razas de ovinos de carne más pesadas del norte de Europa, como la Suffolk, presentan una estacionalidad mucho más marcada que otras razas, por ejemplo, la Merino o las razas de pelo, que son de las menos estacionales.

La nutrición y calidad seminal

Actualmente, existen muchos estu-

Figura 2. Esquema que muestra el eje de regulación neuroendócrina del macho. Las neuronas productoras de GnRH que se encuentran en diversos núcleos cerebrales hipotalámicos y adyacentes al hipotálamo secretan esta hormona, que a su vez, estimula la liberación de la FSH y LH, gonadotropinas procedentes de la adenohipófisis. La FSH viaja a través del torrente sanguíneo y hace blanco en la célula de Sertoli para estimular, de manera parácrina, a las células germinales a que inicien el proceso de espermatogénesis y la LH viaja también a través del torrente sanguíneo y hace blanco en la célula de Leydig para producir testosterona mantiene este evento fisiológico. Las células que poseen receptores de testosterona y que intervienen en la espermatogénesis, en el interior de los túbulos seminíferos, son las células de Sertoli y las mioideas-peritubulares.

es por un ritmo endógeno y la función de la luz es ajustar este ritmo a un período de 24 horas, siendo los núcleos supraquiasmáticos, las principales estructuras cerebrales, que modulan la secreción de la melatonina. Es importante, señalar que la luz tiene un efecto inhibitor en la secreción de melatonina, es decir, prender la luz durante la noche, provoca una disminución de los niveles plasmáticos de melatonina en los animales.

La secreción de melatonina, aumenta durante los días cortos, y se correlaciona positivamente con un incremento en la secreción pulsátil de GnRH (Gerlach y Aurich, 2000; Malpaux *et al.*, 1993; Figura 3).

Además, el efecto del fotoperiodo, induce cambios circunales en la secreción pulsátil de LH, se incrementa durante el otoño (días cortos) y se reduce durante la primavera (días largos), es decir, la actividad testicular se estimula durante el otoño-invierno (época reproductiva; Thompson *et al.*, 1986) y cuando se presenta la época de anestro estacional (días largos), la fertilidad, los eventos neuroendocrinos y reproductivos en el macho, disminuyen a un nivel mínimo, aunque algo muy importante a considerar, es que los carneros no son azoospermicos, a pesar de la muy marcada reducción en la producción espermática durante esta época (Dacheaux *et al.*, 1981). En general, el potencial que

dios que describen los efectos de la nutrición en las funciones reproductivas del carnero. Se ha demostrado que los componentes que integran una dieta, pueden alterar la secreción de gonadotropinas (LH/FSH) por algunas semanas, pero, el crecimiento testicular es afectado por meses (Martin *et al.*, 2010). Estos efectos, pueden estar acompañados por cambios en la función endocrina del testículo, ya que el sistema circu-

latorio, regula el transporte de testosterona de manera local; es decir, a nivel testicular, consecuentemente, no sólo el tejido del testículo se ve afectado, sino también, se afecta la espermatogénesis, y por lo tanto, la producción de espermatozoides (Setchell *et al.*, 1965), con base en la nutrición, se sabe que la cantidad de espermatozoides eyaculados se ve afectada entre la séptima y octava semana después de un cambio en la dieta (Martin *et al.*, 2010). Es por ello, que en el carnero, la respuesta de las neuronas productoras de GnRH a un cambio abrupto en la nutrición, es muy rápida, pero físicamente, se expresa en el transcurso de unas semanas (Martin *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 2004). Usualmente, una práctica común antes de la época de empadre, es suplementar a los carneros, durante ocho semanas, con la finalidad de asegurar una adecuada talla testicular y buena producción seminal

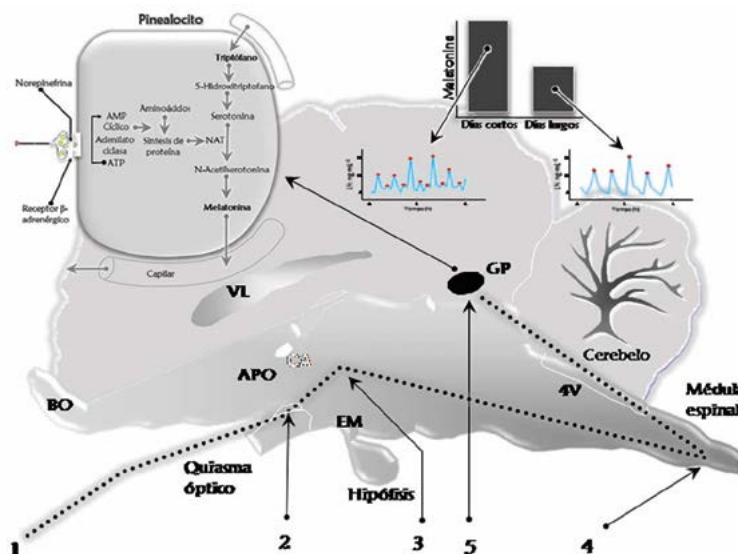


Figura 3. Representación esquemática de un corte sagital del cerebro de ovino. La línea punteada negra representa el camino de la información luminosa del ojo (1) a la glándula pineal (5) pasando por los núcleos supraquiasmáticos (2), los núcleos hipotalámicos paraventriculares (3) y los ganglios cervicales superiores (4). Área preóptica (APO), Comisura anterior (CA), Ventrículo lateral (VL), Eminencia media (EM), Glándula pineal (GP), Bulbo olfatorio (BO), Cuarto ventrículo (4V). Modificado de Malpaux *et al.* (1997).

tación normal, incrementan la secreción pulsátil de las de gonadotropinas (Blache, 2009). En los carneros se han observado efectos del balance de energía a nivel del eje reproductivo, incluyendo una disminución en la secreción de los pulsos de LH, después de una disminución en la ingesta de alimento (Martin y Walkeden-Brown, 1995), un incremento en el consumo de energía y proteína, induce a un incremento en la frecuencia de pulsos de GnRH/LH, así como también, a un incremento en la secreción de FSH. A largo plazo, un incremen-

Cuadro 1. Duración del anestro estacional en los ovinos en relación a la raza y latitud. Modificado de López-Sebastián *et al.* (2007)

País	Raza	Latitud (N)	Duración del anestro estacional															
			D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Islandia	Islandich	64°																
Reino Unido (Escocia)	Finish Landrace Scottish Blackface	57°																
Reino Unido (Inglaterra)	Dorset Welsh Mountain	53°																
Francia	Ile de France Prealpes	48°																
Canadá	Suffolk	45°																
USA	Suffolk Hampshire																	
España	Rasa Aragonesa Manchega Merina	41° 40° 38°																
México	Pelibuey	19°																

(Martin *et al.*, 1994). Los cambios en el balance de energía actúan en el eje reproductivo (hipotálamo-hipófisis-testículos) y en los mecanismos reguladores de retroacción. La deficiencia energética, causada por una baja ingesta o por gasto excesivo (por ejemplo, muchas hembras por macho) disminuye la secreción de gonadotropinas en muchas especies; sin embargo, el restablecimiento de los patrones de alimentación normal, incrementan la secreción pulsátil de las de gonadotropinas (Blache, 2009). En los carneros se han observado efectos del balance de energía a nivel del eje reproductivo, incluyendo una disminución en la secreción de los pulsos de LH, después de una disminución en la ingesta de alimento (Martin y Walkeden-Brown, 1995), un incremento en el consumo de energía y proteína, induce a un incremento en la frecuencia de pulsos de GnRH/LH, así como también, a un incremento en la secreción de FSH. A largo plazo, un incremento sostenido en la nutrición lleva a un aumento tanto en la producción de espermatozoides como al tamaño de los testículos (Martin *et al.*, 1994b).

En los carneros, la respuesta de las neuronas productoras de GnRH, a los cambios abruptos en la nutrición, inicialmente es rápida e intensa, pero va disminuyendo

gradualmente (Martin *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 2004). Estas respuestas, son consistentes a nivel del sistema nervioso autónomo, e involucra dos niveles para que se lleve a cabo, y los procesos que se desarrollan en el cerebro y aquellos que se presentan en el tejido adiposo; pues existe un mecanismo de comunicación entre las vísceras y el cerebro, que se da a través del nervio vago, y que es parecido a las respuestas de saciedad, después de una comida (Woods *et al.*, 2004). Algunos nutrientes que se absorben rápidamente, como los ácidos grasos volátiles, podrían estar implicados en la velocidad de la respuesta. De hecho, se sabe que las concentraciones de insulina en plasma se incrementan alrededor de tres horas antes de la respuesta que presentan las neuronas productoras de GnRH, así como al incremento en el consumo de alimento (Zhang *et al.*, 2004). En contraste, en los carneros, el efecto de la nutrición a largo plazo (varias semanas) a nivel testicular, parece ser independiente de los cambios que ocurren en el sistema que controla la secreción pulsátil de GnRH (Hötzel *et al.*, 1995), durante estos procesos, la leptina podría estar involucrada porque al menos, en ratas, los testículos presentan receptores a leptina y esta puede inhibir la esteroidogénesis testicular (Tena-Sempere *et al.*, 1999; Tena-Sempere *et al.*, 2001). Los machos que son utilizados como sementales, deben ser evaluados con diferentes exámenes físicos, y es deseable, incluir perfiles hormonales (LH y testosterona), durante las épocas (reproductiva vs anestro estacional), ya que esto determina su actividad reproductiva anual (Schanbacher y Lunstra, 1977); además, una característica importante a evaluar, es el diámetro testicular, que se conside-

ra, una de las mejores pruebas para conocer el rendimiento reproductivo de los carneros. Es importante considerar que el diámetro testicular, es un criterio de selección y que depende de la heredabilidad, y que cambia de acuerdo a la raza, edad y época del año (Söderquist y Hultén, 2006), esta característica (diámetro testicular) permite evaluar el rendimiento de los carneros en diferentes estrategias nutricionales (Mukasa-Mugerwa y Ezaz, 1992). Otra característica, es la evaluación seminal, que es una prueba de control de calidad, integrada por variables cualitativas (movilidad masal, color y aspecto) y cuantitativas (concentración, movilidad progresiva individual, normalidad; Anel *et al.*, 2006).

En el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, se realizó un estudio con la finalidad de evaluar el efecto de una dieta experimental alta en energía y proteína (DE; balance energético positivo; BEP), el efecto del fotoperiodo (época reproductiva vs época de anestro) y la raza (Pelibuey vs East Friesian) en el diámetro testi-

cular y el volumen del eyaculado de carneros adultos y sexualmente activos. Se utilizaron cuatro carneros de pelo, de la raza Pelibuey (R1) y cuatro carneros de lana, de la raza East Friesian (R2). Los ocho carneros, experimentaron una etapa de alimentación restringida (AR; balance energético negativo; BEN) en donde solo consumieron paja de avena y minerales durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, en la época reproductiva (ER) y también, durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, para la época de anestro estacional (AE), posterior al periodo de alimentación restringida (AR), se les ofreció una dieta (DE) con un alto contenido de energía y proteína, durante los meses de octubre y noviembre, para la ER y mayo y junio, para el AE. Se evaluó el volumen del eyaculado y la circunferencia escrotal. Los carneros presentaron diferencias ($p < 0.05$) por efecto de raza, época y nutrición. En la ER (Figura 4) la R1, el volumen de eyaculado, aumentó de 1.2 ± 0.1 mL a 1.4 ± 0.2 mL ($p > 0.05$), para la R2 fue de 1.2 ± 0.2 mL a 1.6 ± 0.3 mL ($p > 0.05$). En el AE (Figura 5), para la R1, aumentó de 0.7 ± 0.1 a 1.2 ± 0.2

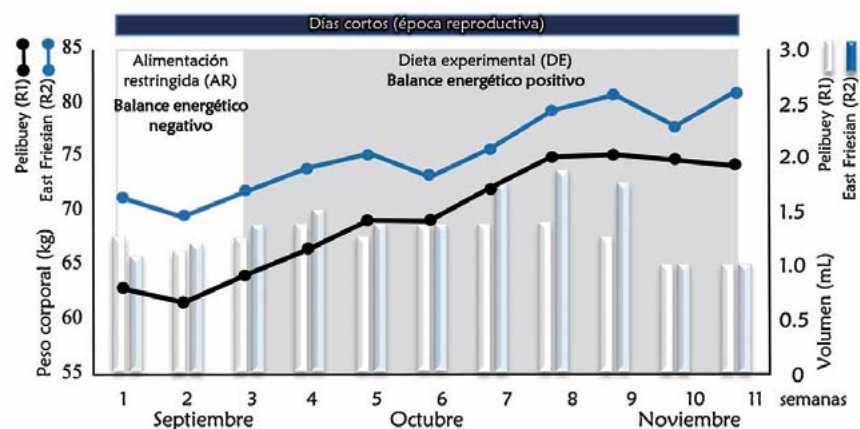


Figura 4. Época reproductiva (ER), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, que en la semana 9, es donde los sementales alcanzaron el mayor peso durante la fase experimental y en relación al volumen de eyaculado (mL; barra blanca y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó, que en la semana 8, fue cuando se presentó el mayor volumen de eyaculado.

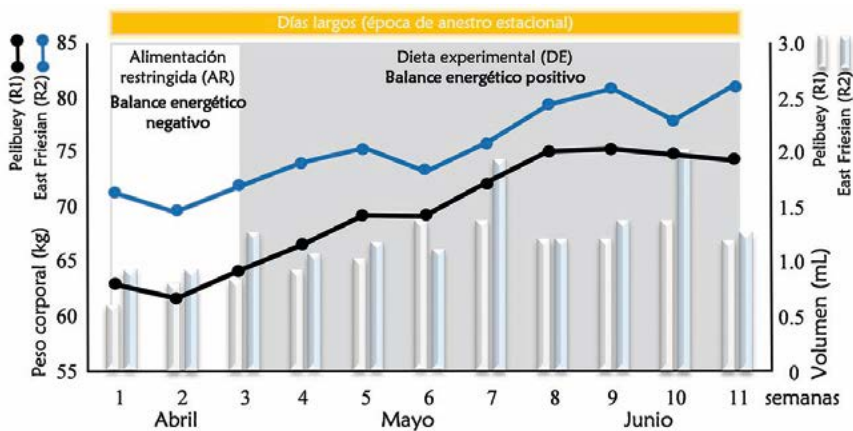


Figura 5. Anestro Estacional (AE), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, una disminución gradual en el peso corporal (semana 1 a la 3; AR) y un incremento gradual de la semana 4 a la 11 (DE) y en relación al volumen del eyaculado (Lm; barra blanca y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó la misma tendencia que en el peso corporal.

mL ($p > 0.05$) y para la R2 aumentó de 1.2 ± 0.1 mL a 1.3 ± 0.4 mL.

Los valores obtenidos durante la ER de peso corporal y circunferencia escrotal, se describen en la Figura 6. Se observó en las dos razas (R1 y R2) un incremento ($p < 0.05$) gradual después del muestreo tres hasta el 11 (DE; P2) en el peso corporal, pasando de 66.4 ± 7.5 kg a 74.6 ± 7.5 kg en la R1 y de 75.1 ± 4.9 a 81.5 ± 6.9 kg para la R2. Para la circunferencia escrotal, en la R1 cambió de 31.8 ± 1.1 cm a 35.6 ± 1.1

cm y en la R2 pasó de 32.2 ± 1.9 cm a 34 ± 1.1 cm. El mayor incremento ($p < 0.05$) en el peso corporal, se presentó siete semanas después (muestreo 9) de haber iniciado con la DE (75.6 ± 8.9) para R1 y para la R2 fue durante el muestreo 11 (octava semana después de DE) y fue de 81.45 ± 6.9 . En relación a la circunferencia escrotal, en la semana ocho después de la DE (muestreo 11) fue donde se observó el mayor valor ($p < 0.05$; 35.6 ± 1.1 y 34 ± 1.1 , para la R1 y la R2; respectivamente).

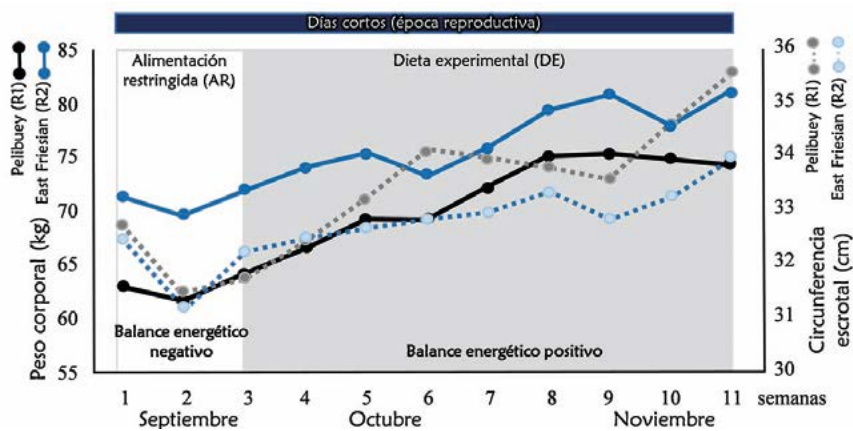


Figura 6. Época reproductiva (ER), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, que en la semana 9, es donde los sementales alcanzaron el mayor peso durante la fase experimental y en relación a la circunferencia escrotal (cm; línea punteada gris y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó, que en la semana 11, fue cuando se presentó el mayor diámetro testicular.

Durante el AE, se analizaron los datos de tres semanas antes (AR) y ocho semanas después (DE). La Figura 7, muestra incremento ($p < 0.05$) del peso corporal, desde el inicio de la DE y hasta el final, cambiando de 69.3 ± 9.6 kg a 75.13 ± 8.3 kg para R1 y de 77.1 ± 2.3 kg a 84.3 ± 4.2 kg para R2 y de la circunferencia escrotal de 33.8 ± 2.0 a 34.8 ± 1.6 cm y de 34.1 ± 2.1 a 34.6 ± 1.9 cm para R1 y R2; respectivamente. Durante el periodo que se ofreció la DE, se observó una ganancia de peso en R1 de 5.9 kg y aumento en la circunferencia escrotal de 1 cm. Para la R2 se obtuvo la misma tendencia, una ganancia de 6.5 kg y un aumento en la circunferencia escrotal de 0.5 cm.

