



Agraria

Vol. 12, núm. 2, mayo-agosto, 2015 • ISSN 0186 8063



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro, vol. 12, núm. 2, mayo-agosto, 2015.

Centéotl, deidad azteca de la agricultura, es una advocación de Chicomecóatl, diosa del maíz. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en su afán de rescatar los valores del pasado histórico de México, la ha adoptado como logotipo de su revista científica, como símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces culturales.

COMITÉ EDITORIAL

Editor en Jefe

Miguel A. Capó Arteaga

Editor Ejecutivo

Jesús Valdés Reyna

Editor Asociado

Víctor Manuel López González

EDITORES TÉCNICOS

Fitomejoramiento, Unidad Laguna

José Puente Manríquez

Riego y drenaje

Raúl Rodríguez García

Producción animal

Jesús M. Fuentes Rodríguez

Redacción científica en inglés

Érika Patricia Carrizales Ruiz

Edición

Delirio. Servicios Editoriales



Diseño y formación

Leticia Hernández

Cuidado de la edición

Anastasia Rodríguez

Portada: Cabras estabuladas de la raza Saanen.

Fotografía: Shutterstock

Agraria está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México.

<http://www.uaaan.mx/agraria/>

E-mail: agraria_ne@uaaan.mx

Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación.

Se autoriza la reproducción de artículos si se cita la fuente.

Agraria, vol. 12, núm. 2, mayo-agosto, 2015, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de la Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. <http://www.uaaan.mx/agraria/> E-mail: agraria_ne@uaaan.mx Tels. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax: +52 (844) 411 02 11. Editor responsable: Víctor Manuel López González. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título (en trámite); ISSN 0186-8063, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título: en trámite. Certificado de Licitud de Contenido: en trámite, que otorga la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en Digital Color: Arteaga Norte núm. 225, zona centro, C.P. 25000, Saltillo, Coah. Tel. +52 (844) 481 58 42. Este volumen se terminó de imprimir en mayo de 2015, y consta de 200 ejemplares.



CONTENIDO

PÁGINA

47

Prevalencia de parásitos gastrointestinales en cabras lecheras, alimentadas con forraje hidropónico de triticale
Prevalence of gastrointestinal parasites in dairy goats fed with hydroponic forage triticale

José Luis Rivera-Bautista, Fernando Ruiz-Zárata, Armando Jacinto Aguilar-Caballero, Ramiro López-Trujillo, Roberto García-Elizondo, Ramón Florencio García-Castillo

55

Los machos cabríos sexualmente activos y vasectomizados estimulan y mantienen la ciclicidad sexual de cabras en anestro estacional
Sexually active vasectomized bucks stimulate and maintain sexual cyclicity in the seasonally anestrus goats

Rodrigo Manuel Aroña, Gonzalo Fitz-Rodríguez, Horacio Hernández, José Alfredo Flores, Jesús Vielma, Gerardo Duarte, Ilda Graciela Fernández, José Alberto Delgadillo

61

Impacto de tres frecuencias de riego sobre el comportamiento del tomate desarrollado en sustratos orgánicos
Impact of three irrigation frequencies on the behavior of tomato developed in organic substrates

Alejandro Moreno-Reséndez, José Luis Reyes-Carrillo, Norma Rodríguez-Dimas, Cleiver Antonio Rodríguez-Escandón, César Márquez-Quiroz, Rosario Moncayo-Luján

71

Efecto de anticuerpo de yema de huevo y núcleo proteico en dietas para cerdos en iniciación
Effect of egg yolk antibody and protein nucleotides in diets for growing pigs

Enrique Mejía-Onofre, Ramón Florencio García-Castillo, Roberto García-Elizondo, Juan David Hernández-Bustamante, Jaime Salinas-Chavira

79

Respuesta reproductiva de las cabras anéstricas sometidas al efecto macho utilizando machos de alta y baja jerarquía
Reproductive response of anestrus goats by the male effect using males of high and low hierarchy

Laura Maribel Cedillo-Ramírez, José Alfredo Flores-Cabrera

Prevalencia de parásitos gastrointestinales en cabras lecheras, alimentadas con forraje hidropónico de triticale

Prevalence of gastrointestinal parasites in dairy goats fed with hydroponic forage triticale

José Luis Rivera-Bautista¹, Fernando Ruiz-Zárate^{1*}, Armando Jacinto Aguilar-Caballero², Ramiro López-Trujillo¹, Roberto García-Elizondo¹, Ramón Florencio García-Castillo³

¹Departamento de Producción Animal, ²Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. Tel.: (844) 411-0337. E-mail: frzarat@gmail.com (*Autor responsable). ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil. C.P. 97100. Mérida, Yuc., México.

RESUMEN

Cabras lactantes (n=15) de la raza Murciano-Granadina fueron distribuidas en tres tratamientos (n=5) con diferentes niveles de forraje hidropónico (FH) de triticale en la ración: 0 (testigo), 20 y 40% para evaluar la carga parasitaria gastrointestinal por medio de: conteo de huevos por gramo de heces (HPG), hematocrito (PCV), producción de leche (PL) mediante diferencia de pesos de los cabritos (PH) en una sola toma diaria (08:00h), pesos de las cabras (PM) y PH, FAMACHA y condición corporal (CC). El experimento, con una duración de 98 días, se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coah., México. Se llevaron a cabo muestreos de heces y sangre cada 14 d, y simultáneamente se tomaron datos de FAMACHA, CC, PL, PM y PH. Hubo diferencias significativas (P<0.0001) para HPG con: 166.25, 157.30 y 130.00 huevos por gramo de heces para los tratamientos con 0, 20 y 40% de FH. Por el contrario, los mejores porcentajes de PCV fueron para el testigo (P<0.0001) con 33.437 de células sanguíneas, en comparación al 31.068 y 27.451% para los tratamientos con 20 y 40% de FH. La CC y FAMACHA no fueron afectadas (P>0.05) por el nivel de FH en la ración de las cabras. Aunque en la PL no se encontraron diferencias significativas (P>0.05), el PH fue más bajo (P<0.0001) en el tratamiento con 20% de FH (6.637 kg), mientras que en los tratamientos con 0 y 40% de FH fue de 8.378 y 7.537 kg, respectivamente. Se concluyó que el nivel de FH de triticale en la ración disminuyó el conteo de huevos de parásitos gastrointestinales, pero no el porcentaje del paquete celular en cabras Murciano-Granadinas lactantes, manejadas en un sistema de producción mixto (alimentadas en corral y pastoreadas).