CONCLUSIONES

El fotoperiodo, a través de la estacionalidad, así como la nutrición, son variables que afectan los diferentes procesos neuroendocrinos, que influyen en el crecimiento testicular y por lo tanto, en el volumen de eyaculado y circunferencia escrotal, sin embargo, tanto para fines experimentales, como productivos, se debe tomar en cuenta la raza y la edad del carnero.

LITERATURA CITADA

Al-Shopery A.A., Notter D.R. 1996. Genetic variation and covariation for ewe reproduction, lamb growth, and lamb scrotal circumference in a fall-lambing sheep flock. *Journal of Animal Science*. 74: 1490-1498.

Anel L., Alvarez M., Martínez-Pastor F. 2006. Improvement strategies in ovine artificial insemination. *Reproduction in Domestic Animals*. 41 (2): 30-42.

Blache D., Chagas M.L, Blackberry A.M., Vercoe PE., Martin GB. 2000. Metabolic factors affecting the reproductive axis in male sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 120: 1-11.

Dacheaux J.L., Pisselet C., Blanc M.R., Hochereau de Reviers MT., Courrot M. 1981. Seasonal variations in rete testis

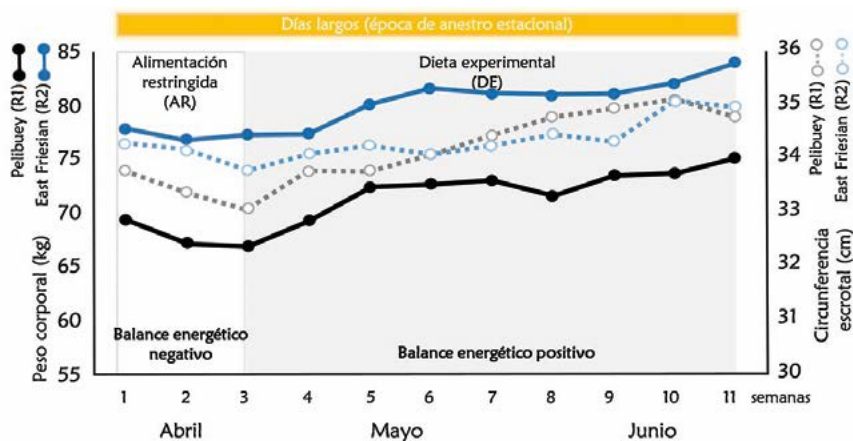


Figura 7. Anestro Estacional (AE), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, una disminución gradual en el peso corporal (semana 1 a la 3; AR; P1) y un incremento gradual de la semana 4 a la 11 (DE; P2) y en relación a la circunferencia escrotal (cm; línea punteada gris y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó la misma tendencia que en el peso corporal.

fluid secretion and sperm production in different breeds of ram. *Journal of Reproduction and Fertility*. 16: 363-371.

- Evans G., Maxwell W.M.C. 1987. *Artificial Insemination of Sheep and Goats*. University Press, Sydney, NSW, Australia. 194pp.
- Gerlach T., Aurich J.E. 2000. Regulation of seasonal reproductive activity in the stallion, ram and hamster. *Animal Reproduction Science*. 58(3-4):197-213
- Ghorbankhani F., Souri M., Moeini M.M., Mirmahmoudi R. 2015. Effect of nutritional state on semen characteristics, testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding season. *Animal Reproduction Science*. 153:22-28.
- Holdcraft R.W., Braun R.E. 2004. Androgen receptor function is required in Sertoli cells for the terminal differentiation of haploid spermatids. *Development*. 131: 459-467.
- Hötzel M.J., Walkden-Brown S.W., Blackberry M.A., Martin G.B. 1995. The effect of nutrition on testicular growth in mature Merino rams involves mechanisms that are independent of changes in GnRH pulse frequency. *Journal of Endocrinology*. 147: 75-85.
- López Sebastián A., González de Bulnes A., Santiago Moreno J., Veiga López A., Toledano Díaz A., Contreras I. Manejo Reproductivo en Pequeños Rumiantes. 2005. En: *Memorias IV Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Rumiantes*. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. 83-104.
- Lincoln G.A., Lincoln C.E., Mc Neilly A.S. 1990. Seasonal cycles in the blood plasma concentration of FSH, inhibin and testosterone, and testicular size in rams of wild, feral and domesticated breeds of sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 88: 623-633.
- Martin G.B., Tjondronegoro S., Blackberry M.A. 1994. Effects of nutrition on testicular size and the concentrations of gonadotrophins, testosterone and inhibin in plasma of mature male sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 101: 121-128.
- Martin G.B., Walkden-Brown S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *Journal of Reproduction and Fertility-Supplements only*. 49: 437-450.
- Malpoux B., Daveau A., Maurice F., Gayraud V., Thiery J.C. 1993. Short-day effects of melatonin on luteinizing hormone secretion in the ewe: evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. *Biology of Reproduction*. 48: 752-760.
- Malpoux B., Viguié C., Skinner D.C., Thiery J.C., Chemineau P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Research Bulletin*. 44: 431-438.
- Martin G.B., Blache D., Miller D.W., Vercoe P.E. 2010. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*. 4:7, 214-226.
- Mukasa-Mugerwa E., Ezaz Z. 1992. Relationship of testicular growth and size to age, body weight and onset of puberty in Menz ram lambs. *Theriogenology*. 38 (5): 979-88.
- Orihuela T.A. 2014. La conducta sexual del carnero. Revisión Ram's sexual behavior. Review. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*. 5(1):49-89.

- Perón N. 2004. El macho en el comportamiento reproductivo del rebaño ovino. *Rvta. ACPA* 1.
- Robinson J.E., Karsch F.J. 1984. Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biology of Reproduction*. 31:656-663.
- Schanbacher B.D., Lunstra D.D. 1976. Acute and chronic effects of gonadotropin releasing hormone on reproductive characteristics of rams during the nonbreeding season. *Journal of Animal Science*. 44: 650-655.
- Setchell B., Waites G.M.H., Lindner H.R. 1965. Effect of undernutrition on testicular blood flow and metabolism and the output of testosterone in the ram. *Journal of Reproduction and Fertility*. 9: 149-162.
- Söderquist L., Hultén F. 2006. Normal Values for the Scrotal Circumference in Rams of Gotlandic Breed. *Reproduction in Domestic Animals*. 41(1): 61-62.
- Tena-Sempere M., Kero J., Rannikko A., Yan W., Huhtaniemi I. 1999. The pattern of inhibin/activin α - and β -subunit messenger ribonucleic acid expression in rat testis after selective Leydig cell destruction by ethylene dimethane sulfonate. *Endocrinology*. 140: 5761-5770.
- Tena-Sempere M., Manna P.R., Zhang F.P., Pinilla L., Gonzalez L.C., C. Dieguez C. Huhtaniemi I., Aguilar E. 2001. Molecular mechanisms of leptin action in adult rat testis: potential targets for leptin-induced inhibition of steroidogenesis and pattern of leptin receptor messenger ribonucleic acid expression. *Journal of Endocrinology*. 2: 413-423.
- Thompson D.L., Johnson L., St. George R.L., Garza F. 1986. Concentrations of prolactin, luteinizing hormone and follicle stimulating hormone in pituitary and serum of horses: effect of sex, season and reproductive state. *Journal of Animal Science*. 63: 854-860.
- Woods E.J., Benson J.D., Agca Y., Critser J.K. 2004. Fundamental cryobiology of reproductive cells and tissues. *Cryobiology*. 48, 146-156.
- Zhang S., Blache D., Blackberry M.A., Martin G.B. 2004. Dynamics of the responses in secretion of LH, leptin and insulin following an acute increase in nutrition in mature male sheep. *Reproduction, Fertility and Development* 16 823-829.

DIVERSIDAD E IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN SECUNDARIA EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN YUCATÁN, MÉXICO

DIVERSITY AND IMPORTANCE OF SECONDARY VEGETATION IN A FOREST-GRAZING SYSTEM IN YUCATÁN, MÉXICO

Alayon-Gamboa, J.A.^{1*}; Álvarez Flores, F.²

¹El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Campeche, Departamento de Conservación de la Biodiversidad, Av. Rancho Polígono 2-A, Ciudad Industrial, Lerma, Campeche, C.P. 24500. ²Agroasesores, Calle 5ª x 40 Num. 279g Fraccionamiento Campestre, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97135.

*Autor de correspondencia: jalayon@ecosur.mx

RESUMEN

La ganadería bovina está ejerciendo presión sobre los recursos naturales y forzando a usarlos racionalmente. El uso de la vegetación secundaria (*monte*) es una opción dentro de los sistemas silvopastoriles que no se ha cuantificado. Se evaluó la contribución potencial de la vegetación secundaria dentro de un sistema silvopastoril con pastoreo intensivo. Se efectuaron muestreos estratificados y obtuvieron inventarios florísticos de la vegetación en: a) vegetación secundaria (*monte*); b) transición de monte a pasto (*hubché-pasto*); y c) pasto con árboles y arbustos (*pasto*). Se registraron 19 familias botánicas agrupadas en 35 géneros y 39 especies. El *monte* y el *pasto* presentaron similar número de familias y especies. En el *hubché-pasto* se registró menor número de familias, especies e individuos. Las especies con mayor valor de importancia en el *hubché-pasto* fueron: *Caesalpinia gaumeri*, *Piscidia piscipula*, y *Bourreria pulchra*; en el *pasto*: *Bursera simaruba*, *Leucaena leucocephala*, y *Caesalpinia gaumeri*; y en el *monte*: *Diospyros yucatanensis*, *Caesalpinia gaumeri*, y *Leucaena leucocephala*. Tanto en el *pasto* y *hubché-pasto* dominaron especies que se comparten con el *monte*, en el cual se registró el mayor número de especies, pero con pocos individuos distribuidos homogéneamente. Esto podría indicar que el forrajeo no está permitiendo el reclutamiento de nuevas plantas, pero que su manejo está ayudando a conservar a ciertas especies, tales como *Diospyros yucatanensis* ubicada en riesgo de extinción. El sistema silvopastoril con pastoreo intensivo que usa el *monte* mantiene elevada diversidad florística, no afecta la importancia de las especies y mantiene alto porcentaje de especies con potencial forrajero, además de brindar servicios ecosistémicos, tales como la conservación de especies amenazadas.

Palabras clave: Diversidad de especies, sistema silvopastoreo, potencial forrajero, Trópicos.

ABSTRACT

Cattle production is exercising pressure on natural resources and forcing us to use them rationally. The use of secondary vegetation (*hill*) is an option within the forest grazing systems that has not been quantified. The potential contribution of secondary vegetation within a forest grazing system with intensive grazing was evaluated. Stratified sampling was carried out and floristic inventories of the vegetation were obtained in: a) secondary vegetation (*hill*); b) transition from *hill* to grass (*hubché-grass*); and c) grass with trees and shrubs (*grass*). Nineteen botanical families were recorded grouped in 35 genera and 39 species. The *hill* and *grass* presented a similar number of families and species. In the *hubché-grass* lower numbers of families, species and individuals were recorded. The species of highest value of importance in the *hubché-grass* were:

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 60-64.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

Caesalpinia gaumeri, *Piscidia piscipula*, and *Bourreria pulchra*; in the grass: *Bursera simaruba*, *Leucaena leucocephala*, and *Caesalpinia gaumeri*; and in the hill: *Diospyros yucatanensis*, *Caesalpinia gaumeri*, and *Leucaena leucocephala*. Both in the grass and in the *hubché*-grass, species dominated that are shared with the *hill*, in which the highest number of species was recorded, although with few individuals distributed homogeneously. This could indicate that gathering fodder is not allowing the recruitment of new plants, but that their management is helping to conserve certain species, such as *Diospyros yucatanensis* considered in risk of extinction. The intensive forest grazing system that uses the *hill* maintains high plant diversity, does not affect the importance of the species, and maintains a high percentage of species with fodder potential, in addition to providing ecosystemic services, such as conservation of threatened species.

Keywords: diversity of species, forest grazing system, foraging potential, Tropics.

y 89° 41', y 89° 45' O). Esta unidad se maneja bajo un sistema rotacional de pastoreo intensivo con cerco eléctrico, riego por aspersión, altas cargas animal en cortos períodos de tiempo, y el uso de *monte* como fuente de alimentación animal. El clima se caracteriza por ser cálido subhúmedo con lluvias en verano y con una temperatura media anual de 26 °C. La vegetación se caracteriza como selva baja caducifolia y crece en suelos de litosol con afloramientos de roca. Se efectuaron muestreos tomando en consideración las tres condiciones de manejo presentes en la unidad: acahual maduro (*monte*), transición de *monte* a pasto (*hubché*-pasto), y potreros con gramínea establecida con árboles y arbustos (pasto). Se realizaron muestreos aleatorios estratificados, considerando el estrato arbóreo y arbustivo (Flores y Álvarez, 2011). La superficie de muestreo fue equivalente a 10% del total de cada condición de manejo de la vegetación. La condición de *monte* tuvo una edad de 20 a 25 años y estuvo sujeta a pastoreo temporal con cargas animal variables. El muestreo siguió la metodología propuesta por Flores y Álvarez (2011), usando un procedimiento no destructivo y un sistema de cuadrantes. Cada cuadrante tuvo una dimensión de 400 m², y se obtuvo el inventario de todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 3 cm. La identificación de las especies se efectuó en campo usando manuales de referencia, y cuando no fue posible su identificación se obtuvieron muestras botánicas siguiendo la metodología propuesta por Lot y Chiang (1986), para ser identificadas por un especialista en la Universidad Autónoma de Campeche. Se registró el DAP, la altura y la cobertura de la copa de cada planta. El

INTRODUCCIÓN

En Latino América la ganadería ha crecido a una tasa superior (3.7%) al promedio mundial (2.1%). Este fenómeno es estimulado en gran medida por el aumento en la demanda de carne (Acosta y Díaz, 2013). El crecimiento poblacional de bovinos observado requiere de un enfoque de sustentabilidad para evitar la creciente presión sobre los recursos naturales de la región; involucrando el uso sostenido de los recursos naturales de un ecosistema y vinculando estrechamente el conocimiento local de los productores (Gómez *et al.*, 2004). De las experiencias y conocimientos se han derivado alternativas para reducir la presión sobre los recursos naturales en los sistemas ganaderos, a través de la implementación de diferentes opciones de sistemas silvopastoriles (Palma *et al.*, 2011; Bacab *et al.*, 2013). En la región tropical de México, estos sistemas promueven modelos que utilizan la combinación de especies arbóreas y arbustivas con gramíneas (Nahed-Toral *et al.*, 2013, Flores y Solorio, 2013). El uso de la vegetación secundaria (*monte*) dentro de las explotaciones bovinas, también constituye una opción que con frecuencia usan los productores como fuente de alimentación y de bienestar animal. La diversidad de plantas leñosas presentes en estos espacios ha sido poco estudiada y su conocimiento podría coadyuvar a incrementar las opciones de recursos útiles en un sistema silvopastoril (Pool Cruz, 2000; Anadón *et al.*, 2014). Además de brindar servicios ecosistémicos que coadyuven a lograr una ganadería bovina sustentable y resiliente ante los efectos del cambio climático (Ferreiro *et al.*, 2011). El objetivo del presente estudio fue indagar la diversidad y abundancia de especies leñosas presentes en los *montes* y potreros en un sistema silvopastoril con pastoreo intensivo, e identificar aquellas especies reportadas con potencial para incorporarse en la alimentación bovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en una unidad ganadera denominada "La alianza" ubicada en la localidad de Yaxcopoil, Umán Yucatán (20° 53' y 20° 39' de N

DAP se registró con una cinta diamétrica (Flores y Álvarez, 2011). La altura se midió con un clinómetro (Brunton Clino Master) y se calculó mediante la ecuación: $(A+B) \times \text{Distancia}$ (en pies) (Brunton Clino Mater Manual). La cobertura (m^2) se midió con una cinta métrica flexible y calculó de acuerdo a las recomendaciones de Flores y Álvarez (2011). Los datos se utilizaron para determinar: a) el índice de valor de importancia (Flores y Álvarez, 2011); b) la curva de rarefacción con el programa estadístico Biodiversity; c) la riqueza de las especies mediante el índice de Margaleff; y d) el índice de equitatividad ($E=H'/H' \text{ Max}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se encontraron 19 familias botánicas que agrupan a 35 géneros y 39 especies, representadas en 821 individuos. En el área de *monte* comparada con el pasto, se encontró similar número de familias (17) y especies (34), con excepción del número de individuos que fue mayor en el pasto (276). Mientras que en la condición *hubché-pasto* se registró el menor de familias (7), especies (10) e individuos (52). Lo anterior, podría señalar que en el proceso de conversión del *monte* a potrero a un sistema silvopastoril ocurre una reducción temporal en la cantidad y diversidad de especies leñosas, no obstante estas se recuperan pos-

teriormente cuando se promueve intencionalmente la permanencia de árboles y arbustos entre las Poaceas (antes gramíneas), bajo un pastoreo intensivo y rotativo. Similar a lo que ocurre en el sistema *capoeria* brasileño que hace uso de los arbustos leñosos en las praderas de pastos, logrando mantener la diversidad de especies presentes en la vegetación en recuperación (*acahual*) después de su abandono (Hohnwald *et al.*, 2006). Esto se refuerza con los hallazgos del presente estudio donde se encontró que la mayoría de las plantas leñosas que predominaron en las tres condiciones pertenecen a la familia Fabaceae (38% en *monte*, 40% *hubché-pasto*, y 42% *pasto*), característica de la vegetación que predomina en selva baja (Pool-Cruz, 2000); adicionalmente, se apreció semejanzas entre las tres condiciones cuando se analizó el valor de importancia que representa cada especie. En este sentido se encontró que las especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) para la condición de *hubché-pasto* fueron *Caesalpinia gaumeri* (99%), *Piscidia piscipula* (60%), y *Bourreria pulchra* (27%), mientras que en el *pasto* fueron *Bursera simaruba* (63%), *Leucaena leucocephala* (60%), y *Caesalpinia gaumeri* (34%), y en la condición de *monte* fue *Diospyros yucatanensis* (43%) que se encuentra en peligro de extinción, *Caesalpinia gaumeri* (26%), y *Leucaena leucocephala* (25%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies (>3 cm DAP) leñosas presentes en tres condiciones de manejo en un sistema silvopastoril en Yucatán, México.