Palabras clave: cabras, forraje hidropónico, NGI, HPG, FAMACHA

ABSTRACT

Murciano Granadina lactating goats (n=15) were arranged in three treatments (n=5) with different triticale hydroponic forage (HF) level; 0 (control), 20 and 40% HF in the ration to evaluate gastrointestinal burden through: number of eggs per gram of feces (EGF), package of cell volume (PCV), FAMACHA, body condition (BC), milk production (MP) only once a day in the morning (08:00h), goats (GW) and kids body weight (KW). The experiment (98 d) was held in The Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in Saltillo, Coahuila, México. Blood and feces sampling was held every 14 d, along with FAMACHA, BC, MP, GW and KW. There was significance (P<0.0001) for EGF with: 166.25, 157.30 y 130.00 eggs per gram of feces for: 0, 20 and 40% HF in the diet. PCV was opposite, better percentages were for the control (P<0.0001) with: 33.437, 31.068 y 27.451 of blood cell count for: 0, 20 and 40% HF. BC and FAMACHA were not affected (P>0.05) by HF level in the ration. MP was not affected (P>0.05) either by HF level in the ration; however, KW was lower (P<0.0001) in the 20% HF group than the others with: 8.378, 6.637 y 7.537 kg for: 0, 20 and 40% HF in the diet. It is concluded that the HF level in the ration brings down EGF but not PCV in Murciano Granadina lactating goats around pick of lactation under a mixed production system (penned and extensive fed).

Key words: goats, hydroponic forage, GIN, PCV, FAMACHA

INTRODUCCIÓN

Los nematodos gastrointestinales y la disponibilidad de forraje son las principales limitantes en la producción de ovinos y caprinos bajo pastoreo (Aguilar *et al.*, 2013). Los NGI pueden reducir la GDP de 30% a 50% en los cabritos, y en 20% la producción de leche, y son causa de hasta un 50% de la mortalidad de los cabritos en crecimiento (Torres *et al.*, 2012). Además, son un factor de riesgo asociado a la presentación de otras enfermedades. Por otra parte, la resistencia de cepas de NGI a las drogas al intentar controlarlas (Ruiz *et al.*, 2013) muestran un panorama económico desalentador para los productores de caprinos del país; sin embargo, la suplementación con proteína dietética tanto en ovinos como en caprinos mejora la resistencia contra infecciones de NGI. Algunos reportes señalan que los animales suplementados reducen sus cargas de huevos por gramo de heces e incrementan su cuenta de eosinófilos periféricos, y que animales suplementados con maíz tienen menor cantidad de *H. contortus* que los no suplementados (Aguilar *et al.*, 2011).

En las regiones áridas y semiáridas, la disponibilidad de forraje está influenciada por el agua, que es escasa, el alto costo de la tierra y la época del año, lo que representa problemas para los caprinocultores de leche y carne. Además, los recursos económicos para la compra de alimento en este sector son bajos (Guzmán, 2006).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la cuenta de huevos de parásitos gastrointestinales por gramo de heces (HPG) y la producción de leche de cabras Murciano-Granadina alimentadas con dos niveles de inclusión de triticale hidropónico, en un sistema de producción mixto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Este experimento se llevó a cabo en las instalaciones de producción ovino-caprinas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coah., México (25°21'14.19" LN y 101°01'57.75" LO), con una altitud de 1770 msnm, precipitación pluvial anual media de 303.9 mm y temperatura anual media de 18 °C (García, 1984).

Diseño del experimento

Se utilizaron 15 cabras de la raza Murciano-Granadina al pico de la lactancia, las cuales se distribuyeron en tres grupos (n=5). Para el acomodo de los tratamientos se usó el peso como parámetro de distribución, y se equilibró el peso total entre los tratamientos, que consistieron en sustituir el heno de alfalfa por el forraje hidropónico de triticale (Cuadro 1).

Alimentación

Todos los animales fueron alimentados por la mañana (08:00 h). Para el T1, el heno de alfalfa se ofreció en una sola toma, mientras que al T2 y T3 primero se les suministró el forraje hidropónico de triticale, y por la tarde (14:00 h) se les dio la porción correspondiente de heno de alfalfa. El concentrado se les distribuyó a todos los animales en los comederos, así como el agua a libre acceso. Los grupos T2 y T3 tuvieron un periodo de adaptación al FH durante 12 d previos al inicio del experimento.

Muestreos

Durante el experimento se realizaron ocho muestreos: el día cero y cada 14 d. Se tomaron muestras de heces y de sangre, además del peso y condición cor-

Cuadro 1. Composición (%) de los ingredientes en dietas de cabras lecheras de la raza Murciano-Granadina.

Ingrediente	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Heno de alfalfa	70%	50%	30%
Forraje hidropónico de triticale	0%	20%	40%
Concentrado (Apileche®)	30%	30%	30%

Cuadro 2. HPG, PCV, CC y FAMACHA en cabras lactantes de la raza Murciano-Granadina alimentadas con tres niveles de forraje hidropónico de triticale.

Tratamiento	HPG*	PCV*	CC**	FAMACHA**
0%	166.25 a	33.437 a	59.0 a	64.8 a
20%	157.30 ab	31.068 ab	64.2 a	61.0 a
40%	130.00 b	27.451 b	58.3 a	55.5 a

*Comparación de medias por medio de Tukey (P<0.05).

**Prueba de Kruskal-Wallis.

poral (CC) en una escala 1-5, de acuerdo a Honhold *et al.* (1989), y con la carta FAMACHA, también en una escala de 1-5, se analizó la coloración de la conjuntiva ocular para determinar el grado de anemia (Malan y Van Wyk, 1992). Se tomaron datos sobre la producción de leche (PL) mediante el análisis de la diferencia de pesos de los cabritos (PH) que tuvieron acceso a una sola toma al día (08:00 h), y se registraron los pesos de las cabras (PM) y PH.

Técnica parasitológica

Las muestras de heces de las cabras, que se tomaron directamente del recto con bolsas de nylon, se identificaron con el número de animal y la fecha del muestreo, luego se llevaron al laboratorio, se analizaron con la técnica coproscópica de McMaster para contabilizar el número de huevos de nematodos gastrointestinales en heces (HPG), para posteriormente reportar la cantidad de huevos por gramo de heces (Hansen y Perry, 1994).

Técnicas hematológicas

Para determinar el porcentaje del volumen total de la sangre compuesta por glóbulos rojos (PCV, Packed Cell Volume), se utilizó la técnica hematológica de hematocrito, que consiste en la centrifugación de sangre heparinizada durante 5 min, en un tubo capilar a 10,000 rpm. El volumen de concentrado de glóbulos rojos, dividido por el volumen total de la muestra de sangre, da el PCV (Malan y Van Wyk, 1992).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron en el programa SAS (2002), versión 9.1 para Windows, con un diseño comple-

tamente al azar; las variables de respuesta fueron: huevos por gramo de heces (HPG), hematocrito (PVC), FAMACHA, condición corporal (CC), producción de leche (PL), peso de las cabras (PM) y cabritos (PH). Los efectos principales fueron: el nivel de forraje hidropónico en las dietas y el tiempo de los muestreos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los efectos que tuvo la suplementación con forraje hidropónico de triticale sobre las variables HPG, PCV, CC y FAMACHA, que se relacionan con la presencia de nematodos gastrointestinales (NGI) en cabras lactantes.

La suplementación con forraje hidropónico (P<0.0001) afectó la cuenta de HPG de NGI: 166.25, 157.30 y 130.00 huevos por gramo de heces para los tratamientos con 0, 20 y 40% de FH, y fue el T3 (40%) el que tuvo las menores cuentas de HPG. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede inferir que la suplementación con ingredientes altos en, como el heno de alfalfa, el forraje hidropónico de triticale y los concentrados energéticos, ayuda a la disminución de la carga parasitaria, que está muy relacionada con el hematocrito en sangre (PCV), de acuerdo con la conclusión a que llegaron Malan y Van Wyk (1992). Aguilar C. *et al.* (2011) mencionan que la suplementación con proteína dietética mejora la resistencia contra infecciones de NGI, tanto en ovinos como en caprinos. También se reporta que los animales suplementados reducen sus cargas de huevos por gramo de heces, e incrementan su cuen-

ta de eosinófilos periféricos. Las fuentes de energía, como el maíz y la melaza han demostrado su eficacia para el control de los NGI (Torres-Acosta *et al.*, 2012). Coop y Kyriazakis (1999) concluyeron que dietas ricas en proteína de alto valor biológico dificultan el establecimiento de parásitos. En la Figura 1 se presenta la interacción de tratamientos por tiempo (muestreos), y se aprecia la tendencia a la reducción de la cuenta de HPG.

Por otra parte, el hematocrito (PCV) también mostró diferencia significativa ($P < 0.0001$) entre los tratamientos, pero en este caso no influyó el forraje hidropónico, ya que fue el T1 (0%) el que registró los mejores niveles de PCV con respecto al T2 (20%) y T3 (40%), con 33.437, 31.068 y 27.451% de células sanguíneas, respectivamente. De acuerdo con los resultados que mostró el T3 en la cuenta de HPG, se esperaría que éste tuviera los mejores niveles de

PCV, esto conforme a lo que dicen Malan y Van Wyk (1992). Guzmán y Callacná (2013) concluyeron que los valores hematológicos en cabras varían en función de su estado fisiológico reproductivo y al tipo de alimentación. Una explicación es que en los T2 y T3 con FH se alteró el PCV, debido a que el 80% de este alimento es agua. En la Figura 2 se muestra el porcentaje de PCV a lo largo del experimento.

Como se puede ver en el Cuadro 2, las variables CC y FAMACHA no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$), lo que indica que la suplementación con forraje hidropónico de triticale tiene los mismos efectos que solamente con heno de alfalfa, siempre y cuando se tenga una mejora tanto en CC como en FAMACHA (coloración de la conjuntiva ocular), lo cual concuerda con lo mencionado por Aguilar *et al.* (2011), quienes señalan que la suplementación con proteína dietética