Especie	Pasto	Hubché-Pasto	Monte
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	34.160	99.143	26.343
<i>Piscidia piscipula</i> Sarg.	27.673	60.102	25.347
<i>Bourreria pulchra</i> Millsp.	8.333	27.037	-
<i>Acacia pennatula</i> (Schlecht. & Cham.) Benth.	7.459	20.761	-
<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe var. <i>Rekoi</i>	26.062	13.589	-
<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaud.	-	8.328	-
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	63.417	8.149	15.070
<i>Diospyros yucatanensis</i> Uline.	-	7.591	43.087
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	-	7.256	-
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Witt.	60.484	4.038	25.635
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	11.108	-	-
<i>Havardia albicans</i> Britton y Rose.	7.862	-	-
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	7.749	-	-
<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	-	-	13.310
<i>Lysiloma Latisiliquum</i> (L.) Benth.	-	-	12.063
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	-	-	11.926
<i>Parmentiera millspaughiana</i> L.O. Williams.	-	-	11.760
<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	-	-	11.131

Se observó que tanto la riqueza de especies (índice de Margaleff) como el valor de equidad en la distribución de los individuos en la comunidad vegetal fueron superiores en la condición de *hubché-pasto*, seguido por la condición de *pasto* (Cuadro 2). Señalando que en estas áreas dominan pocas especies y que la distribución de los individuos es heterogénea, presentándose en parches. Posiblemente por el uso que le dan a las plantas arbóreas como fuentes de sombra para los animales (*Caesalpinia gaumeri*, *Bursera simaruba*, *Piscidia piscipula*, y *Bourreria pulchra*) o por la forma de propagación para su uso como forraje en pastoreo (*Leucaena leucocephala*, *Acacia pennatula* y *Gymnopodium floribundum*). Mientras que en la



Figura 1. A: Pastoreo en potreros en poaceas (gramíneas) establecida con árboles y arbustos (pasto); B: Pastoreo en transición de monte a pasto (*hubché*-pasto); C: Pastoreo en *achual* (*monte*).

condición de *monte* se mantienen muchas especies con pocos individuos que se distribuyeron homogéneamente en toda la comunidad vegetal (menor valor de equidad), lo cual podría indicar que el forrajeo ejercido por los bovinos no está permitiendo el reclutamiento de plantas leñosas dentro del área. Pero a pesar de ello, se conserva con un alto valor de importancia a ciertas especies como *Diospyros yucatanensis* que se encuentra en riesgo de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010), por lo que se podría sugerir que el manejo del monte para el aporte de alimentos en la ganadería no representaba una amenaza y podría estar ayudando a preservar especies vegetales amenazadas, y con ello contribuyendo a la biodiversidad del sistema.

Además del servicio ecosistémico (diversidad de especies y especies amenazadas) que podría estar prestando el sistema silvopastoril, se registró que 41% del total de las especies (*Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Acacia gaumeri*, *Alvaradoa amorphoides*, *Bursera simaruba*, *Cajanus cajan*, *Caesalpinia gaumeri*, *Chlorophora tinctoria*, *Cnidioscolus aconitifolius*, *Ehretia tinifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Havardia albicans*, *Leucaena leucocephala*, *Lysiloma latisiliquum*, *Zanthoxylum caribaeum*) se reportan con un potencial de uso como fuentes de forraje o cercos vivos (Gómez et al., 2004) debido a que presentan altos valores de proteína cruda, aunque algunas tienen altas concentraciones de fibra, baja digestibilidad, y altos contenidos de fenoles totales y taninos (*Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Lysiloma latisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*) que pudieran interferir con la digestibilidad de la proteína cruda presente (Benavides et al., 2011; Navarro et al., 2014). Los hallazgos de esta investigación representan un menú de oferta de forraje que potencialmente podría llegar a incorporarse bajo una estrategia múltiple de manejo que fortalezca al sistema, mediante esquemas de manejo integrado de los recursos locales.

Cuadro 2. Índice de riqueza basada en la diversidad de especies y equidad en tres condiciones de manejo de la pradera en un sistema silvopastoril en Yucatán, México.

Condición	Índice Margaleff	Equidad
Pasto	14.111	0.227
<i>Hubché</i> -Pasto	22.114	0.301
<i>Monte</i>	15.567	0.196

CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril

que integra el uso del monte como recurso forrajero, mantiene una elevada diversidad florística a pesar de que temporalmente se reduce en la transición de *monte* a pasto. Estos cambios no afectan la importancia de las especies presentes en todas las condiciones de manejo, manteniendo un alto porcentaje (41%) de especies con un potencial de uso como fuentes de alimentación animal. Adicionalmente, la integración del monte provee servicios ecosistémicos al mantener alta diversidad de especies vegetales y mediante la conservación de especies en condición de amenaza, y ello representa una oportunidad para el desarrollo de una estrategia de manejo que fortalezca la sustentabilidad del sistema.

LITERATURA CITADA

- Acosta A., Díaz T. 2013. Lineamientos de política para el desarrollo sostenible del sector ganadero. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 113 p.
- Anadón J.D., Sala O.E., Turner II B.L., Bennett E.M. 2014. Effect of woody-plant

- encroachment on livestock production in North and South America. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 111(35): 12948-12953.
- Bacab H., Madera N. B., Solorio F. J., Vera F., Marrufo D. F. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. Avances de investigación agropecuaria 17(3): 67-81.
- Benavides E. J. 2011. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. En: Sánchez M.D., y Rosales M.M. (editores). Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudios FAO 143. Roma Italia.
- Durán R., Méndez M. 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 p.
- Ferreiro N., Domínguez A., Rigueiro-Rodríguez M.R., Mosquera-Losada 2011. Response to swag sludge fertilization in a *Quercus rubra* L. silvopastoral system: Soil, plant biodiversity and tree and pasture production. Agriculture, Ecosystems and Environment 141: 49-57.
- Flores E.M.X., Solorio S.U. 2013. Ganadería sustentable. Fomento y desarrollo del sistema silvopastoril intensivo (SSPI). Secretaría de Agricultura Pesca y Alimentación (SAGARPA), Michoacán, México 28 p.
- Flores S.J., Álvarez S.J. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Autónoma de México. 2da edición. 389 p.
- Gómez H., Pinto R., Martínez B., Hernández A., Medina F., Ortega L., Ramírez L. 2004. Especies forrajeras utilizadas bajo sistema silvopastoreo en el centro de Chiapas. Avances de investigación agropecuaria 8(2):1-11.
- Hohnwald S., Rischkowsky B., Camara~o A.P., Schultze-Kraft R., Rodrigues Filho J.A., King J.M. 2006. Integrating cattle into the slash-and-burn cycle on smallholdings in the Eastern Amazon, using grass-capoeira or grass-legume pastures. Agriculture, Ecosystems and Environment 117:266-276.
- Lot A., Chiang F. 1986. Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Departamento de botánica UNAM México.
- Nahed-Toral J., Valdivieso-Pérez A., Aguilar-Jiménez R., Camera-Cordova J., Grande-Cano D.C. 2013. Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production. Journal of Cleaner Production 7: 266-279.
- Navarro V.C.L., Restrepo M., Pérez M. J. 2014. El guandul (*Cajanus cajan*) una alternativa en la industria de los alimentos. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial 2: 197-206.
- Palma G.J.M., Nahed-Toral J., Sanginés G.L. 2011. Agroforestería pecuaria en México. Alternativas para una reconversión ganadera sustentable. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Pool-Cruz A.D. 2000. Composición, estructura y manejo actual de la vegetación secundaria en diferentes etapas de barbecho en Hocabá, Yucatán, México. Tesis. Universidad Autónoma de Yucatán. 65 p.



IMPACTO Y RELEVANCIA DE UN PROGRAMA DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN LA MEJORA PRODUCTIVA DE REBAÑOS DE OVINOS

IMPACT AND RELEVANCE OF AN ARTIFICIAL INSEMINATION PROGRAM IN THE PRODUCTIVE IMPROVEMENT OF FLOCKS OF SHEEP

Cadena-Villegas, S.^{1,4}; Cortez-Romero, C.^{2,4*}; De la Cruz-Colín, L.³; Gallegos-Sánchez J.^{1,4}

¹Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, 56230, Estado de México. ²Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Agustín de Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, 78622, S.L.P. Tel. y Fax: +(496) 96 302 40. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), carretera Pachuca-Cd. Sahagún km 3.6, # 2000, 42180, Pachuca, Hgo. ⁴LPI-5: Biotecnología Microbiana, Vegetal y Animal.

*Autor de correspondencia: ccortez@colpos.mx

RESUMEN

Para aumentar la producción de corderos en Hidalgo, México, se implementó en el año 2010 un programa de inseminación artificial (IA) de más de 2000 ovejas, donde interactuaron de manera coordinada en diferentes niveles de la cadena de producción; instituciones, técnicos de campo, especialistas en reproducción e instituciones de financiamiento. En el programa participaron 97 Unidades de Producción (UP) con 2,267 ovejas de las razas Hampshire, Dorset y Suffolk, distribuidas en 16 municipios del estado. Los resultados del programa con la inducción de calores en época no reproductiva fueron 51%, 54% y 54% de gestación, y 99.2%, 97.8% y 96% de parición con una prolificidad de 1.4%, 1.6% y 1.5% para las razas Hampshire, Dorset y Suffolk, respectivamente. El porcentaje de las hembras que presentaron retorno a estro, fueron inseminadas por monta natural con sementales de las UP. Se compararon los datos de peso al nacimiento (PN) y ganancia diaria de peso (GDP). Se observaron aumentos de 13%, 16% y 12% en peso al destete (PD) y 15%, 16% y 13% en GDP para Hampshire, Dorset y Suffolk, respectivamente; en aquellos corderos nacidos de padres con datos de referencia con respecto a los de sementales usados en las UP. La IA es una herramienta útil que permite incrementar rendimientos productivos y propagar material genético sobresaliente.

Palabras clave: Unidades de producción, ovejas, sincronización, peso al nacimiento.

ABSTRACT

In order to increase the production of lambs in Hidalgo, México, an artificial insemination (AI) program was implemented in the year 2010 on more than 2000 sheep, where they interacted in a coordinate way at different levels of the production chain; institutions, field technicians, reproduction specialists, and financing institutions. In the program 97 Production Units (PU) participated with 2,267 sheep of the Hampshire, Dorset and Suffolk breeds, distributed in 16 municipalities of the state. The program results with the oestrus induction during non-reproductive season were 51%, 54% and 54% of pregnancy, and 99.2%, 97.8% and 96% of lambing with a prolificacy of 1.4%, 1.6% and 1.5% for the Hampshire, Dorset and Suffolk breeds, respectively. The percentage of ewes that presented a return to estrus was inseminated by natural mating with studs from the PUs. The data at birth weight (BW) and daily weight gain (DWG) were compared. Increases of 13%,

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 65-71.

Recibido: septiembre, 2014. **Aceptado:** diciembre, 2016.

16% and 12% of weight at weaning (WW) were observed, and 15%, 16% and 13% of DWG for Hampshire, Dorset and Suffolk, respectively; in lambs born from parents with reference data compared to those from studs used in the PUs. The AI is a useful tool that allows increasing productive yields and propagating outstanding genetic material.

Keywords: production units, sheep, synchronization, weight at birth.

INTRODUCCIÓN

A pesar que la producción ovina ocupa uno de los últimos lugares por su impacto económico en la industria pecuaria nacional, es reconocida como una actividad importante dentro del subsector ganadero, por el alto valor que representa al constituir un componente benéfico para la economía del productor de escasos recursos económicos debido a la demanda de sus productos, principalmente en barbacoa, en grandes ciudades, tales como la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Sin embargo, hoy día la producción ovina, en especial en lo referente a la oferta, sigue dependiendo en gran medida (33%) de la importación, tanto de animales en pie como en canal (Cuellar *et al.*, 2012). Aunado a lo anterior, la distribución geográfica de los ovinos en México es muy amplia (Figura 1), registrando el mayor inventario en el estado de México con 16% (1, 289,321 cabezas) seguido por el estado de Hidalgo (13%) con 1,055,678 cabezas de ovinos (SIAP, 2012). La problemática de la ovinocultura es compleja, dado que cuesta trabajo entender por qué si hay buen precio para todo lo derivado

del ovino, hay demanda insatisfecha y mercados potenciales. Es una actividad noble, generadora de empleos, y entonces surge la pregunta; ¿por qué cuesta tanto su crecimiento y expansión?. Se puede señalar que estos problemas son desde muchos años atrás y se destaca la poca eficiencia productiva de los rebaños. Un análisis de las cifras, indicaron que si la población estaba en el 2005 en 6.4 millones de animales y se sacrificaron 2.1 millones, sólo se sacrificó 32.8% de la población, mientras en otros países se rebasó el 50% (De Lucas y Arbiza, 2006).

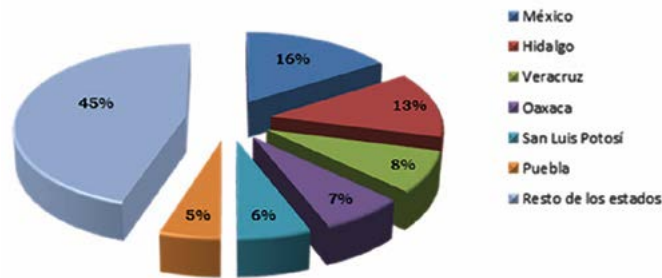


Figura 1. Participación estatal del rebaño ovino en México (SIAP, 2012).

El promedio de corderos por oveja al año a nivel nacional es de 0.56, sin embargo, en granjas con manejo empresarial, el valor puede llegar a 2.5. Dicho valor es bajo debido a los factores de desnutrición, parasitosis, aspectos genéticos, reproductivos, sanitarios, así como instalaciones inadecuadas que dan como consecuencia baja ganancia de peso, altos índices de mortalidad, llegando al 12% en ovejas y más del 50% en corderos lactantes (Oviedo y Hernández, 2002). Para abordar esta problemática e intentar disminuir las importaciones a través de un aumento de la producción, se hace necesaria la participación interdisciplinaria de técnicos, especialistas e instituciones, que en conjunto colaboren en la formación de profesionales que respondan al reto de la producción. El escaso nivel técnico que priva en la mayoría de los ganaderos, salvo excepciones, hace difícil la introducción de nuevas biotecnologías de la reproducción, sobre todo en pequeños rumiantes, ovinos y caprinos, especies en las cuales se aprecia un retraso tecnológico (Ramón, 2001). Una de las herramientas más utilizadas en la producción animal es la inseminación artificial (IA), la cual tiene su objetivo directamente en el mejoramiento genético de los rebaños, ya que facilita la disposición de individuos superiores en la producción, que de otra manera sería muy difícil tener acceso a ellos (De Lucas, 2012). Este método plantea el uso de sementales de comprobada superioridad productiva y de ser posible genética, ya que por medio de un eyaculado es posible engendrar varios corderos. Por lo tanto, el objetivo

del presente manuscrito fue validar la técnica de IA vía intrauterina por laparoscopia en ovejas de las razas Hampshire, Dorset y Suffolk de Unidades de Producción del estado de Hidalgo, México, para fomentar la diseminación de sementales de probada

superioridad productiva y la mejora genética del rebaño estatal.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estado de Hidalgo, México, desde 1995, se puso en marcha un programa de asistencia técnica especializada para atender 75,718 ovinos en 53 municipios del estado, planteando cubrir los objetivos siguientes (Plan Hidalgo, 2005): Inducir la adopción de tecnología pecuaria en las unidades de producción (UP) para llevarlas a un es-

trato superior; Promover la organización para la producción entre los productores; Establecer un vínculo entre el productor y las instituciones para la gestión de apoyos pecuarios; y mejorar el desempeño del personal de campo de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno del estado de Hidalgo aprovechando los recursos humanos responsabilizados para proporcionar capacitación y asistencia técnica pecuaria. Este programa consideró fundamental la capacitación a productores de ovinos, siendo posible la implementación de un programa de IA, cuando ya se tuvieran cubiertos aspectos básicos de nutrición, sanidad y manejo básico de los rebaños. Capacitación de los productores y participación de agentes e instituciones. Para el trabajo en campo se implementó un proceso de participación de diez Médicos Veterinarios Zootecnistas para dar asesoría técnica a los ovinocultores en diferentes municipios del estado, quienes convocaron a los productores que cumplieron los requisitos de los aspectos básicos de la producción de corderos. Posteriormente, los productores fueron

capacitados en el planteamiento del trabajo, en la explicación de los criterios de selección para participar en el proyecto y en los aspectos técnicos, tales como la inducción de calores con esponjas intravaginales, detección de celos en las ovejas y los cuidados necesarios posteriores



Figura 2. Sementales con valor genético donadores de semen para la IA.

a la IA. En paralelo a las capacitaciones, se usaron sementales de referencia del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Pachuca (De la Cruz *et al.*, 2003), machos con valores genéticos reportados en el documento "Pruebas de comportamiento en ovinos, una metodología para mejorar el rebaño" editado por INIFAP en el 2003, los cuales fueron usados como donadores de semen

(Figura 2). Por lo tanto, en el desarrollo del proyecto participaron varios agentes e instituciones:

Distribución de tratamientos

Un total de 97 unidades de producción (UP) participaron en el proyecto, con 2,267 ovejas de las razas Hampshire (1178), Dorset (264) y Suffolk (825), que son las de mayor importancia en la entidad, distribuidas en 16 municipios del estado (Figura 3A), y la Figura 3B muestra la distribución de los tratamientos por raza. Cabe mencionar que algunos de los productores fueron beneficiados con la raza Dorper; sin embargo, dichos datos no se incluyeron en este manuscrito por no contar en el proyecto con sementales con datos de referencia.

La raza que predominó en el proyecto fue la Hampshire, debido a que está muy relacionada con la preferencia de los productores en el estado para encastar sus ovejas con sementales de esta raza, por considerarla con mejor adaptación a las condiciones de producción y los corderos obtenidos muestran un desarrollo corporal rápido. Al igual,

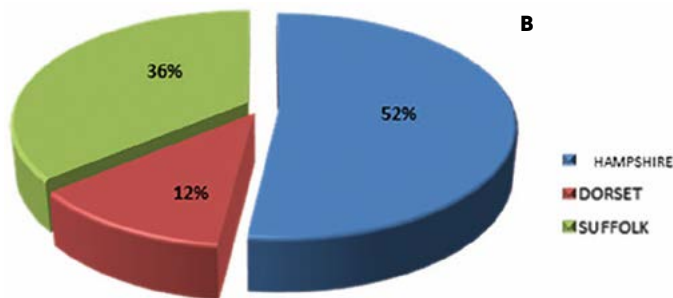


Figura 3. A: Ovejas seleccionadas para IA. B: Distribución de los tratamientos por raza.

se puede observar que la raza Suffolk fue también muy solicitada; lo que denota la preferencia de los productores a las razas terminales para la producción de carne. Un aspecto importante a indicar, es el nuevo interés hacia las razas con habilidad materna, pero sin descuidar las ganancias de peso en los corderos, tales como las razas Dorset y Dorper, que mejoran la habilidad materna, pero con buenas ganancias de peso.

Se seleccionaron aquellos rebaños que registraron condiciones adecuadas de instalaciones, alimentación y manejo general. Posteriormente, se seleccionaron ovejas entre dos y cuatro años de edad con ubre saludable (Figura 4), las cuales fueron evaluadas para diagnóstico de gestación con un ultrasonido de tiempo real modo B marca Sonovet 600® y un transductor abdominal de 3.5 Mhz, para garantizar que dichas hembras no estuvieran gestantes, además de verificar su alimentación, para mantener una condición corporal de 3, en una escala del 1 al 5 (Russel *et al.*, 1969).

Inducción de calores e inseminación artificial (IA)

El protocolo de inducción de calores tuvo una duración de 12 días. En el día 0, se aplicaron las esponjas intravaginales (Chronogest®, Intervet). En el día 10 se administraron 400 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG, Folligon®, Intervet) por vía intramuscular y en el día 12, se retiraron las esponjas. Al día siguiente del retiro de las esponjas, se detectaron calores con el uso de sementales marcadores, los cuales estaban provistos de un mandil para evitar la copula con las hembras. Doce horas previas a la IA, las ovejas no recibieron alimento ni agua para evitar una broncoaspiración y punciones accidentales en la vejiga urinaria e intestino. Las ovejas se colocaron en camillas pivotantes con un sistema para la sujeción del animal, las cuales permitieron inmovilizar a la oveja en decúbito dorsal y mantenerla inclinada en un ángulo de entre 40° y 45°, para ayudar al desplazamiento de las vísceras en sentido craneal. En la zona donde se colocaron los trocars, se realizó un rasurado de la lana, se lavó con agua y jabón, desinfectó con una solución de yodo al 5% y aplicaron 2 mL de un anestésico local (Lidocaína al 2%, Pisa Agropecuaria) vía subcutánea, aplicando 1 mL del lado izquierdo y 1 mL del lado derecho, aproximadamente de 3 a 5 cm de la parte anterior de la ubre. Previo a la IA y al preparado de las hembras, se realizó la recolecta y dilución del semen de los machos donadores destinados para IA (Figura 5A). La técnica de IA vía intrauterina por laparoscopia se realizó conforme lo descrito por McKelvey *et al.* (1985). La IA se realizó entre las 48 y 51 h posteriores al retiro de las esponjas, con semen fresco de 100×10^6 por dosis (Figura 5B). La inducción de calores y la IA fueron realizadas en la época no reproductiva (meses de abril a junio). Es importante mencionar que aque-



Figura 4. Hembras de la raza Hampshire destinadas a la IA.

llas ovejas que retornaron en celo o calor; que no quedaron gestantes con la IA, se les dio monta directa con sementales pertenecientes a cada productor (sementales comerciales), con la finalidad de gestar a todas las ovejas para parir en ese mismo año. Cuarenta y cinco días posteriores a la IA, se realizó el diagnóstico de gestación en todas las ovejas que fueron inseminadas (Figura 7), con el llenado simultáneo de todos los registros productivos de las mismas. Además, se establecieron fechas probables de parto y la aplicación de medicina preventiva con un toxoide contra *Manheimia hemolítica* (INIFAP) y aplicación de 1 mL de MuSe (Selenio, Schering-Plough Animal Health) por cada 50 kg de peso vivo y el inicio de una suplementación con concentrado (14% de proteína) que tuvieron disponible los productores a razón de 400 g hembra día⁻¹ y se mantuvo la suplementación hasta 30 días posteriores al parto.

Las variables respuesta fueron: **Gestación (%)**: La cantidad de ovejas diagnosticadas gestantes del total que iniciaron el tratamiento de inducción de calores; **Parición (%)**: La cantidad de ovejas paridas del total de las diagnosticadas gestantes; **Prolificidad**: número total de corderos nacidos con respecto al número total de ovejas paridas; **Peso al nacimiento (kg)**: Registro del peso al nacer de cada uno de los corderos; **Peso a los 60 días (kg)**: Es el peso que se registra de los corderos al cumplir 60 días de nacidos; y **Ganancia diaria de peso (g)**: el incremento de peso que se obtiene por día y se obtiene de la diferencia del

peso final menos el peso inicial de un periodo entre el número de días que comprende ese lapso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron diferencias en los resultados de gestación y parición entre las diferentes razas utilizadas. En general, se observó que con la aplicación de la IA durante la época no reproductiva, se obtuvo en promedio 53% de gestaciones y 97.6% de pariciones, del total de las hembras a las que se les aplicó el tratamiento de inducción de calores (Cuadro 1).



Figura 5. A: Recolecta de semen; B: IA vía intrauterina por laparoscopia.

Resultados en gestación similares son reportados por Ramírez-Molina *et al.* (2004) donde inseminaron con semen congelado ovejas de la raza pelibuey que se encontraban ciclando, con tasas de gestación de 50%, valor similar a lo obtenido en el presente trabajo. De igual manera, Mellisho *et al.* (2006) reportaron tasas de preñez del 68% en ovejas de la raza Blackbelly ciclando; estos datos muestran que a pesar de la gran variabilidad entre las diferentes UP, se obtuvieron resultados de gestación y parición muy similares a los obtenidos en estudios en condiciones controladas. Es poca la diferencia entre ovejas que llegaron al parto y las diagnosticadas gestantes, sin embargo, hay que considerar que dentro de las UP se tienen ovejas que pueden abortar o incluso morir, lo cual origina la diferencia en los valores de gestación y parición.

Para la variable prolificidad, se encontraron diferencias numéricas entre las tres razas (Figura 6), resaltando

ovejas de raza Dorset que tuvieron mayor índice de prolificidad. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre razas, el valor de 20% adicional en prolificidad, es muy importante en el desempeño de las diferentes UP, ya que implica mayor número de corderos nacidos y futuras ventas. Datos similares para prolificidad en ovejas pelibuey, son reportados por Macedo y Alvarado (2005), quienes evaluaron el comportamiento productivo dentro y fuera de la estación reproductiva en dos sistemas de producción, intensivos y extensivos, de tal manera que el índice de prolificidad observado fue del 1.55 fuera y 1.56 dentro de la época reproductiva. Para el caso de ovejas encastadas a la raza Suffolk, los datos obtenidos por Bonilla *et al.* (1993) mostraron que la prolificidad estuvo en el rango de 1.27 a 2.78 en la época reproductiva y con monta natural.

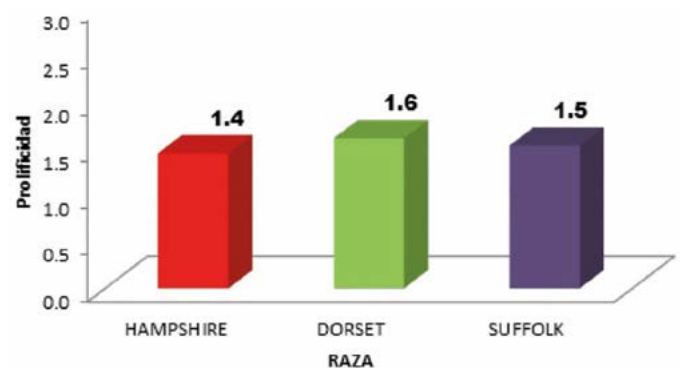


Figura 6. Índice de prolificidad por raza.

Cuadro 1. Porcentaje de gestación y parición de las razas Hampshire, Dorset y Suffolk.

Raza	Gestación (%) (ovejas gestantes/ ovejas inducidas)	Parición (%) (ovejas paridas/ ovejas gestantes)
Hampshire	51 (601/1178)	99.2 (596/601)
Dorset	54 (143/264)	97.8 (139/143)
Suffolk	54 (446/825)	96 (429/446)

Peso del nacimiento (PN) y al destete (PD) a los 60 días

Las diferencias entre pesos al nacimiento y el crecimiento hasta el destete a los 60 días (Figura 7) correspondieron a corderos nacidos de la raza Suffolk, seguido de Dorset y al final Hampshire, sin embargo, el número de ovejas en cada una de las razas fue diferente, lo que puede explicar que las ovejas de la raza Hampshire tengan mayor variabilidad genética y en consecuencia, los resultados de peso al nacimiento sean más bajos. En el caso de las otras dos razas, las ovejas estaban más definidas y con una menor variabilidad, encontrando incluso, que los corderos nacidos con los sementales de las UP, en la raza Suffolk presentaron mayor PN que los de la raza Dorset. Los PN son mayores en los corderos nacidos de padres con superioridad productiva, y la raza Dorset incrementó en 24% el peso al nacimiento con respecto a los comerciales. En el caso de las razas Hampshire y Suffolk, el PN solo incrementó entre 6% y 8%, respectivamente. Esta situación cambia con el peso a los 60 días, en donde las diferencias se hicieron más evidentes y los corderos nacidos de padre de referencia aumentaron desde 13%, 16% y 12% para Hampshire, Dorset y Suffolk, respectivamente. Es importante mencionar que, estas diferencias se manifestaron en animales dentro de las mismas UP, ya que los corderos nacidos de IA se compararon con los nacidos de sementales comerciales, por lo tanto, la alimentación y cuidados fueron los mismos, de tal manera que el incremento se debe únicamente al desempeño de cada individuo. Las comparaciones entre las ganancias diarias de peso (GDP) se observan en el

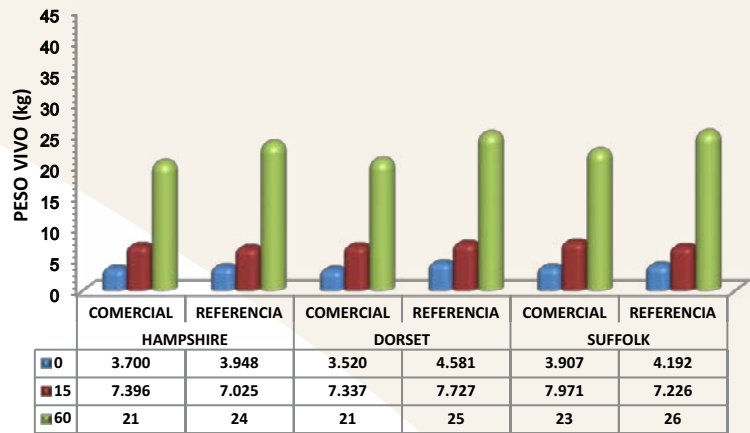


Figura 7. Pesos promedio de corderos de la raza Hampshire, Dorset y Suffolk.

Cuadro 2, comparando los corderos nacidos de sementales comerciales y de datos de referencia.

Los animales nacidos de padres con datos de referencia fueron 14.6% superiores en promedio respecto a los comerciales, siendo superiores (15%, 16% y 13% Hampshire, Dorset y Suffolk, respectivamente). Resultados similares fueron reportados por De la Cruz et al. (2003), quienes realizaron pruebas de comportamiento en las mismas tres razas en los años 2001, 2002 y 2003; reportando en promedio 345, 343 y 369 g animal día⁻¹ para Hampshire, Dorset y Suffolk, respectivamente. Sin embargo, la diferencia entre los dos resultados radica en que unos mantenían la alimentación controlada, como es el caso de la pruebas de comportamiento y el presente trabajo reportó las condiciones que predominan en las diferentes UP, con productores pequeños, en escala comercial.

CONCLUSIONES

La IA es un apoyo para hacer un uso más eficiente de los sementales de superioridad productiva y/o genética; en consecuencia, se pueden aumentar los rendimientos productivos de los rebaños a gran escala, y es necesario contar con la combinación de esfuerzos entre instituciones, técnicos y especialistas para poder obtener resultados satisfactorios con este tipo de programas. Los estudios en reproducción asistida deben estar íntimamente ligados con los de mejoramiento genético, de tal manera que los sementales usados en este tipo de programas deben estar evaluados para garantizar la transmisión de un potencial productivo sobresaliente respecto a lo obtenido de manera comercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de los(as) MVZ. Dante Josafet Hernández Rubio, Jorge Olmos García, Hassir Mejía Ángeles, Mayra Hernández Hernández, Manuel Aguilar

Cuadro 2. Ganancias diarias de peso (g) en corderos de la raza Hampshire, Dorset y Suffolk.

Raza	Corderos provenientes de sementales comerciales (g)	Corderos provenientes de sementales de referencia (g)
Hampshire	284	331
Dorset	294	347
Suffolk	313	357

Niño, Mario Escalante Zúñiga, Mario Antonio Martínez Loyo, José Ramírez Benítez y Adrián Hernández Lechuga; quiénes laboran en el programa de Asistencia Técnica Estatal (Hidalgo). De igual manera, agradecen el apoyo de la Fundación Produce Hidalgo y a los MVZ. Víctor Manuel Rubén López Reyes y Antonio Fuentes Nieva, quiénes están en la dirección de dicha instancia.

LITERATURA CITADA

- Bonilla A.L.M., Torres H.G., Rubio R.M. 1993. Fertilidad, prolificidad y sobrevivencia de crías en un rebaño comercial de ovinos Suffolk. Nota Informativa. Vet. Méx. 24(3):231-234.
- Cuellar O.J.A., Tortora P.J., Trejo G.A., Román R.P. 2012. La producción ovina mexicana. Particularidades y complejidades. Ed. FES-Cuautitlan UNAM, SAGARPA.
- De la Cruz. C.L., Romero S.F., Terán G.O., García G.G., Vega M.V. 2003. Pruebas de comportamiento en ovinos: Una metodología para mejorar el rebaño. INIFAP. Folleto técnico No. 1.
- De Lucas T.J. 2012. Alternativas biotecnológicas en la producción ovina. Memorias IV Congreso Internacional del Borrego, Pachuca Hidalgo.
- De Lucas T.J., Arbiza S.I. 2006. Situación y perspectivas, la producción de carne ovina en México. Bayvet; 21: 22-28.
- Macedo R., Alvarado A. 2005. Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. Arch. Zootec. 54: 51-62.
- McKelvey W.A.C., Robinson J.J., Aitken R.P., Henderson G. 1985. The evaluation of a laparoscopic insemination technique in ewes. Theriogenology. 24(5): 519-535.
- Mellisho E., Pinazo H.R., Chauca F.L., Cabrera V.P., Rivas P.V. 2006. Inseminación intrauterina vía laparoscópica de ovejas Black belly con semen congelado. Rev Inv Vet., 17 (2): 131-136.
- Oviedo F.G., Hernández V.C. 2002. Evaluación económica del rebaño ovino bajo un sistema de pradera irrigada. Memorias VII Curso Bases de la Cría Ovina; 2002; Toluca, México: AMTEO: 348-352.
- Plan Hidalgo. 2005. Gobierno del Estado de Hidalgo, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. En: Programa de Capacitación y Asistencia Técnica Pecuaria. 29 p.
- Ramírez-Molina A.J., Martínez-Rojero R.D., Mejía-Villanueva O., Soto-Camargo R. 2005. Modificación de la técnica de inseminación artificial intrauterina mediante laparoscopia en ovejas pelibuey. Agrociencia 39 (6): 589-593.
- Ramón U.J.P. 2001. Ovulación múltiple y Transferencia de embriones en los ovinos. Curso de Ovinotecnia, Pachuca Hidalgo.
- Russel A.J.F., Doney J.M., Gunn R.G. 1969. Subjective assessment of fat in live sheep. J. Agr. Sci., Cambridge, 72:451-454.
- SIAP. 2012. Resumen Pecuario por Estado-Región. SAGARPA, México.



PRODUCCION, CALIDAD Y DESARROLLO DE EMBRIONES EN OVEJAS PELIBUEY ALIMENTADAS CON *Clitoria ternatea* L., EN CONDICIONES TROPICALES

PRODUCTION, QUALITY AND DEVELOPMENT OF EMBRYOS IN PELIBUEY SHEEP FED WITH *Clitoria ternatea* UNDER TROPICAL CONDITIONS

Maza-Ramos, N.S.¹; Martínez-Tinajero, J.J.^{1*}; Izaguirre-Flores, F.¹; Aguirre-Medina, J.F.¹;
Ley de Coss, A.¹; Martínez-Priego, G.¹

¹Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, Sede Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas.