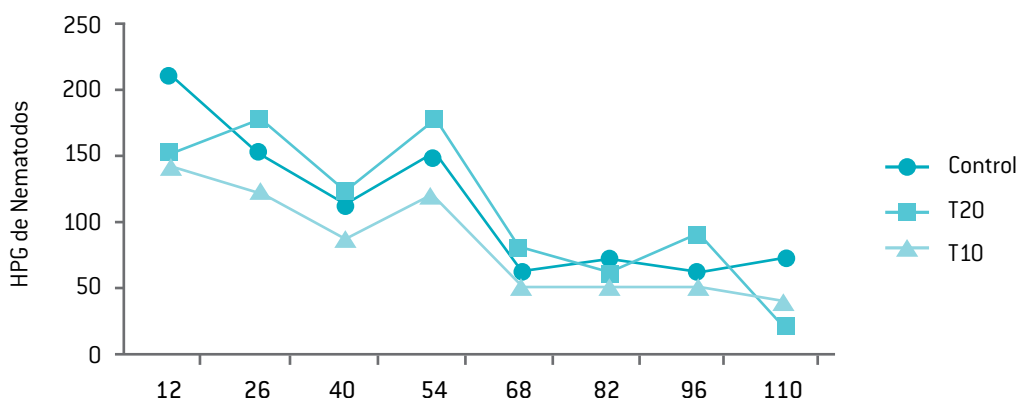


Figura 1

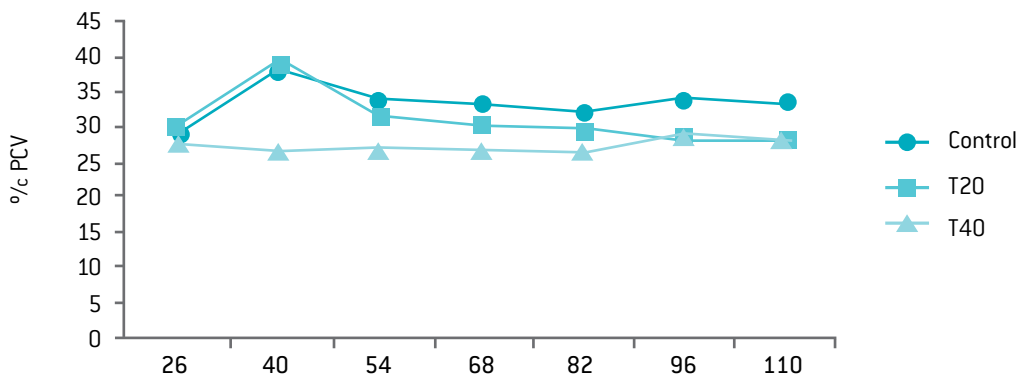


Figura 2

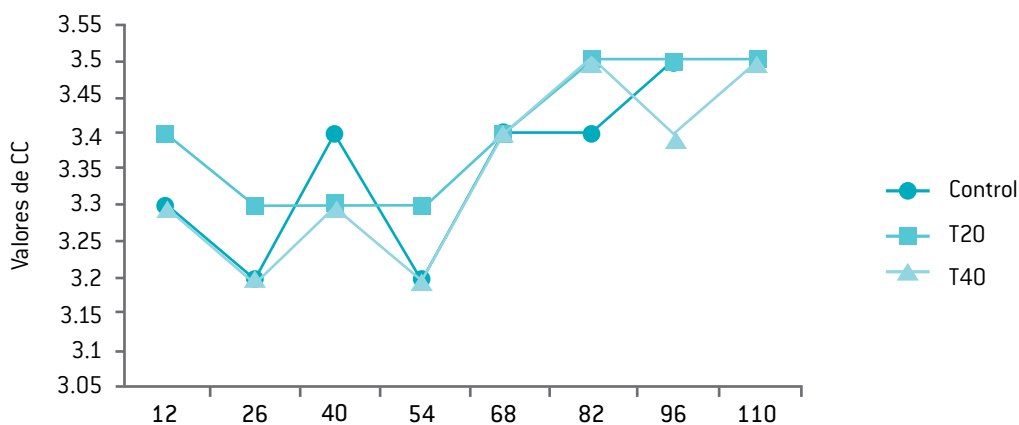


Figura 3

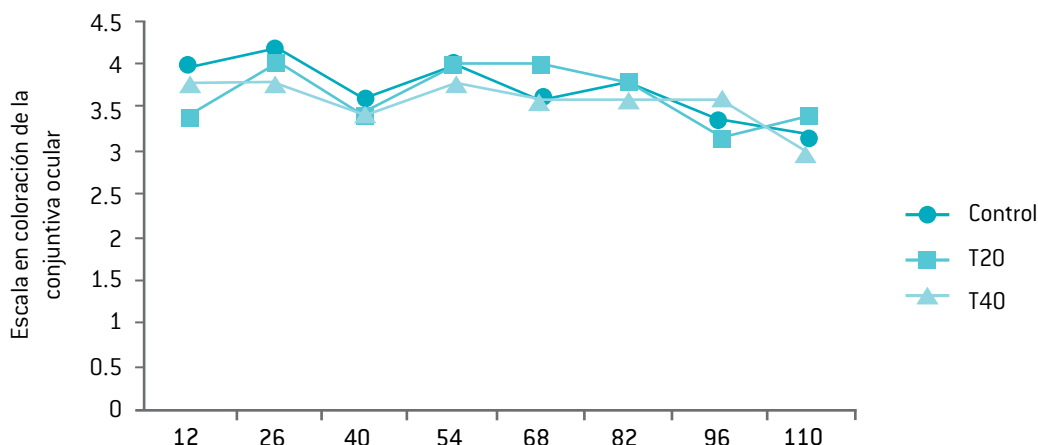


Figura 4

mejora la resistencia contra infecciones de NGI, tanto en ovinos como en caprinos. En las figuras 3 y 4 se muestran los resultados para las variables CC y FAMACHA, respectivamente.

En el Cuadro 3 se presentan los efectos de la suplementación con forraje hidropónico de triticale para las variables de producción en cabras lactantes (producción de leche en una sola toma al día (PL), peso de las cabras (PM) y peso de los cabritos (PH)).

Como se observa en el Cuadro 3, la producción de leche no se vio afectada por la inclusión de forraje hidropónico de triticale ($P > 0.05$). García *et al.* (2013) reportan que obtuvieron mejoras en la producción de leche para cabras alimentadas con maíz hidropónico en un 30% de la ración, comparadas contra 0% y 15% de FH en una dieta a base de alfalfa y vaina de mezquite, lo cual atribuyen a la selectividad por par-

te de la cabra, ya que al tener más opciones de forraje, tiene más opciones de consumo de alimento que

Cuadro 3. PL, PM y PH en cabras lecheras de la raza Murciano-Granadina alimentadas con tres niveles de forraje hidropónico de triticale.

Tratamiento	PL*	PM*	PH*
0%	358.85 a	35.945 a	8.378 a
20%	416.28 a	33.432 a	6.636 b
40%	338.85 a	33.980 a	7.536 ab

*Comparación de medias por Tukey [$P < 0.05$].

cuando sólo se le ofrece heno de alfalfa. En la Figura 5 se muestra la producción de leche en una sola toma al día, y se observa que los tres tratamientos tienen el mismo comportamiento.

Tampoco se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($P>0.05$) en el PM, por lo que se puede observar cómo disminuye cuando la producción láctea aumenta (40 a 60 días postparto), pero después empiezan a recuperar peso como se muestra en la Figura 6. Cabe mencionar que hay una relación inversamente proporcional en el peso de las cabras y la lactancia. En un estudio que realizó Garcieras (2011) reporta que, a medida que se incrementa la inclusión de triticale hi-

dropónico (15, 30 y 45%) en la dieta de cabras Saanen y Alpinas, disminuyen las ganancias diarias de peso. Por otro lado, López *et al.* (2009) encontraron que la inclusión de FH en la dieta de cabras de la raza Nubia, incrementó significativamente la ganancia de peso de las cabras, por lo que concluyeron que el FH puede ayudar a elevar la condición nutricional del ganado.

Respecto al peso de los cabritos (PH) existe diferencia significativa ($P<0.0001$) entre tratamientos, como se muestra en el Cuadro 3: el T1 (control) tuvo mayor incremento de peso en los cabritos, en tanto que el T2, con el 20% de FH, obtuvo los cabritos con menor peso: T1 8.378, T2 6.637 y T3 7.537 kg.

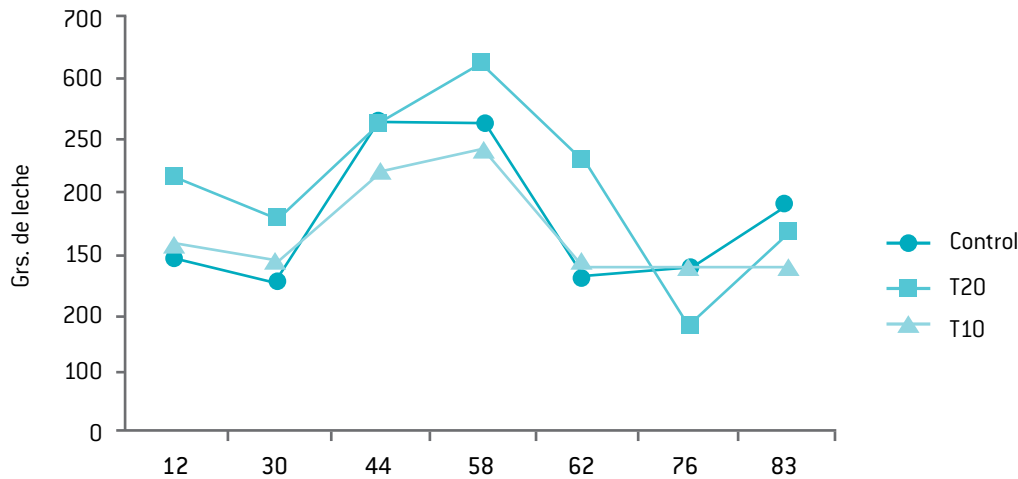


Figura 5

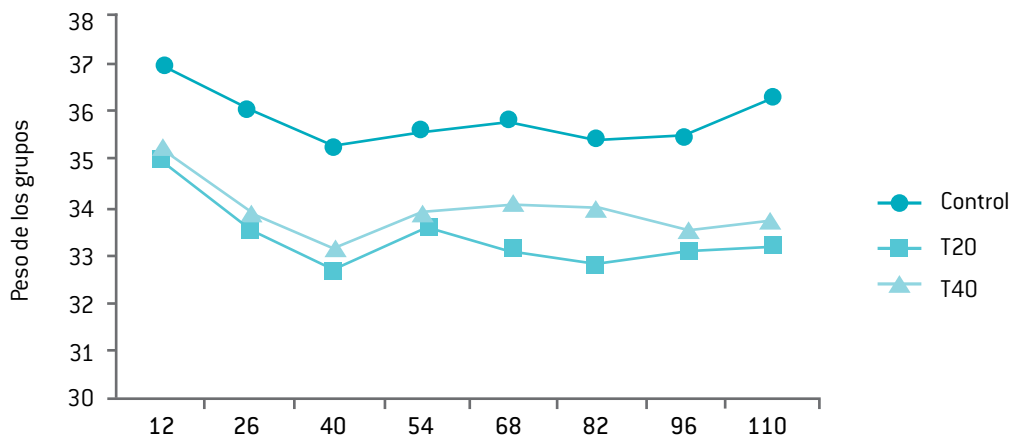


Figura 6

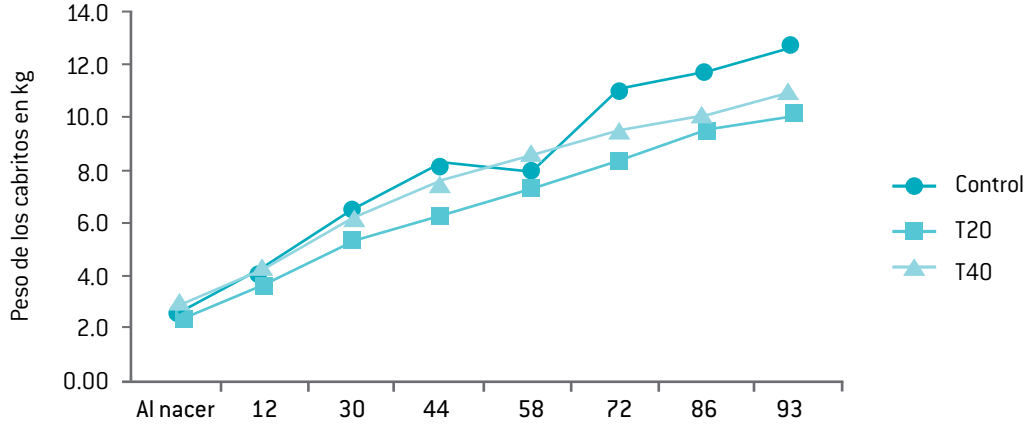


Figura 7

En la Figura 7 se muestran los incrementos de peso por tiempo. Como se puede observar, el tratamiento control tuvo los mejores incrementos de peso, pero fue el que registró menos crías (5), mientras que el T2, con la mayor cantidad (7), y fue el de menor promedio de peso durante el experimento.