*Autor de correspondencia: jaimejorge@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la producción, calidad y desarrollo de embriones ovinos colectados durante la época no reproductiva en condiciones tropicales, fueron asignadas 12 ovejas a dos grupos: uno como control recibió un flushing con alimento comercial (T1; n=6) a razón de 1 kg diario por animal y un grupo experimental que recibió un flushing a base de *Clitoria ternatea* (T2; n=6). Los dos grupos recibieron una dieta base de heno picado de pasto Cubano CT-115 durante todo el experimento. Las variables de estudio fueron número de cuerpos lúteos, estado de desarrollo y calidad morfológica de embriones recolectados. Los resultados fueron analizados por la prueba no paramétrica de rangos de Wilcoxon. Todas las ovejas fueron sometidas al mismo protocolo de sincronización de estros utilizando esponjas intravaginales impregnadas con 65 mg de acetato de medroxiprogesterona (MPA) durante 11 días consecutivos y al mismo tratamiento superovulatorio con 200 mg de FSHp repartidos en ocho aplicaciones con dosis decrecientes a intervalos de 12 cada una y con la misma inducción a la ovulación con una inyección de 250 UI de Gonadotropina Coriónica equina (eCG) al retiro de las mismas. El número de cuerpos lúteos registrados fue de 79 ± 3.53 y 45 ± 4.94 para T1 y T2, respectivamente, existiendo diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos. El número de embriones encontrados fue de 45 ± 2.1 , 27 ± 2.1 para T1 y T2, con diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos. Los embriones transferibles en estado de mórulas compactas y blastocistos tempranos y expandidos fueron 50 ± 8.4 y 13 ± 2.12 para T1 y T2 respectivamente, existiendo diferencias ($P < 0.05$). Por el grado de calidad se registraron 26 y 11 embriones buenos para T1 y T2 respectivamente, existiendo diferencias ($P < 0.05$). Existió mejor respuesta ovárica en ovejas alimentadas con concentrado comercial comparadas con ovejas alimentadas con *Clitoria ternatea*, con clara influencia en la reproducción.

Palabras clave: Nutrición, reproducción, Poaceae, embriones.

ABSTRACT

With the objective of determining the production, quality and development of sheep embryos collected during the non-reproductive season under tropical conditions, 12 sheep were assigned to two groups: one as control received flushing with commercial feed (T1; n=6) at a rate of 1 kg daily per animal and an experimental group that received flushing based on *Clitoria ternatea* (T2; n=6). The two groups received a diet based on chopped Cuban CT-115 grass hay during the whole experiment. The variables of study were number of corpora lutea, state of development, and morphological quality of the embryos collected. The results were analyzed with Wilcoxon's non-parametric range test. All the sheep were

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 72-78.

Recibido: marzo, 2015. **Aceptado:** enero, 2017.

subjected to the same protocol for synchronization of estruses, using intravaginal sponges impregnated with 65 mg of medroxyprogesterone acetate (MPA) during 11 consecutive days, and at the same time with a superovulatory treatment of 200 mg of FSHp distributed into eight applications with decreasing doses at intervals of 12 each and with the same induction to ovulation with an injection of 250 UI of equine Chorionic Gonadotropin (eCG) at the moment of withdrawal. The number of corpora lutea recorded was 79 ± 3.53 and 45 ± 4.94 for T1 and T2, respectively, with statistical differences ($P < 0.05$) present between treatments. The number of embryos found was 45 ± 2.1 , 27 ± 2.1 for T1 and T2, with statistical differences ($P < 0.05$) between treatments. The transferable embryos in the state of compacted morula and early and expanded blastulas were 50 ± 8.4 and 13 ± 2.12 for T1 and T2 respectively, with differences present ($P < 0.05$). Because of the degree of quality, 26 and 11 good embryos were recorded for T1 and T2, respectively, with differences present ($P < 0.05$). There was a better ovary response in sheep fed with commercial meal compared to sheep fed with *Clitoria ternatea*, with a clear influence on reproduction.

Keywords: nutrition, reproduction, Poaceae, embryos.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales la alimentación de los rumiantes está basada en forrajes que tienden a ser sensibles a las variaciones estacionales. Lo anterior está significativamente relacionado con la producción de forrajes en la costa del estado de Chiapas, México, ya que en esta región se definen claramente las épocas de seca y de lluvias. En la primera, la renovación de las praderas es lenta y de mala calidad ya que los pastos se lignifican por lo que se disminuye el consumo de los animales. En este sentido, diferentes autores señalan que con la utilización de forrajes tropicales y sobre todo con gramíneas, difícilmente se cumplen los requerimientos de los animales principalmente durante el crecimiento y lactancia, obteniendo índices productivos y reproductivos bajos. Una forma de contrarrestar la falta de calidad de los pastos (Poaceae) es la suplementación a base de concentrados, que aumentan el costo, particularmente aquellos que poseen alto contenido proteínico; además de que biológicamente no es justificable su utilización en animales con capacidad para realizar un uso eficiente de los forrajes, haciéndose necesario establecer alternativas que permitan el aporte de nutrientes a bajo costo. Entre las alternativas viables se encuentran el uso de especies forrajeras de la familia Fabaceae, debido a que presentan un alto contenido proteico, lo que disminuye los costos de producción e incrementa la estabilidad del sistema, disminuyendo la dependencia externa de nitrógeno mediante la fijación biológica y juegan un papel importante en la conservación de los ecosistemas agrícolas.

Por otro lado, la TE es una herramienta de la Biotecnología que aumenta la productividad de las especies domésticas, difunde material genético de alto valor comercial, reduce riesgos en la transmisión de enfermedades y permite la conservación de aquellas especies en peligro de extinción. Sin embargo, su uso está limitado por la variabilidad en la respuesta al trata-

miento superovulatorio y de factores extrínsecos, como el origen y pureza de las hormonas utilizadas y del protocolo de administración e intrínsecos como la raza, edad, estado nutricional y reproductivo de la hembra.

Por lo que en el presente estudio se analizó el comportamiento reproductivo de ovejas Peli buey alimentado con *Clitoria ternatea*, y su efecto en la producción, calidad y desarrollo de embriones ovinos recolectados durante la época no reproductiva en condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en los terrenos del módulo lechero y la posta ovina de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas, en Huehuetán, Chiapas, México ($94^{\circ} 30' O$ y $15^{\circ} 30' N$), a 35 m, con clima cálido húmedo-tropical, precipitación media anual de 2200 mm y $26^{\circ} C$ de temperatura promedio (García, 1973; Gómez *et al.*, 2002). El suelo del área experimental se clasifica como fluvisoles eútricos con textura migajón-arenosa, pH de 6.2 y 2.5% de materia orgánica (García, 1973; Gómez *et al.*, 2002). Se preparó el terreno cercano al módulo lechero y sembró *Clitoria ternatea* tres meses previos al experimento de superovulación para la alimentación. Se analizó el contenido nutricional de una muestra representativa del cultivo de *C. ternatea* y el silo de la FCA en el Laboratorio del Instituto Tecnológico de Querétaro. En la parte experimental se trabajó con un lote de 12 ovejas raza Pelibuey multíparas, cruzadas de diferentes genotipos (a las cuales se les denominó donadoras) con un peso aproximado de 35 kg, sin



cría al pie y con un mínimo de 60 días postparto. Los animales fueron desparasitados con Albendazole al 4% y recibieron una dosis preventiva contra enfermedades clostridiales y respiratorias. Se construyeron dos corrales provisionales en el módulo lechero, y las ovejas se adaptaron al sitio experimental dos meses previos a la parte experimental. Las doce hembras se dividieron en dos tratamientos de seis hembras cada uno y se alimentaran con las siguientes dietas: **Tratamiento 1.** Silo de pasto Cubano CT 115 y 1 kg de concentrado comercial para cada oveja, sales minerales y agua *ad libitum* durante dos meses que duró el experimento. **Tratamiento 2.** Silo de pasto Cubano CT 115 y *C. ternatea*, agua y sales minerales *ad libitum* cada oveja en corrales durante dos meses que duró el experimento. El tratamiento de superovulación múltiple en los dos tratamientos de las ovejas Pelibuey tuvo duración de 23 días; donde el primer día cada oveja de ambos tratamientos se les introdujo una esponja intravaginal que contenía 60 mg acetato de medroxiprogesterona.

En el octavo día se cambiaron las esponjas de cada oveja de ambos tratamientos. A partir del día 13 al día 16 se les aplico a ambos tratamientos dosis decrecientes de Folltropin (día 13: 2.4 ml, 14: 1.8 ml, 15: 1.2 ml, 16: 1.00 ml) por la mañana (7:00 am) y tarde (18:00 pm). El día 15 a ambos tratamientos se les retiro las esponjas intravaginales y se le aplico 1 ml de eCG a las 18:00 pm para estimular en

forma directa el desarrollo folicular y la ovulación. El día 16 a las 18:00 horas a cada oveja donadora se le aplico 1 ml de eCG. El día 17-18 a las ovejas de ambos tratamientos se expusieron con semental de la misma raza para monta natural. El día 22 las ovejas se sometieron a ayuno de sólidos a las 8:00 am y a las 18:00 ayuno de sólidos y líquidos, ese mismo día a cada oveja se le rasuro el abdomen. El día 23 se realizaron cirugías para la recuperación de embriones de las ovejas de ambos tratamientos mediante laparotomía media supra umbilical donde se aplicó a cada oveja 10 minutos antes de la cirugía 0.5 ml de xilacina al 2% (intramuscular) y 0.1 ml de ketamina (intravenosa). La oveja se colocó en una camilla (cabeza hacia abajo) en un plano inclinado, se desinfectó la zona craneal a la ubre de cada oveja Pelibuey de T1 y T2 con solución yodada. Se realizó una laparotomía media con una incisión de 5 a 7 cm, y 3 cm por delante de la ubre. Se expusieron los cuernos uterinos y ovarios, para determinar la respuesta ovulatoria (número de cuerpos lúteos). A nivel de la unión útero tubárica se realizó la primera punción con un catéter número 14, se colocó la sonda Foley número 10 french y se suministró 3 ml de aire para fijar la sonda. En el extremo de cuerno se realizó la segunda punción con un catéter número 18 en la cual se inyectaron 25 ml de solución Hartmann, cada cuerno se lavó dos veces. Realizado el lavado, se suturaron los planos quirúrgicos, se aplicó a cada oveja una dosis de 8 mg de prostaglandina. A cada oveja donadora al terminar la cirugía se le aplico antibiótico durante cuatro días. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico con una lupa 10X se observaron y cuantificaron los embriones recolectados de cada ovario de las ovejas Pelibuey. Los embriones transferibles se clasificaron de acuerdo a su estado en dos categorías: 1.- Mórulas, 2.- Blastocisto; y los embriones recuperados se clasificaron de acuerdo a su calidad en: 1.- Buenos, 2.- Regulares, 3.- Malos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 expresa la cantidad promedio (kg) de biomasa fresca producida por metro cuadrado en el cultivo de *Clitoria ternatea* cosechada en época de secas mediante sistema de riego en condiciones tropicales equivalente a 1.99 y 0.045 (lo que corresponde al 22% de materia seca).

Estos resultados son inferiores a lo reportado por Villanueva *et al.* (2004), pues mencionan que se obtiene 3.3 t MS ha⁻¹ a 60 días de corte, cantidades que pueden diferir por diferentes causas, tales como el tiempo de recuperación del cultivo, en

Cuadro 1. Producción de biomasa (kg) por metro cuadrado de cultivo de *Clitoria ternatea* para alimentación de ovejas Pelibuey en condiciones tropicales.

<i>Clitoria ternatea</i>	Biomasa (MF m ² ⁻¹)	Biomasa (MS m ² ⁻¹)
1	2.03	0.06
2	1.16	0.03
3	2.99	0.04
4	2.57	0.03
5	2.3	0.05
6	2.37	0.04
7	0.87	0.05
8	2.15	0.05
9	2.23	0.04
10	1.23	0.06
Σ	19.90	0.45
̄x	1.99	0.045
± desviación estándar	0.68	0.01

MF: (materia fresca), MS: (materia seca).

este experimento era de 30 días; en este experimento no se inoculó la semilla con *Rizobium* para garantizar efectividad de simbiosis; se fertilizó con 17-17-17 de N-P-K y la fertilización recomendada es de 40N-50P-50P-20S después del control de malezas y cultivo. Los resultados en esta investigación entran en el rango que reporta Maldonado *et al.* (2012) sobre la descripción del cultivo de *Clitoria ternatea* Var. Tehuana con rendimientos de 3 a 19 t de materia seca al año en países tropicales, por lo tanto, al producir 5.4 toneladas de materia seca anual en el cultivo de *C. ternatea* utilizado en esta investigación hacen que el productor obtenga muy buenos rendimientos de biomasa para alimentar a cualquier especie de ganadería, minimizando gastos de concentrados comerciales proporcionando *C. ternatea* sola o complementado en dietas de animales. El análisis nutricional del Silo-UNACH (Cuadro 2) registró 2.69% de proteína, FDN de 70.06, y DMS de 49.88%; por lo anterior se observa que el contenido nutrimental era muy pobre, considerando que únicamente aportaba fibra para aumentar la rumia del animal y tal vez favorecer el paso de nutrientes al tracto digestivo para su absorción de los otros ingredientes de la dieta tanto. Lo anterior es diferente a lo registrado por Guerra *et al.* (2009) en su experimento denominado Caracterización químico-nutricional de forrajes leguminosos y gramíneas; en donde reportan que las gramíneas contienen un promedio de PB de 22.15% aunque reporta la FDN de 38.60%, similar a lo encontrado en el Silo-UNACH.

Al comparar el contenido nutritivo de Silo-UNACH con lo reportado en el pasto Cuba CT-115 a los 60 días de edad por Valenciaga *et al.* (2006) donde encontraron contenido de PC de hasta 12.63%, 74.10% de FDN, 36.16% de FDA y 11.54% de cenizas, resultados que le dan mejor contenido nutricional dando a este pasto una

Cuadro 2. Contenido nutrimental de Silo-UNACH FCA para alimentación de ovejas Pelibuey en condiciones tropicales.

Silo-UNACH	Promedio	DV	CV
MS	93.03	0.03	0.04
MO	88.43	2.38	2.69
Cenizas	11.57	2.38	20.58
Proteína	2.69	0.02	0.29
FDN	70.06	2.61	3.73
FDA	28.27	1.49	3.09
DMS	49.88	0.02	0.04

MS (materia seca %), MO (materia orgánica %), Cenizas (%), Proteína (%), FDN (Fibra Detergente Neutro/%), FDA (Fibra Detergente Acido/%).

Cuadro 3. Contenido nutricional de *Clitoria ternatea* en estado de crecimiento para alimentación de ovejas Pelibuey en condiciones tropicales.

<i>Clitoria ternatea</i> (T2)	Promedio	DV	CV
MS	92.19	0.05	0.05
MO	92.66	0.22	0.24
Cenizas	7.34	0.22	2.99
Proteína	22.94	0.07	0.86
FDN	37.07	0.86	2.32
FDA	48.30	0.02	0.07
DMS	80.29	1.59	1.98

MS (materia seca %), MO (materia orgánica %), Cenizas (%), Proteína (%), FDN (Fibra Detergente Neutro/%), FDA (Fibra Detergente Acido/%).

mejor calidad de forraje en la alimentación, contrario a el contenido de nutrientes en Silo-UNACH, en el cual se obtuvo un alto contenido de FDN y una moderada proporción de FDA por que provocaba menor digestibilidad del alimento, tal como lo señalan El-Hassan *et al.* (2000) donde dice que las altas concentraciones de FDN en forrajes se asocian a disminución del consumo y las altas de FDA a baja digestibilidad ruminal, por lo tanto, se atribuyó la baja calidad nutricional de Silo-UNACH a factores de elaboración, como el manejo de la altura de corte del pasto, pues el incremento del contenido de FDN y FDA se deben a los cambios fisiológicos y anatómicos que ocurren al envejecer la planta, lo que provoca la disminución de la proporción del contenido celular citoplasmático; se reduce el lumen celular con sus componentes solubles y se incrementan los fibrosos (Nogueira *et al.*, 2000)

Los resultados registrados en el Cuadro 4 muestran los valores de una muestra representativa del cultivo de *C. ternatea* analizada, que fue proporcionada dentro de la dieta del T2 en la cual se encontró 22.94% de Proteína, 7.34% de Cenizas, 37.07% de FDN, 80.29% DMS; por lo que se nota que el forraje proporcionaba a las ovejas Pelibuey del T2 tuvo un alto contenido de materia orgánica y proteína, bajo contenido de fibra y expresó alto contenido de digestibilidad, lo cual pudo dar al forraje una excelente calidad como lo menciona García *et al.* (2005) donde expresan que si los valores de FDN son bajos y el contenido proteico elevado como lo encontrado por este experimento, se debe a que el forraje presenta menor cantidad de la pared celular por lo tanto proporciona al animal una buen contenido nutricional. Los resultados obtenidos en la

presente investigación concuerdan con lo mencionado por Maldonado et al. (2012) en su estudio donde describen el cultivo de *C. ternatea* var. Tehuana, reportando que esta leguminosa forrajera a los 42 días de corte su contenido de proteína varia de 23.65% a 18.71%, de 42.39% a 54.21% de FDN, 68.8% de nutrientes digestibles totales (NDT).