CONCLUSIONES

Se concluyó que el nivel de FH de triticale en la ración disminuye el conteo de huevos de parásitos gastrointestinales, pero no el porcentaje del paquete celular en cabras Murciano-Granadinas lactantes, manejadas en un sistema de producción mixto (alimentadas en corral y pastoreadas).

La alimentación de cabras lecheras de la raza Murciano-Granadina con forraje hidropónico de triticale no mejora su producción de leche, pero la inclusión tanto de alimentos proteicos como energéticos le sirven de ayuda para el control de nematodos gastrointestinales, ya que disminuye la cuenta de huevos en heces y se elevan los porcentajes de hematocrito en sangre debido a una mejor nutrición de los animales.

El forraje hidropónico de triticale no tiene efectos en el peso de las cabras. Con respecto al incremento de peso de los cabritos, no hay mejoras significativas al consumir forraje hidropónico. El peso de los cabritos fue más bajo en el tratamiento que incluía el 20% de forraje hidropónico.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR C., A.J., Cámara, S.R., Torres A., J.F. y Sandoval, C.C. 2011. El control de los nematodos gastrointestinales en caprinos: ¿dónde estamos? *Bioagrociencias* 4 (2):10-16.
- AGUILAR C., A.J., Torres A., J.F.J., Cámara, S.R., Sandoval, C.C. y Ortega, P.A. 2013. Suplementación alimenticia para el control de los nematodos gastrointestinales en ovinos bajo pastoreo en México. Chay-Canul, A., Casanova-Lugo, F. En: *La contribución del sector pecuario a la seguridad alimentaria en México*. UJAT. ISBN: 978-607-606-120-6. pp. 249-256.
- COOB, R.L. y Kyriazakis, L. 1999. Nutrition Parasite interaction. *Veterinary Parasitology*. 84: 187-204.
- GARCÍA, C.M., Salas, P.L., Esparza, R.J.R., Preciado, R.P. y Romero, P.J. 2013. Producción y calidad fisicoquímica de leche en cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 24:169-176.
- GARCÍA, E. 1984. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª. edición. Ed. Offset Larios, México, p. 103.
- GARCIERAS, B.F. 2011. Cambios de peso de cabras alimentadas con forraje verde hidropónico de triticale (*X Triticosecale Wittm.*) al final de la lactancia. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México, pp. 28-35.
- GUZMÁN R., Y.A. 2006. Determinación de la densidad de siembra y dosis de fertilización para la producción del forraje verde hidropónico de trigo (*Triticum aestivum L.*)

- y triticale (*X. triticosecale* W.) bajo dos condiciones de luz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México, pp. 20-40.
- GUZMÁN M., L.E. y Callacná, C.M.A. 2013. Valores hematológicos de cabras criollas en dos estados fisiológicos reproductivos. *Scientia Agropecuaria*. 4: 285-292.
- HANSEN, J. y Perry, B. 1994. The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. International Laboratory for Research on Animal Disease. Nairobi, Kenia, pp. 171.
- HONHOLD, N., Petit, H. y Halliwell, R.W. 1989. Condition scoring scheme for small east African goats in Zimbabwe. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 21: 121-127.
- LÓPEZ, A., Murillo A. y Rodríguez, Q.B. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Inter Ciencia*. 34: 121-126.
- MALAN, F.S. y Van Wyk, J.A. 1992. The packed cell volume and colour of the conjunctivae as aids for monitoring *Haemonchus contortus* infestations in sheep. In: Proceedings of the South Africa Veterinary Association Biennial National Veterinary Congress. Grahamstown, FAO. pp. 139.
- RUIZ, Z.F., Olivas, S.R., Aquino, O.A., Villaseñor, R.R. y Aguilar C., A.J. 2013. Resistencia antihelmíntica en Cabras Boer y Murciano Granadina en un sistema de producción mixto en Saltillo, Coahuila, México. XI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria. IX Seminario Internacional de Producción de Ovinos en el Trópico. 22-24 de mayo de 2013, Villahermosa Tabasco. pp. 799-8002.
- TORRES A., J.F.J., Sandoval C., C.A., Hoste, H., Aguilar C., A.J., Camara, S.R. y Alonso, D.M.A. 2012. Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes under hot humid and subhumid tropical conditions. *Small Ruminant Research* 103: 28-40.

Los machos cabríos sexualmente activos y vasectomizados estimulan y mantienen la ciclicidad sexual de cabras en anestro estacional

Sexually active vasectomized bucks stimulate and maintain sexual cyclicity in the seasonally anestrus goats

Rodrigo Manuel Aroña¹, Gonzalo Fitz-Rodríguez¹, Horacio Hernández¹, José Alfredo Flores¹, Jesús Vielma¹, Gerardo Duarte¹, Ilda Graciela Fernández¹, José Alberto Delgadillo^{1*}

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México. *Tel.: (52) 871 729 7642; Fax: (52) 871 729 7650. Correo electrónico: joaldesa@yahoo.com (*Autor responsable).