Aunque al comparar los resultados del contenido nutricional de *C. ternatea* con lo reportado por Barro y Ribeiro (1983) sobre *C. ternatea* se encontraron resultados similares con contenido de proteína de 23.64%, cenizas 8.97%, 42.39% de FDN, 37.59 de FDA. Por lo tanto, su contenido nutricional le da excelente calidad forrajera para utilizarse en la alimentación animal pues proporcionan proteínas aun en etapa de formación de semilla, su bajo contenido de FDN hacen que el buen consumo por animal a pesar de *Clitoria* muestra gran cantidad de material verde mucho de este componente es tallo, poco seleccionado por los rumiantes; sin embargo, su contenido de FDA hace que los valores de digestibilidad sean altos por lo que el animal obtiene y asimila nutrientes que se ve reflejado en ganancia de peso, reproducción, producción de carne y leche.

Cuadro 4. Contenido nutricional de un alimento concentrado para ovejas.

Concentrado Comercial T1	Contenido Nutricional
Proteínas	Min. 14.5%
Cenizas	Max. 5.0%
Grasa	Min. 2.7%
Fibra cruda	Max. 2.0%
Humedad	Max. 12%
E. L. N.	Min. 62.8%

Min (mínimo valor contenido de nutriente en el alimento) Max (máximo valor contenido de nutriente en el alimento).

El Cuadro 4 expresan los resultados que proporcionó el concentrado comercial suministrado a las ovejas Pelibuey en el T1, en el que se puede ver que tiene como contenido mínimo de proteínas 14.5%, 5% de Cenizas, 2.7% de grasa, 2% de Fibra Cruda por lo que este alimento proporciona a las ovejas un alto contenido de nutrientes que pueden ser más asimilables y por lo consiguiente proveer a el animal nutrientes para obtener optima producción y mantenimiento de rumiantes; aunque hoy en día se busca minimizar los costos de los insumos y mantener o elevar la productividad ganadera como lo mencionado por Castillo et al. (2007) que los altos costos de los alimentos concentrados obligan a buscar nuevos insumos que no pueden ser utilizados por los humanos pero que los animales pueden transformar en proteínas comestibles.

Las ovejas fueron pesadas al inicio y durante del experimento, en el cual se observó una ganancia mensual de entre 14 y 10 kg en el T1 y T2 respectivamente (Cuadro 5), correspondiente a un promedio mensual por oveja de entre 2.8 y 2 kg de peso el T1 y T2 respectivamente. Con la alimento concentrado comercial se obtienen mejores ganancias de peso comparada con la alimentación con banco de proteínas como la *C. ternatea*, aunque una vez establecido el banco de leguminosa, los costos son más accesibles para el ganadero pues se obtiene en una hectárea 19.9 t de forraje verde por lo tanto es posible alimentar 1658 ovejas con 1.2 kg al día como fue manejado en este experimento. Además de que se podría dar una ración más alta de la leguminosa *Clitoria ternatea* en la dieta del animal, pues en este experimento tan

Cuadro 5. Ganancia de peso (kg) en ovejas Pelibuey en condiciones tropicales alimentadas con concentrado comercial (T1) y *Clitoria ternatea* (T2).

Variable	Peso T1	Peso T2
Promedio ±DE	14±1.91	10±1.41
Mes	2.80	2.00
Semana	0.70	0.50
Diario	0.10	0.07

solo proporcionamos 1 200 g de forraje a cada oveja y un complemento a su dieta (Silo-UNACH) el cual proporcionaba un alto contenido de fibra al animal que en este experimento fue probado para favorecer la rumia como lo anotan López et al. (2011) en experimentos donde comprobaron que altos niveles de FDN en dietas proteico-energéticas; el proceso de rumia y masticación reduce el tamaño de partícula, con ello la acción de los microorganismos e incremento de biomasa por lo tanto este factor influyo de manera benéfica para favorecer la ganancia de peso de las ovejas pues al proporcionar a las ovejas en su dieta Silo-UNACH de alto contenido de FDN, se aumentó la capacidad degradativa y absorción de nutrientes del pasto y dieta complementaria.

La respuesta ovárica de las ovejas Pelibuey de los dos tratamientos alimenticios (T1 y T2); en T1 se obtuvieron en promedio 42 y 37 cuerpos lúteos en el ovario derecho e izquierdo respectivamente y en T2 las ovejas respondieron a la formación promedio de 19 cuerpos lúteos en el ovario derecho y 26 cuerpos lúteos en el ovario izquierdo; obteniendo un total de 79 y 45 cuerpos lúteos en T1 y T2 respectivamente, observando mejor respuesta ovárica al tratamiento superovulatorio en las ovejas alimentadas con la dieta a base de concentrado comercial que con la dieta a base de *C. ternatea*.

Los resultados de T1 son similares a los encontrados por Herrera *et al.* (2008), quienes encontraron 14.73 y 10.73 cuerpos lúteos al superovular ovejas de la raza Pelibuey con una dieta a base de pasto y concentrado comparado con otra dieta adicionando aceite de maíz aunque difieren con 50% a los resultados en el T2 en el que se obtuvo menor respuesta ovulatoria. En cuanto al número de embriones recolectados en los dos tratamientos; el total de embriones en T1 fue de 45 promedio de embriones; en el ovario derecho un total de 24 embriones y ovario izquierdo 21 embriones; en T2 se recolectaron 21 embriones; 12 embriones en los ovarios derecho y 15 en los ovarios izquierdo de un promedio por oveja cercano a 8 embriones en el T1 y en T2 un promedio de casi 5 embriones por oveja; por lo tanto en el T1 se obtuvo una mejor respuesta con una diferencia de 3 embriones promedio más por oveja que en T2. Comparando 4.5 promedio por oveja de embriones transferibles del T2. Lo anterior es semejante a lo registrado por Heredia *et al.* (1996) en ovejas Pelibuey tratadas con 25 mg de FSH, quienes encontraron promedios de 5.9 embriones transferibles, e inferiores a lo encontrado por Aké *et al.* (2003) quienes también en ovejas Pelibuey recuperaron 6.28 embriones transferibles y Smith (1984) reporta en un trabajo con ovejas cruzadas un promedio de 8.44 embriones transferibles. El total de embriones recuperados de las ovejas donadoras del tratamiento T1 fueron 45 de 79 cuerpos lúteos encontrados (lo que correspondió a 57% de recuperación), superior a los embriones recuperados en el T2 donde se obtuvieron 27 embriones de 45 cuerpos lúteos formados (60% de recuperación de embriones); estos resultados pueden deberse a lo mencionado por Rodríguez *et al.* (2004) y Mani *et al.* (1994) en el que atribuyen el efecto de la alimentación en la respuesta reproductiva y tasa ovulatoria en cabras; a diferencia con lo reportado por Martínez *et al.* (1995) quienes en su experimento analizan que la actividad ovárica no es influenciada por deficiencias nutricionales sino que es influenciada por otras causas como el fotoperiodo. Aunque este experimento se realizó en la época no reproductiva (marzo-junio) de las ovejas según lo mencionado por Arrollo (2011) en su investigación, existió mejor respuesta en

Cuadro 6. Respuesta ovárica de ovejas Pelibuey alimentadas con un concentrado comercial y *Clitoria ternatea* bajo condiciones de trópico húmedo de México.

Variable	Concentrado (n=6)	<i>C. ternatea</i> (n=6)
Cuerpos lúteos		
Ovario derecho	42	19
Ovario izquierdo	37	26
Total	79±3.54	45±7.07
Promedio por oveja	13.16	7.50
Número de embriones		
Ovario derecho	24	12
Ovario izquierdo	21	15
Total	45±2.12	27±2.12
Promedio por oveja	7.50	4.5

el T1 que en el T2, por lo que se puede sugerir el efecto a la alimentación (Cuadro 7).

El total de embriones recuperados de 12 ovejas donadoras fue 72 de 124 cuerpos lúteos encontrados (58% porcentaje de recuperación). Estos consistieron de acuerdo a su calidad y desarrollo en 63 (87.5%) embriones transferibles y 9 (12.5%) de embriones no transferibles. De los transferibles,

39 fueron mórulas y 24 blastocistos. Comparando los dos tratamientos obtuvimos 33 embriones transferibles en T1 de los cuales 31 clasificados en estado de Mórula (promedio por oveja de 5.1) y 19 en estado de Blastocistos (promedio por oveja de 3.1) resultados superiores al T2 donde se recuperó 15 embriones transferibles de los cuales ocho clasificados en estado de Mórula (promedio de 1.3 por oveja) y cinco en estado Blastocistos (promedio de 0.83 por oveja). Comparando los dos tratamientos en cuanto a calidad de los embriones se clasificaron en 50 como buenos (37 embriones) y regulares (13 embriones) en el T1, superior a los embriones transferibles a el T2 donde se clasificaron 11 embriones transferibles en calidad

bueno y dos embriones transferibles con calidad de regular; aunque de los embriones recuperados en el T2, el 68.4 % fueron de calidad transferible y para el T1 el 94% embriones transferibles, por lo tanto, se sugiere que a pesar que en T2 se obtuvo menor respuesta, las ovejas respondieron

Cuadro 7. Estado y calidad de embriones recolectados en ovejas Pelibuey alimentadas con un concentrado comercial (T1) y *Clitoria ternatea* (T2) en condiciones tropicales.

Desarrollo	Concentrado (n=6)	<i>C. ternatea</i> (n=6)
Mórulas	31	8
Blastocistos	19	15
Total	50	13
Calidad		
Buenos	37	11
Regulares	13	2
Malos	3	6

favorablemente tanto a la alimentación como al tratamiento superovulatorio como lo señala Lackey *et al.* (1999), quien menciona que cuando el ovulo se desarrolla y madura en un ambiente endocrino adecuado, se favorece la ovulación y fertilización, dando lugar a un mayor número de embriones que pueden ser recolectados de hembras superovuladas.

CONCLUSIONES

C. ternatea mostró ser un forraje de corte de excelente producción de biomasa y contenido nutrimental que proporciona buenas características para ser utilizado como alimento para las ovejas Pelibuey. Se cumplió con el objetivo planteado realizándose un análisis de la respuesta ovulatoria, número, calidad y desarrollo de embriones transferibles donde se obtuvieron mejores resultados en el T1, comparado con el T2. Aunque en el T2 se obtuvo baja respuesta ovulatoria, número, calidad y desarrollo de embriones transferibles; *C. ternatea* por sus características nutricionales demostró ser buen forraje, por lo que al aumentarse sus proporciones en la dieta del ganado se pueden aumentar las ganancias nutricionales y minimizar los concentrados comerciales por lo tanto los costos de producción.

LITERATURA CITADA

- Aké J.R., Heredia A.M., Alfaro G.M., Centurión C.F., Rojas R.O. 2003. Efecto de la hormona en la respuesta superovulatoria y de la sincronía del estro en el porcentaje de gestación de ovejas Pelibuey. *Veterinaria México* [en línea], 34 (julio-septiembre): [Fecha de consulta: 28 de enero de 2014], disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42334301> ISSN: 0301-5092.
- Arroyo J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and subtropical agroecosystems*. [en línea], 14 (septiembre-diciembre): [Fecha de consulta: 24 de enero de 2014], disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93921493001>.
- Barro C., Ribeiro A. 1983. The study of *Clitoria ternatea* L. Hay as a forage alternative in tropical countries. Evolution of the chemical composition at four different growth stage. *J. Sci. Food Agri.* 34: 780-782.
- Castillo R.S.P., Aguilar R.J.M., Lucero M.F.A., Martínez G.J.C. 2007. Sustitución de alimento comercial por excretas en la dieta de conejos en crecimiento. *Avances en investigación Agropecuaria* [en línea], 11 (enero-abril): [Fecha de consulta: 9 de febrero de 2014], disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83711105> ISSN: 0188-7890.
- El-Hassan S.M., Kassi A.L., Newbold C.J., Wallace R.J. 2000. Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. *Anim. Feed Sci. And Technol.* 86: 27-37.
- García E. 1973. Modificaciones del sistema de clasificación de Koopen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. México.
- García D.E., Medina M.G., Soca M., Montejó I.L. 2005. Toxicidad de leguminosas forrajeras en la alimentación de los animales monogástricos. *Pastos y Forrajes*, 28(4): 279-289.
- Gómez C.H., Tewolde M.A., Nahed T.J. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 10(3): 175-183.
- Guerra D., Espinosa J., Palacios A., González D., Rodríguez F., Trujillo A. 2009. Componentes de (co) varianza de los días abiertos en bovinos Santa Gertrudis. *Téc. Pecu. Méx.* 47(2): 145-155.
- Heredia A., Menéndez T.M., Velázquez M.A. 1996. Factores que influyen en la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. *Memorias In: Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Tamaulipas, México.* 115 pp.
- Herrera C.J., Aké J.R., Ku V.J.C., Williams G.L., Quintal F.J.A. 2008. Respuesta ovulatoria, estado de desarrollo y calidad de embriones de ovejas Pelibuey superovuladas y suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados. *Técnica Pecuaria México* [En línea], 46 (abril-junio). [Fecha de consulta: 8 de febrero de 2014]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61346201> ISSN: 0040-1889.
- Lackey R.B. Gray L.L.S., Henricks M.D. 1999. Physiological basis for use of insulin-like growth factors in reproductive applications: A review. *Theriogenology*, 53: 1147-1156.
- López J.R., Delgado D., González R.S., Domínguez M. 2011. Efecto de la suplementación proteico-energética en la degradabilidad ruminal *in situ* de la FDN y MO del pasto estrella (*Cynodon nfluensis*) en bucerros *Bubalus bubalis*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* [En línea] 45 (sin mes): [Fecha de consulta: 28 de enero de 2014]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022270010> ISSN: 0034-7485.
- Maldonado M.J.J., Romero S.F., Basurto G.R., Ku V.J. 2012. Establecimiento de sorgo RB cañero asociado con frijol terciopelo; pasto Mulato y leguminosas en el Istmo de Oaxaca. *INIFAP-SAGARPA. Folleto para productores Núm. 21, ISBN: 978-607-425988-9.*
- Mani A.U., Watson E.D., McKelvey W. 1994. The effects of subnutrition before and embryo transfer on pregnancy rate and embryo survival in does. *Theriogenology*. 41: 1673-1678.
- Martínez R.R.D., Zarco Q.L., Cruz L.C., Gutiérrez R.I. 1995. La estacionalidad de la actividad ovárica en la oveja Pelibuey es independiente de variaciones en el peso o condición corporal de los animales. *Memorias VIII Congreso Nacional de Producción Ovina. Estado de México. México.* 131-134 pp.
- Nogueira F.J.C.M., Fondevila M., Barrios U.A., González R.M. 2000. *In vitro* microvial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stages. *Anim. Feed Sci. And Technol.* 83: 145-147.
- Rodríguez Castillo J.C., Pro Martínez A., Becerril Pérez C.M. 2004. Respuesta reproductiva y tasa ovulatoria en cabras Boer x Nubia en diferentes épocas del año. 29(8): 468-472. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442004000800013&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844.
- Smith F.M. 1984. Symposium: Ovarian function; Recent advances in *corpus luteum* physiology. *J. Dairy Sci.* 69: 911 (Abstract).
- Valenciaga D., Chongo B., Oramas A. 2006. Efecto del tiempo de reposo en la degradabilidad ruminal *in situ* del complejo lignocelulósico y la producción de gas *in vitro* del Clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum* sp.). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40(1): 71-85.
- Villanueva A., Bonilla Cárdenas J.F., Rubio Ceja J.A., Vidal Bustamante J., Guerrero J.J. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc. Pec. Méx.* 42 (enero-abril): [fecha de consulta: 19 de junio de 2011] Disponible en: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61342107>> ISSN 0040-1889.

¿CUANTOS KILOGRAMOS DE PESO SON NECESARIOS PARA CAMBIAR LA CONDICIÓN CORPORAL EN OVEJAS PELIBUEY?

HOW MANY KILOGRAMS OF WEIGHT ARE NECESSARY TO CHANGE THE BODY CONDITIONS OF PELIBUEY EWES?

Montes de Oca de la Cruz, F.¹, Piñeiro-Vázquez, A.T.², Velázquez Martínez, J.R.¹, Mendoza-González, A.^{1,3}, Aguilar-Caballero, A.J.², Piña-Gutiérrez, J.M.³, Chay-Canul, A.J.^{1,3*}

¹Division Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carr. Villahermosa-Teapa, km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carr. Mérida-Xmatkuil km 15.5, Apdo. 4-116 Itzimná, CP 97100, Mérida, Yucatán, México. Tel. +52 (999) 942 3200; ext. 23 Fax +52 (999) 942 3205.

*Autor de correspondencia: aljuch@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó la relación entre el peso vivo (PV) y condición corporal (CC) en ovejas Pelibuey en el trópico. Los pesos y la CC fueron medidos y evaluados en ovejas no gestantes y no lactantes (n=303). La relación entre el PV y la CC se estimó mediante modelos de regresión. El coeficiente de correlación entre el PV y la CC fue de 0.78 y la ecuación de regresión tuvo un coeficiente de determinación de 0.62. Un cambio en la CC correspondió a 6.90 kg de peso vivo en una escala de 1 a 5 en ovejas Pelibuey no gestantes y no lactantes, equivalente a 15% de su peso vivo adulto reportadas para la raza.

Palabras clave: reservas corporales, cambios de peso vivo, peso vivo maduro.

ABSTRACT

The relationship between live weight (LW) and body condition (BC) in Pelibuey sheep in the tropics was evaluated. The weights and BC were measured and evaluated in non-gestating and non-lactating sheep (n=303). The relationship between the LW and the BC was estimated through regression models. The correlation coefficient between the LW and the BC was 0.78 and the regression equation had a coefficient of determination of 0.62. A change in the BC corresponded to 6.90 kg of live weight in a scale of 1 to 5 in non-gestating and non-lactating Pelibuey sheep, equivalent to 15 % of their adult live weight reported for the breed.