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta ovulatoria y de comportamiento estral de las cabras en anestro estacional, expuestas a los machos vasectomizados sexualmente activos e inactivos. Dos machos cabríos se sometieron a un tratamiento de días largos (16 h de luz por día) del 1 de noviembre al 15 de enero, para estimular su actividad sexual en marzo y abril, en tanto que otros dos se sometieron a las variaciones del fotoperiodo natural. Las cabras multíparas y anovulatorias se dividieron en dos grupos (n = 10 cada uno) de acuerdo con su peso vivo y condición corporal. Un grupo de cabras se expuso a machos sexualmente activos (SA), mientras que otro a machos sexualmente inactivos (SI). El contacto entre machos y hembras fue durante 55 días. La ovulación se determinó con las concentraciones plasmáticas de progesterona, y el comportamiento estral se detectó dos veces cada día. Las cabras del grupo SI no presentaron respuesta estral ni ovulatoria (0/10), mientras que las del grupo SA tuvieron estro y ovularon (10/10; P = 0.0001). De las cabras del grupo SA, la mayoría presentó un ciclo de corta duración (5.3 ± 0.3 d; 7/10), seguido de un ciclo de duración normal (7/7), en tanto que la mayoría de ellas (6/7) presentaron otro ciclo de duración normal. Las del grupo SI, luego de introducir al macho, respondieron (3/10) con un ciclo de duración normal, y después con otro ciclo más. Los machos sexualmente activos, vasectomizados, estimularon y mantuvieron la actividad sexual de las cabras por al menos dos ciclos estrales de duración normal.

Palabras clave: caprinos, efecto macho, estro, ovulación, fotoperiodo, subtrópicos

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the ovulatory and estrus behavior responses of the seasonally anestrus goats exposed to vasectomized sexually active and inactive males. Two bucks were submitted to a day-long treatment (16 h of light per day) from November 1st to January 15th to stimulate their sexual activity in March and April. Another two males were submitted to natural photoperiod conditions. Multiparous and anovulatory goats were divided in two groups (n = 10 each one) balanced for body weight and body condition score. One group of goats was exposed to sexually active males (SA) and the other group of goats was exposed to sexually inactive males (SI). The contact between males and females was during 55 days. Ovulations were determined with plasma concentrations of progesterone. Estrous behavior was detected twice daily. The goats in SI group didn't display ovulatory or estrous behavior responses (0/10), while all the goats in SA group ovulated and displayed estrous behavior (10/10; P = 0.0001). In last group, most of goats displayed a short estrous cycle (5.3 ± 0.3 d; 7/10) followed by a normal estrous cycle (7/7); the majority of them (6/7) showed another normal estrous cycle. The other goats (3/10) displayed a normal estrous cycle after male introduction and after that showed another cycle more. The sexually active vasectomized males stimulate and maintain the sexual activity of the goats in almost two normal estrous cycles.

Key words: caprine, male effect, estrous, ovulation, photoperiod, sub-tropics

INTRODUCCIÓN

La estacionalidad de la reproducción es una característica en algunas razas de cabras desarrolladas en latitudes subtropicales (Delgadillo *et al.*, 2003). En cabras no gestantes, en el hemisferio norte la actividad sexual ocurre de agosto-septiembre a febrero-marzo; la temporada de anestro, en los meses restantes del año (Duarte *et al.*, 2008). En machos de estas razas subtropicales, la actividad sexual ocurre de mayo-junio a diciembre-enero, mientras que el periodo de reposo sexual sucede durante los meses restantes del año (Delgadillo *et al.*, 1999). En ambos sexos, el ritmo anual de reproducción lo controla principalmente el fotoperiodo (Duarte *et al.*, 2010; Delgadillo *et al.*, 2002), por lo que en machos y hembras se utiliza para inducir la actividad sexual durante el anestro estacional (Chemineau *et al.*, 1992; Delgadillo, 2011). Otra posibilidad para estimular la actividad sexual de las hembras anéstricas durante el anestro estacional, es el uso de las relaciones socio-sexuales, particularmente el fenómeno llamado “efecto macho”. Y es que, la introducción de un macho dentro de un grupo de ovejas o cabras anovulatorias estimula el comportamiento de estro y la ovulación (Chemineau *et al.*, 1986, 1987; Delgadillo, 2011; Walkden-Brown *et al.*, 1999). En cabras, la mayoría de las hembras (97%) ovulan alrededor del día tres después de la introducción del macho. Esta primera ovulación se asocia al comportamiento estral de más del 50% de las hembras, seguido, en la mayoría de los casos (75%), de un ciclo de 5.3 días, promedio. Después del ciclo corto, la mayoría de las cabras ovularon una segunda vez, y tuvieron un ciclo ovárico subsecuente de duración normal; este ciclo, que se manifestó después de la introducción del macho, se asoció con el comportamiento estral seguido por un ciclo ovárico de duración normal (Chemineau *et al.*, 1987).

La respuesta sexual de las cabras expuestas a los machos cabríos puede modificarse por el comportamiento sexual de éstos. En efecto, una baja proporción de un grupo de cabras (< 10 %) ovuló cuando se expusieron a machos en reposo sexual. En cambio, la mayoría de las hembras de otro grupo (>90%) ovularon, o cuando se expusieron a machos inducidos a una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo sexual mediante la exposición a días largos seguidos del fotoperiodo natural, o por implantes subcutáneos de melatonina (Bedoset *al.*, 2012; Delgadillo *et al.*, 2002; Flores *et al.*, 2000). La respues-

ta a largo plazo de las hembras expuestas a machos fotoestimulados no se ha determinado, porque en la mayoría de los estudios se usaron machos intactos y las hembras quedaban gestantes. El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta ovulatoria y de comportamiento estral de las cabras en anestro estacional, expuestas a los machos vasectomizados sexualmente activos e inactivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en la región de La Laguna, Coahuila, México (Latitud 26°23' N y Longitud 104°47' W). Se usaron machos y cabras locales de esta región (*Caprahircus*). En estas hembras, aisladas de machos, el periodo anovulatorio aparece desde febrero-marzo hasta agosto-septiembre, mientras que el periodo de reposo sexual de los machos va de enero-febrero a mayo-junio (Duarte *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 1999). Durante todo el experimento, los animales estuvieron en corrales abiertos y con sombra. Machos y hembras se alimentaron con 2 kg de heno de alfalfa (18% PC) y de 200 g por día de concentrado comercial (14% PC; 1.7 Mcal/kg) por animal, con libre acceso a piedra mineral y agua.