Keywords: body reserves, changes in live weight, mature live weight.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes métodos para estimar las reservas de grasa corporal en los animales domésticos, pero algunas sólo se puede utilizar bajo condiciones controladas; sin embargo, en la práctica, el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) son los preferidos (Chay-Canul *et al.*, 2011a). La CC puede ser una técnica útil para el manejo del rebaño, con la ventaja de que no es necesario una báscula para su determinación en contraste con el PV (Chay-Canul *et al.*, 2011b). Algunos autores han informado que para poder hacer uso de la CC como un método para el seguimiento de las reservas corporales, es necesario conocer la relación entre la CC y el PV (Cannas y Boe, 2003; Chay-Canul *et al.*, 2011a). Además, los cambios en la CC están altamente correlacionados con cambios en los depósitos de grasa omental, mesentérica y pélvico renal (Russel *et al.*, 1969; Caldeira y Portugal, 2007; Kenyon *et al.*, 2014). La CC es también una manera subjetiva para evaluar el estado nutricional de un rebaño y actúa como un indicador potencial a los propietarios para aumentar la eficiencia de la producción de su rebaño (Sejian *et al.*, 2010; Koyuncu y Altınçekiç, 2013). También, mediante el monitoreo de los cambios de masa corporal controlando así la alimentación y utilizar más eficazmente

los recursos alimenticios (Koyuncu y Altınçekiç, 2013). Se ha informado de que al evaluar la CC, los productores pueden asignar sus animales en grupos de alimentación más homogéneos. Pero es necesario para los productores y los investigadores conocer el peso requerido para cambiar la CC (Tennant *et al.*, 2002; Chay-Canul *et al.*, 2011a). Diferentes autores han informado que la ganancia en peso corporal tiene un costo energético y, por tanto, una ganancia en la CC también y que varía dependiendo del estado fisiológico del animal y su CC actual (CSIRO, 2007; Chay-Canul *et al.*, 2011a; Kenyon *et al.*, 2014); por lo tanto, el conocimiento de la relación PV/CC es importante para determinar la cantidad de energía adicional (MJ de EM o EN) sobre los requerimientos energéticos necesarios para aumentar una unidad de CC en los animales (CSIRO, 2007; Chay-Canul *et al.*, 2011a; Kenyon *et al.*, 2014). Anteriormente, Chay-Canul *et al.* (2011a) evaluaron esta relación, sin embargo, este estudio fue limitado y sólo incluía datos animales con CC de 1 a 3.5. Por lo tanto, es necesario aumentar la base de datos en condiciones de campo y realizar otros análisis para mejorar la predicción de los modelos. Por esa razón, se evaluó la relación entre el peso corporal y la condición corporal en ovejas Pelibuey no gestantes y no lactantes bajo condiciones de trópico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los pesos y la CC fueron medidos y evaluados en 303 ovejas Pelibuey no gestantes y no lactantes. La CC fue determinada de acuerdo a la escala del 1 a 5, donde 1 corresponde a un animal muy flaco y 5 a un animal obeso (Russel *et al.*, 1969). Las ovejas fueron seleccionadas de la granja comercial "El Rodeo" (17° 84 N, 92° 81 O; 10 m de altitud) a 14 km de la carretera Villahermosa-Jalapa, Tabasco, México; y una temperatura media anual de 28.2 °C, y precipitación media anual de 2299.5 mm (CONAGUA, 2016). Las ovejas estuvieron en confinamiento en corrales grupales dentro de una construcción techada con piso de cemento y sin paredes. La dieta ofrecida consistió en 66% de forraje y 34% concentrado, con un estimado de energía metabolizable (EM) de 12 MJ kg⁻¹ de materia seca y 10% de proteína cruda (AFRC, 1993). Los ingredientes de la dieta fueron maíz (*Zea mays* L.), pasta de soya (*Glycine max*), heno de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), vitaminas y minerales. Las relaciones entre el PV y la CC fueron estimados por medio de modelos regresión utilizando el PROC REG del SAS (SAS Ver. 9.00, 2002), y los coeficientes de correlación entre las variables por medio del PROC CORR del SAS (SAS Ver. 9.00, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios (±DE), máximos y mínimos para el PV y la CC se muestran en el Cuadro 1, donde el coeficiente de correlación (r) entre el PV y la CC fue de 0.78 y la ecuación de regresión tuvo un coeficiente de determinación (R²) de 0.62 e indicó que para cada unidad de cambio en la CC corresponden aproximadamente 6.90 kg de peso corporal (Figura 1). Algunos autores han reportado que el peso requerido varía de 2.4 a 16 kg por unidad de cambio en la CC en diferentes razas (Canas y Boe, 2007; Chay-Canul *et al.*, 2011a; Kenyon *et al.*, 2014). Adicionalmente, se ha reportado que la raza y el contenido del tracto gastrointestinal pueden influir en la relación PV/CC (Caldeira y Portugal, 2007). También hay pruebas que indican que la relación entre el PV y la CC varía entre sexos, estado fisiológica y la edad. Kenyon *et al.* (2014) reportan que la magnitud del PV requerido por unidad de CC también puede ser influenciada por diferencias en cuanto al tamaño del cuerpo, conformación corporal, peso vivo maduro y distribución de la grasa en el cuerpo. Tennant *et al.* (2002) reportaron que en vacas Angus, el PV fue influenciado por la CC, resultados similares fueron encontrados en el estudio actual. La mayoría de los estudios, como el presente sugieren una relación lineal entre el PV y la CC; varios autores han informado que el cambio por el cambio de PV por unidad de CC puede calcularse por medio de ecuaciones de regresión lineal (Ferrell y Jenkins, 1996; Cannas y Boe, 2003; Chay-Canul *et al.* 2011a; Kenyon *et al.* 2014). La relación PV/CC encontrada en el presente es-

Cuadro 1. Peso vivo (kg), condición corporal y los valores mínimos y máximos de ovejas Pelibuey no gestantes y no lactantes.

Variables	N	Promedio±DE	Máximo	Mínimo
PV	303	44.71±9.98	5.00	1.00
CC	303	3.18±1.12	75.00	26.30

PV: Peso vivo; CC: Condición corporal; DE: desviación estándar

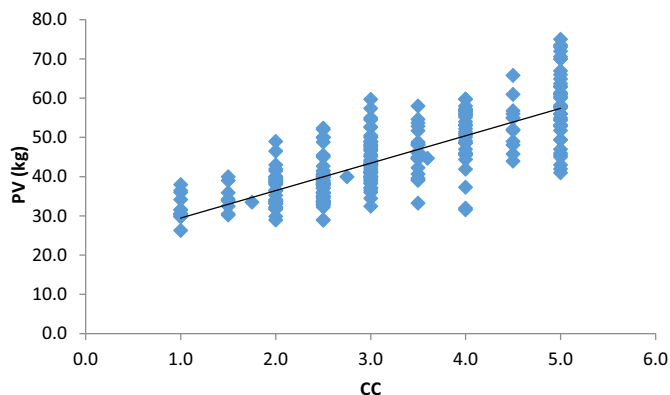


Figura 1. Relación entre el PV y la CC en ovejas Pelibuey. La ecuación PV=22.47 (±1.06)+6.90 (±0.32)×CC (R²=0.62, CME=37.98, DER=6.16, y n=303).

tudio es inferior a los reportados por Teixeira *et al.* (1989) y Russel *et al.* (1969) en ovejas Rasa Aragonesa y Scottish Blackface (11.3 y 10.6 kg, respectivamente). Sanson *et al.* (1993) informaron de que la regresión del PV y CC tuvo un coeficiente de correlación de 0.89 y una la PV requerido por cambio en la CC fue de 5.1 kg en una escala de 1-9. Chay-Canul *et al.* (2011) encontraron que las R^2 de las ecuaciones de regresión entre el PV y la CC variaron de 0.31 a 0.95. Asimismo, Ptáček *et al.* (2014) en su estudio, encontraron que las diferencias de PV entre las CC variaron de 5.85 a 9,54 kg. También, Senseler *et al.* (2011) informaron de que los coeficientes de regresión las ecuaciones entre el PV y la CC fueron 6.96 kg, 6,77 kg, 7.074 kg en la etapa de cría, parto y destete, respectivamente en las razas ovinas autóctonas. Además, Chay-Canul *et al.* (2011a) estimó que la relación entre el PV y la CC en ovejas Pelibuey (5.8 kg) correspondió a 13% del PV maduro (PVM, 45 kg) reportado para la raza, lo que es similar a lo encontrado por Zygyiannis *et al.* (1997) en razas de ovejas griegas con diferentes PVM (11-13%) y Frutos *et al.* (1997) en la raza churra (13% PVM). En el presente estudio, la relación PV/CC fue de 6.90 kg, lo que representa el 15% del PVM de la raza Pelibuey. Además, este porcentaje es similar a la utilizada por el CSIRO (2007) donde se informó que la relación entre PV y CC puede ser calculada como el 15% de del PVM (0.15 PVM para cada raza).

El presente estudio es importante, debido a que existe poca información en razas ovinas de pelo en el trópico, especialmente en ovejas Pelibuey. Sin embargo, debido a la cantidad de datos utilizados en el presente estudio es necesaria más investigación para estimar un valor más preciso y validar la ecuación obtenida en el estudio actual.

CONCLUSIONES

El cambio de peso vivo necesario para cambiar una unidad en la condición corporal (escala de 1 a 5) en ovejas Pelibuey no gestantes y no lactantes, es de 6.90 kg, equivalente a 14,6% de su peso vivo adulto reportadas para la raza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. José Manuel Piña Gutiérrez por facilitar las instalaciones del rancho "El Rodeo".

LITERATURA CITADA

- AFRC. 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants, Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK, 159 pp.
- Caldeira R.M., Portugal A.V. 2007. Relationships of body composition and fat partition with body condition score in Serra da Estrela ewes. *Asian-Australasian Journal of Anima Science*. 20: 1108-1114.
- Cannas A., Boe F. 2003. Prediction of the relationship between body weight and body condition score in sheep. *Italian Journal of Animal Science*. 2: 527-529.
- Cannas A., Tedeschi L.O., Fox D.G., Pell A.N., Van Soest, P.J. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *Journal of Animal Science*. 82: 149-169.
- Chay-Canul A.J., Ayala-Burgos A.J., Kú-Vera J.C., Magaña-Monforte J.G., Ferrell C.L. 2011a. Metabolizable energy intake and changes in body weight and body condition of Pelibuey ewes fed three levels of roughage diets under tropical conditions. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 777-786.
- Chay-Canul A.J., Ayala-Burgos, A.J., Kú-Vera J.C., Magaña-Monforte J.G., Tedeschi L.O. 2011b. The effects of metabolizable energy intake on body fat depots of adult Pelibuey ewes fed roughage diets under tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*. 43: 929-936.
- CSIRO. 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Collingwood, VIC, 270 pp.
- Duarte-Vera F.C., Sandoval-Castro A., Sarmiento-Franco L.A., Tedeschi L.O., Santos-Ricalde R. 2012. Energy and protein requirements of growing Pelibuey sheep under tropical conditions estimated from a literature database analyses. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15: 97-103.
- Ferrell C.L., Jenkins T.G. 1996. Relationships between body condition score and empty body weight, water, fat, protein, and energy percentages in mature beef cows of diverse breeds. *Journal of Animal Science*. 74: 245 (Abstr).
- Frutos P., Mantecon A.R., Giraldez F.J. 1997. Relationship of body condition score and live weight with body composition in mature Churra ewes. *Journal of Animal Science*. 64: 447-452.
- Kenyon P.R., Maloney S.K., Blache D. 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 57: 38-64.
- Koyuncu M., Altınçekiç S.O. 2013. Importance of body condition score in dairy goats. *Macedonian Journal of Animal Science*. 3: 167-173.
- Ptáček M., Ducháček J., Stádník L., Beran J. 2014⁹. Mutual relationships among body condition score, live weight, and back tissue development in meat sheep. *Acta Veterinaria Brno*. 83: 341-346.
- Russel A.J.F., Doney J.M., Gunn R.G. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agriculture Science*. 72: 451-454.
- Sanson D, West T.R., Tatman W.R., Riley M.L., Judkins B.M., Moss G.E. 1993. Relationship of body composition of mature ewes with condition score and body weight. *Journal of Animal Science*. 71: 1112-1116.
- SAS. 2002. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00, Cary, NC27512-8000. USA.
- Sejian A., Maurya V.P., Naqvi S.M.K., Kumar D., Joshi A. 2010. Effect of Induced Body Condition Score Differences on Physiological Response, Productive and Reproductive Performance of Malpura Ewes Kept in a Hot, Semi-Arid Environment. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*. 94: 154-161.
- Sezenler T., Özder, M., Yıldırım M., Ceyhan A., Yüksel M.A. 2011. The relationship between body weight and body condition score some indigenous sheep breeds in Turkey. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 21: 443-447.
- Teixeira A., Delfa R., Colomer-Roche F. 1989. Relationships between fat depots and body condition score or tail fatness in the Rasa Aragonesa breed. *Animal Production*. 49: 275-280.
- Tennant C.J., Spitzer J.C., Bridges W.C., Hampton J.H. 2002. Weight necessary to change body condition scores in Angus cows. *Journal of Animal Science*. 80: 2031-2035.
- Zygyiannis D., Stamataris C., Friggens N.G., Doney J.M., Emmans G.C. 1997. Estimation of the mature weight of three breeds of Greek sheep using condition scoring corrected for the age. *Animal Science*. 64: 147-153.

EVALUACIÓN DE UN DILUTOR ELABORADO CON JUGO DE *Opuntia* sp., EN LA CRIOCONSERVACIÓN DE SEMEN DE BOVINO

EVALUATION OF A DILUTOR ELABORATED WITH *Opuntia* sp. JUICE IN THE CRYOPRESERVATION OF BOVINE SEMEN

Vergara-Soto, S.¹; Germán-Alarcón, C.G.¹; Sosa-Pérez, G.²; Cortez-Romero, C.³; Gallegos-Sánchez, J.²; Ruiz-Vera, V.M.³; Cadena-Villegas, S.^{1*}

¹Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco. Texcoco Estado de México. Km 38.5. C.P. 56230. ²Colegio de Postgraduados, Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Campus Montecillo, carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, 56230, Estado de México. ³Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Agustín de Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, 78622, S.L.P. Tel. y Fax: + (496) 96 302 40.

*Autor de correspondencia: scadena@colpos.mx

RESUMEN

Se elaboró un dilutor con jugo de tuna (*Opuntia* sp.) para diluir y criopreservar semen de bovino, y para su evaluación se comparó con dos dilutores comerciales: Triladyl® y BoviPRO®. Se utilizaron tres toros adultos de raza Holstein, a los cuales se les recolectó semen con vagina artificial. Los eyaculados se mezclaron para formar un "pool", donde se evaluó movilidad masal, concentración espermática, morfología y porcentaje de espermatozoides vivos del semen fresco. Posteriormente, se dividió en tres fracciones, las cuales se diluyeron con los diferentes extensores para su congelación en vapores de nitrógeno. Las variables evaluadas fueron porcentaje de espermatozoides vivos e integridad de membrana, las cuales se analizaron por el procedimiento GLM. Se encontró diferencia ($p < 0.05$) en la variable de espermatozoides vivos para el tratamiento jugo de tuna ($19.6 \pm 1.18\%$), respecto a los tratamientos Triladyl® ($46.4 \pm 1.08\%$) y BoviPRO® ($46.6 \pm 1.18\%$). Para la variable integridad de membrana, se obtuvo diferencia del jugo de tuna ($17.26 \pm 0.98\%$) respecto a BoviPRO® ($46.68 \pm 1.15\%$) y Triladyl® ($38.28 \pm 1.34\%$). Se concluye que el extensor de jugo de tuna es buena opción para la criopreservación de semen de bovino, sin embargo, es necesario seguir investigando sus cualidades para mejorar las características del semen criopreservado.

Palabras clave: Preservación, movilidad espermática, integridad de membrana, acrosoma.

ABSTRACT

A dilutor was elaborated with prickly pear (*Opuntia* sp.) juice to dilute and cryopreserve bovine semen, and to evaluate it, was compared with two commercial dilutors: Triladyl® and BoviPRO®. Three Holstein adult bulls were used, from which semen was collected with an artificial vagina. The ejaculates were mixed to form a "pool", where bulk mobility, sperm concentration, morphology and percentage of live spermatozoa were evaluated from fresh semen. Later, it was divided into three fractions, which were diluted with the different extensors for their freezing in nitrogen vapors. The variables evaluated were percentage of live spermatozoa and integrity of the membrane, which were analyzed through the GLM procedure. A difference was found ($p < 0.05$) in the variable of live spermatozoa for the treatment with prickly pear juice ($19.6 \pm 1.18\%$), compared to the treatments with Triladyl® ($46.4 \pm 1.08\%$) and BoviPRO® ($46.6 \pm 1.18\%$). For the variable membrane integrity, a difference was obtained from the prickly pear juice ($17.26 \pm 0.98\%$) with regards to BoviPRO® ($46.68 \pm 1.15\%$) and Triladyl® ($38.28 \pm 1.34\%$). It is concluded that the prickly pear juice extensor is a good option

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero, 2017. pp: 82-86.

Recibido: octubre, 2016. **Aceptado:** diciembre, 2016.

for the cryopreservation of bovine semen; however, it is necessary to continue studying its qualities to improve the characteristics of the cryopreserved semen.

Keywords: preservation, sperm mobility, membrane integrity, acrosome.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de fisiología de la reproducción en la granja experimental del Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en Texcoco, México (19° 29' 34" N y 98° 52' 10" O). El clima es templado, con lluvias en verano, poca oscilación de la temperatura y presenta una precipitación anual de 618.5 mm y temperatura media anual de 16.4 °C que corresponde a la fórmula climática C (w0) (w) b (i') g (García, 2004). Se utilizaron tres sementales bovinos de la raza Holstein, los cuales se alimentaron con una ración de ensilado de maíz (60%), alfalfa verde (30%), mezclados con alimento balanceado (10%) con el 16% de PC, ofreciendo 32 kg animal día⁻¹. Los animales se desparasitaron con Ivermectina, con una dosis subcutánea de 0.200 mg⁻¹ kg de PV⁻¹, por única vez.

El semen fue recolectado mediante vagina artificial, posteriormente los tubos recolectores se pusieron en baño maría a 37 °C, evaluando movilidad y volumen del semen obtenido. Después, se mezclaron cuatro mL de semen de cada animal en un solo tubo recolector de semen, obteniendo un pool de 12 mL y se colocó en baño María. Al pool, se le evaluó la movilidad, morfología, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática. En seguida, el pool fue dividido en tres fracciones iguales para ser diluido con Triladyl[®], jugo de tuna y BoviPRO[®], de acuerdo a las proporciones siguientes: Triladyl (20% producto comercial —triladyl[®]—, 20% yema de huevo y 60% agua destilada; BoviPRO (20% producto comercial —BoviPRO[®]—, 20% yema de huevo y 60% agua destilada, adi-

INTRODUCCIÓN

La conservación de semen es un procedimiento que permite mantener vivo el material genético valioso por periodos prolongados, hasta su uso por medio de la inseminación artificial (IA). Los primeros intentos involucraron periodos cortos entre la recolección y su deposición en el tracto reproductor de la hembra, ya que los espermatozoides solo tenían una sobrevivencia limitada fuera del tracto reproductivo a temperaturas ambiente (Salomon y Maxwell, 1995). Con base en lo anterior, los trabajos para conservar semen consideran que, los espermatozoides son muy susceptibles a bajas temperaturas, las cuales provocan cambios en la estructura y función celular relacionada con el choque térmico, incluyendo cambios en el acrosoma, mitocondrias y membrana celular; funciones importantes para las sobrevivencia y funcionalidad, después de la descongelación (Ollero *et al.*, 1998). Con el tiempo, se han desarrollado gran variedad de dilutores, diluyentes o extensores para semen que utilizan yema de huevo, leche y lecitina de soya (*Glycine max*), con la finalidad de evitar los daños causados durante el proceso de congelación (Moradi *et al.*, 2013). De igual forma, existen comercialmente diversos dilutores, los cuales han probado su eficiencia en la conservación de semen, sin embargo, la gran mayoría de estos productos son importados, lo cual hace que su precio sea elevado. Actualmente, se han desarrollado diversos dilutores alternativos, los cuales usan frutas o jaleas naturales como aporte de los elementos necesarios para el mantenimiento de los espermatozoides en el proceso de conservación. Se han reportado en diferentes especies, el uso de dilutores no convencionales para conservar semen, como en el caso de la sábila (*Aloe vera*), como Rodríguez *et al.* (1988), quienes reportaron el uso de gel en la conservación de semen de carnero. Posteriormente, Ferreira (1993) utilizó el agua de coco (*Coccus nucifera*) en la conservación de semen de caprinos. Recientemente, Moradi *et al.* (2013) reportaron el uso de jalea real en la conservación de semen de carnero. Sin embargo, en la especie bovina, no se ha reportado el uso de este tipo de extensores para la conservación de semen, utilizando generalmente productos comerciales. Para la elaboración de dilutores no convencionales, se utilizan frutas o jaleas que contengan un alto contenido de azúcares que permitan el aporte de nutrientes para el espermatozoide. En este sentido, la tuna (*Opuntia ficus indica*) en su composición química presenta altos contenidos de azúcares de bajo peso molecular, tales como glucosa y fructosa, que conforman 53% de sus carbohidratos, además, presenta niveles elevados de vitamina C que favorece una función antioxidante (Sumaya *et al.*, 2010) y un pH cercano a 6 hasta su madurez (Sáenz, 2006). Por lo anterior y, considerando las propiedades químicas de la tuna, el objetivo del presente estudio fue evaluar el uso de un extensor con jugo de tuna para la dilución y crioconservación de semen de bovino.

cionalmente, la combinación de antibióticos propios del producto y, Jugo de Tuna (76.5% de jugo de tuna, 3.5% de glicerol, 10% de solución de citrato de sodio al 2% y 10% de yema de huevo). Posteriormente, el semen fue diluido en los extensores preparados y envasados manualmente en pajillas de 0.25 mL (IMV® Technologies), se utilizó alcohol poli-vinílico en el sellado. Inmediatamente, las pajillas fueron congeladas por la técnica de vapores de nitrógeno, las pajillas congeladas se pasaron a gobelets y bastones previamente identificados, de acuerdo a cada tratamiento y se conservaron en un termo criogénico (MVE®).

Descongelamiento y evaluación del semen

Las pajillas se descongelaron en un termo descongelador atemperado a 37 °C durante 45 segundos. Para cada pajilla, se evaluó el porcentaje de espermatozoides vivos e integridad de membrana. En el caso del porcentaje de espermatozoides vivos, se obtuvo realizando una tinción supravital con eosina-nigrosina, donde los espermatozoides muertos se tiñeron de rojo y los vivos no presentaron tinción (Hafez, 2002). Se realizó un frotis mezclando 20 µL de semen con 80 µL del colorante, se extendió en el portaobjetos y se fijó al fuego. Posteriormente, se observó al microscopio a 100x (LEICA DM 1000). Se contaron 100 células y el resultado se expresó en porcentaje. La integridad de membrana se determinó por medio de la prueba hiposmótica de acuerdo con lo descrito por Nunes (2001). Se utilizó una solución hiposmótica (100 mOsm) de citrato de sodio al 1%, la cual se mezcló en tubos Eppendorf® con capacidad de 2 mL, en una proporción de 10 µL de semen puro con 100 µL de la solución, se dejó reposar por 5 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se mezcló con una solución de formol al 2% (BL-1), en una proporción de 1:10, en donde se adicionaron 10 µL de la mezcla de semen con solución endosmótica con 100 µL de BL-1, se fijó como frotis en

un porta objetos y se observó con el objetivo de 40x en un microscopio óptico de contraste de fases. Se contaron 100 espermatozoides, de los cuales, se registraron aquellos que mostraron algún tipo de reacción. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM con el paquete estadístico SAS (9.1). Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias. El diseño experimental fue un completamente al azar, donde la variable independiente fue tratamiento, para este caso, los dilutores Triladyl®, BoviPRO® y jugo de tuna. Las variables respuesta fueron porcentaje de espermatozoides con

integridad de membrana o prueba hiposmótica, y porcentaje de espermatozoides vivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las variables movilidad, concentra-

ción espermática, morfología y porcentaje de espermatozoides vivos de los pool de semen en fresco, se muestran en el Cuadro 1.

En la evaluación post-descongelación del semen, se encontró diferencia significativa entre los dilutores. Para la variable porcentaje de espermatozoides vivos, el dilutor con jugo de tuna fue el más bajo (p<0.05) con respecto a Triladyl® y Bovi PRO®, no encontrando diferencias entre estos últimos (Cuadro 2). Estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por

Ramónez (2013), quién empleando Triladyl® como dilutor para congelar semen de bovino, reportó 51.8% de espermatozoides vivos. En otro estudio, utilizando Tryladil®, Galarza (2013) reportó una cifra similar con 51.73% de espermatozoides vivos poste-

rior al descongelamiento. Otros autores que evaluaron movilidad de semen de bovino post-descongelamiento con Triladyl®, reportaron valores más bajos que los autores citados antes con 31.9% (Carballo, 2005), 35.5±3.7% (Peralta, 2006), 41.8±4.1% (Stradaoli et. al., 2007) y 37% (Cruz, 2014).

Cuadro 1. Características del semen fresco que conformo los pools utilizados en el experimento.

Características de semen utilizado para congelar			
Variable	Pool 1	Pool 2	Promedio
Movilidad masal (%)	95.00	95.00	95.00
Concentración (millones/mL)	576×10 ⁶	700×10 ⁶	638×10 ⁶
Espermatozoides normales (%)	91.00	95.00	93.00
Espermatozoides Vivos (%)	89.00	97.00	93.00

Cuadro 2. Porcentaje de espermatozoides vivos e integridad de membrana de semen congelado con tres extensores diferentes: Triladyl®, jugo de tuna y BoviPRO®.

Variable	N	Espermatozoides vivos (%)	Integridad de membrana (%)
Triladyl ®	100	46.40±1.08 ^a	38.28±1.34 ^a
Jugo de tuna	100	19.60±0.84 ^b	17.28±0.98 ^b
BoviPRO®	100	46.68±1.18 ^a	46.68±1.15 ^a

*Medias con diferente literal entre columnas son diferentes (p<0.05).

Durante el proceso de congelación-descongelación ocurre pérdida de espermatozoides viables, de entre 50% y 60% de los iniciales, aun en los mejores sistemas de congelación (Evans y Maxwell, 1990; Galina y Valencia, 2008; Chacur *et al.*, 2012). Para el caso del dilutor de jugo de tuna, que obtuvo el más bajo porcentaje de vivos, indica que el daño en los espermatozoides es alto, por lo que es necesario mejorar las cualidades del extensor para tener una mayor sobrevivencia de espermatozoides post-descongelación. En el proceso de crio preservación, la formación de cristales de hielo pudo afectar los resultados obtenidos con jugo de tuna, aún después de adicionar 3.5% de glicerol como crio protector, que cumple la función de reducir la cantidad de agua intracelular necesaria para mantener el volumen celular, la interacción con iones y macromoléculas, y disminuir el punto de congelación del agua (Medeiros *et al.*, 2002). De acuerdo a lo revisado por Salamon y Maxwell (1995), algunos autores señalan que la concentración de glicerol va desde 2% a 10%, sin embargo, la cantidad de glicerol depende de los constituyentes del diluyente, velocidad de congelación y descongelación, y forma de envasado, pero el factor determinante es la especie a congelar el semen (Salamon y Maxwell, 1995; Holt, 2000; Watson, 2000). Por lo tanto, es importante hacer pruebas con diferentes concentraciones de glicerol para tratar de mejorar la sobrevivencia espermática en semen de bovino, utilizando jugo de tuna. Probablemente, la concentración de glicerol utilizada en el tratamiento con jugo de tuna fue baja, lo cual favoreció una inadecuada deshidratación celular con

la velocidad de congelación aplicada en el presente estudio, permitiendo la formación de cristales de hielo y, en consecuencia, los daños en la integridad de membrana y viabilidad (Medeiros *et al.*, 2002). Celeghini (2005) y Carpio (2015), señalan que se debe establecer un equilibrio entre la velocidad de congelamiento adecuada que permita la deshidratación celular que evite la formación de cristales de hielo intracelular, y la máxima cantidad que no presente efectos tóxicos para las mismas.

En el caso de la integridad de membrana o prueba hiposmótica, se obtuvo un valor bajo ($p < 0.05$) para el jugo de tuna, respecto a Triladyl® y BoviPRO® (Cuadro 2). Otros investigadores, como Rubio *et al.* (2009) encontraron $50.82 \pm 3.90\%$ de integridad de membrana en semen de bovino congelado con Tryladil®. Para esta prueba en semen de bovino post-descongelado, se han reportado resultados que van desde 43% hasta 56% de integridad de membrana (Rubio y Quintero, 2008). De igual manera, Grossmann y Santaló (1991) señalan que la membrana plasmática es la estructura que sufre mayor daño en los procesos de criopreservación, debido a la pérdida de fluidez de sus componentes lipídicos, ya que en la membrana plasmática, ocurre una transición de los fosfolípidos de una fase líquida a una fase de gel, en donde se distribuyen aleatoriamente produciendo una estructura rígida, lo cual, vuelve a la membrana débil y susceptible a rupturas, fusiones y permeable a los iones (Holt, 2000; Medeiros *et al.*, 2002). El resultado poco favorable en el tratamiento con jugo de tuna, pudo deberse a que el dilutor no proporcionó una adecuada crio protección de la

membrana. Tal vez, la baja concentración de glicerol, pudo permitir la formación intracelular de cristales de hielo, al no deshidratar de forma adecuada la célula, lo cual ocasionó los daños observados en integridad de membrana.

CONCLUSIONES

El dilutor elaborado con jugo de tuna presentó los valores más bajos para las variables porcentaje de espermatozoides vivos e integridad de membrana, comparado con los dilutores comerciales (Tryladil® y BoviPRO®), lo que indica daño en los espermatozoides crio preservados. Por lo tanto, es necesario seguir trabajando en el dilutor con jugo de tuna, ya que las variables evaluadas en el semen descongelado, presentaron valores inferiores a los obtenidos con dilutores comerciales.

LITERATURA CITADA

- Carballo, G.D.M. 2005. Comparación de dos diluyentes para criopreservar semen de bovino bajo condiciones de campo húmedo. Tesis Profesional. Facultad de medicina y veterinaria, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 42 p.
- Carpio C.S. 2015. Evaluación de dos diluyentes para la criopreservación de semen bovino: yema de huevo vs leche descremada. Tesis Profesional. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. 83 p.
- Celeghini E.C. 2005. Efeitos da criopreservação do sêmen bovino sobre as membrana plasmática, acrossomal e mitocondrial e estrutura da cromatina dos espermatozoides utilizando sondas fluorescentes. Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria e Zootecnia, Universidad de Sao Paulo. Brasil. 178 p.
- Chacur M.M.G., Sanches D.H.; Ozaman P.F., Alves L. B., Mlicarelli C.M., Papa P. 2012. Efeito de meios diluentes na viabilidade de sêmen congelado bovino. Veterinária e Zootecnia, 19: 346-355.

- Cruz S.D. 2014. Estudio comparativo de 3 diluyentes (TRIS, Citrato de sodio y Triladyl) en el procesamiento de semen bovino. Tesis profesional. Division de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 67 p.
- Evans G., Maxwell W.M. 1990. Salamon's artificial insemination of sheep and goats. Butterworths. Wisconsin-Madison. U.S.A. 192 p.
- Ferreira N.J. 1993. El agua de coco como dilutor del semen caprino. Revista científica FCV-LUZ 3(3):269-272.
- Galarza D.A. 2013. Eficacia de dos diluyentes:TRIS+Lecitina de soya (AndroMed) y Tris+yema de huevo (Triladyl), en la crioconservacion de seme de toro de la raza jersey en Cuenca, Ecuador. Tesis Profesional. Universidad de Cuenca, Facultad de ciencias Agropecuarias. Cuenca, Ecuador. 93 p.
- Galina C., Valencia J. 2008. Reproducción de animales domésticos (3ª ed). Editorial Limusa. México, D.F. 569 p.
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificacion climatica de Köppen. ISBN-UNAM. México, D.F. 90 p.
- Grossmann M., Santalo J. 1991. Aspectes teorics de la congelacio de gametes i d'embrions. Treballs de la Societat Catalana de Biologia, 42: 87-108.
- Hafez E. 2002. Reproduccion e inseminacion Artificial en animales (7ª ed.). (G. Féher de la Torre, y E. Olvera Martínez, Tráds.) . Editorial McGraw-Hill Interamericana. México, D.F. P 287-297.
- Holt W. 2000. Basic aspects of frozen storage of semen. Animal Reproduction Science, 62: 3-22.
- Medeiros C.M.; Forell F., Oliveira A.T., Rodrigues J.L. 2002. Curret status of sperm cryopreservaton: Why isn't it better? Theriogenology. 57: 327-344.
- Moradi A.R., Malekinejad H., Farrokhi-Ardabili F., Bernousi I. 2013. Royal Jelly improves the sperm parameters of ram semen during liquid storage and serves as an antioxidant source. Small Ruminant Research 113:346-352.
- Ferreira N.J. 2001. Procesamiento de semen. En memorias del curso de biotecnologías de la reproducción ovina; inseminación artificial. Pachuca, Hidalgo.
- Ollero M., Perez-Pe R., Muiño-Blanco T., Cebrian-Perez J.A.1998. Improvement of ram sperm cryopreservation protocols assessed by sperm quality parameters and heterogeneity analysis. Cryobiology 37: 1-12.
- Peralta T.J.A. 2006. Efecto de la velocidad del descenso de la temperatura sobre movilidad postdescongelado del semen bovino. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 32 p.
- Ramónez,C.J. 2013. Evaluacion de dos agentes crioprotectores no permeables y un diluyente comercial (Triladyl) en congelacion de semen bovino. Tesis Profesional. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 89 p.
- Rodríguez H., Baldassarre J., Simonetti F., Aste F., Ruttle J.L. 1988. Cervical versus intrauterine insemination of ewe using fresh or frozen semen dilates with *Aloe Vera* gel. Theriogenology 30(5):843-54.
- Rubio G.J., Quintero A.M. 2008. Uso de las pruebas de resistencia osmótica para valorar la funcionalidad espermática en toros. En: C. González Stangnaro, N. Madrid Bury, y E. Soto Belloso, Desarrollo sostenible de la ganadería doble propósito (pág. 617). Editorial Astro Data S.A. Zulia, Venezuela.
- Rubio G., Quintero J.M.A.A., González, V.D. M. 2009. Efecto de la criopreservación sobre la integridad de la membrana plasmática y acrosomal de espermatozoides de toros. Revista Científica, 19: 382-389.
- Sáenz C. 2006. Utilización Agroindustrial del nopal. Boletín 162 de servicios agrícolas de la FAO. Roma. 97 p.
- Salamon S., Maxwell W.M. 1995. Frozen storage of ram semen I. Processing, freezing, thawing and fertility after cervical insemination. Animal Reproduction Science. 37: 185-249.
- Stradaoli G., Noro T., Sylla L., M. Monaci. 2007. Decrease in glutation (GSH) content in bovine sperm after cryopreservation: comparison between two extenders. Theriogenology. 67: 1249-1255.
- Sumaya M.M., Suárez D.T., Cruz C.N., Aláís G.E., Sampedro J. 2010. Innovación de productos de alto valor agregado a partir de la tuna mexicana. Revista Mexicana de Agronegocios, 27: 435-441.
- Watson P.F. 2000. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. Animal Reproduction Science. 60-61: 481-492.