En este trabajo, que inició el 1 de noviembre de 2012 y concluyó el 20 de mayo de 2013, se usaron 20 caprinos locales, cuatro machos y 20 hembras.

Machos

Se utilizaron cuatro machos cabríos vasectomizados de entre dos y cinco años de edad, que se mantuvieron en dos corrales abiertos provistos con sombra. Dos de los machos se sometieron a 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) desde el 1 de noviembre, y del 16 de enero en adelante, se expusieron a las condiciones naturales del fotoperiodo. Este tratamiento fotoperiódico estimuló la actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo sexual (Delgadillo, 2011; Delgadillo *et al.*, 2006). Los otros dos machos se expusieron a las condiciones naturales del fotoperiodo (13 h 41 min de luz en el solsticio de verano y 10 h 19 min de luz en el solsticio de invierno) durante todo el estudio. Tanto los machos tratados como los no tratados se seleccionaron aleatoriamente.

Hembras

Se utilizaron 20 cabras múltiparas, en anestro estacional, que tenían entre dos y cuatro años de edad. El 10

de marzo, las hembras se distribuyeron en dos grupos balanceados por peso vivo (PV) y condición corporal (CC; en rangos de 1 a 4; 1 = muy delgada, 4 = gorda; Walkden-Brown *et al.*, 1997). La separación entre los dos grupos fue de alrededor de 200 m, para evitar interferencia entre ellos. Un grupo de hembras (n=10; PV: 32.6 ± 1.9 ; CC: 2.0 ± 0.1 ; Promedio + Error Estándar del Promedio) se expuso a los machos con fotoperiodo, sexualmente activos. El otro grupo (n=10; PV: 32.5 ± 1.8 ; CC: 1.9 ± 0.1) se expuso a machos no tratados con fotoperiodo, sexualmente inactivos.

Efecto macho

El 26 de marzo, a las 08:00 h (día 0), un grupo de hembras se expuso a los machos sexualmente activos, mientras que el otro se puso en contacto con los machos sexualmente inactivos (n=1 por grupo). En ambos grupos de cabras en contacto con machos activos o inactivos, éstos se rotaron dos veces por día: a las 08:00 y 18:00 h, para evitar un efecto individual de los machos, y para prevenir un posible efecto de “novedad” debido al contacto con un macho desconocido (Jorre de St Jorre *et al.*, 2012), uno de ellos que no estaban en contacto con las hembras se alojó, desde la primera introducción, en corrales abiertos adyacentes. Los machos sólo estuvieron separados de las hembras por una barrera de madera, lo que permitió el contacto visual, olfatorio y nariz-nariz entre sexos. Los machos permanecieron con las hembras desde el 26 de marzo hasta el 20 de mayo.

Determinaciones

La actividad ovulatoria se determinó a través de las concentraciones plasmáticas de progesterona, la cual se obtuvo diariamente, del día 0 al 38, con una muestra sanguínea de la vena yugular. Posteriormente, las muestras sanguíneas se obtuvieron cada tres días, hasta el día 51, después de la introducción de los machos. Todas las muestras se obtuvieron a las 08:00 h, en tubos de 5 bml, que contenían heparina. El plasma se obtuvo después de centrifugar las muestras a $3500 \times g$ por 30 min, y se almacenaron a -20°C hasta que se midieron las concentraciones hormonales.

Análisis de progesterona. Las concentraciones de progesterona en plasma se determinaron por análisis inmuno-enzimático, según la técnica descrita por Canépa *et al.* (2008). La sensibilidad del ensayo fue de 0.25 ng/ml. Los coeficientes de variación intra e inter-ensayos fueron de 3% y 7%. Las hembras que tenían concentraciones plasmáticas de

progesterona ≥ 0.5 ng/ml, se consideró que habían ovulado.

Comportamiento estral. El comportamiento estral se monitoreó dos veces al día, durante todo el experimento, mediante observación visual directa de 08:00 a 09:00 h y de 18:00 a 19:00 h. Si una hembra permanecía inmóvil cuando la montaba el macho, se consideraba en estro. Los ciclos estrales se clasificaron como cortos (<17 días), normales (17-25 días) o largos (> 25 días; Chemineau *et al.*, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento estral y ovulatoria a la introducción de los machos

Del grupo de cabras expuestas a los machos sexualmente inactivos, ninguna ovuló o presentó comportamiento estral, mientras que todas lo hicieron ($P = 0.0001$) en el grupo de hembras expuestas a los machos sexualmente activos. La mayoría de las cabras expuestas a los machos fotoestimulados presentaron un ciclo de corta duración, después de la introducción del macho. Todos los ciclos estrales cortos, normales y largos detectados después de la introducción del macho, se asociaron a ovulación. Después del ciclo corto, todas las cabras presentaron ciclo de duración normal, pero otras tuvieron un ciclo de larga duración o entraron en anestro (Figura 1).

De las cabras que presentaron ciclo de duración normal luego de la introducción del macho, todas tuvieron un segundo ciclo. Después, estas cabras presentaron diferentes patrones reproductivos: estro con ovulación, estro sin ovulación y retorno al anestro (Figura 1).

La duración promedio de los ciclos estrales fue de 5.4 ± 0.3 días para los ciclos de corta duración, 21.1 ± 0.4 para los de duración normal y 29.3 ± 1.8 para los de larga duración.

La latencia al estro no fue diferente entre las cabras que presentaron un ciclo de corta duración o normal (44 ± 4.0 vs. 46.3 ± 3.1 h, respectivamente; $P = 0.696$). La duración del primer comportamiento estral no fue diferente entre las cabras que presentaron un ciclo de corta duración, que en aquellas que presentaron un ciclo de duración normal después de la introducción del macho (13.7 ± 1.7 vs. 16 ± 4.0 h, respectivamente; $P = 0.513$), ni en los comportamientos estrales subsecuentes que tuvieron una duración promedio de 17.5 ± 3.5 h.

Grupo con machos sexualmente activos vasectomizados

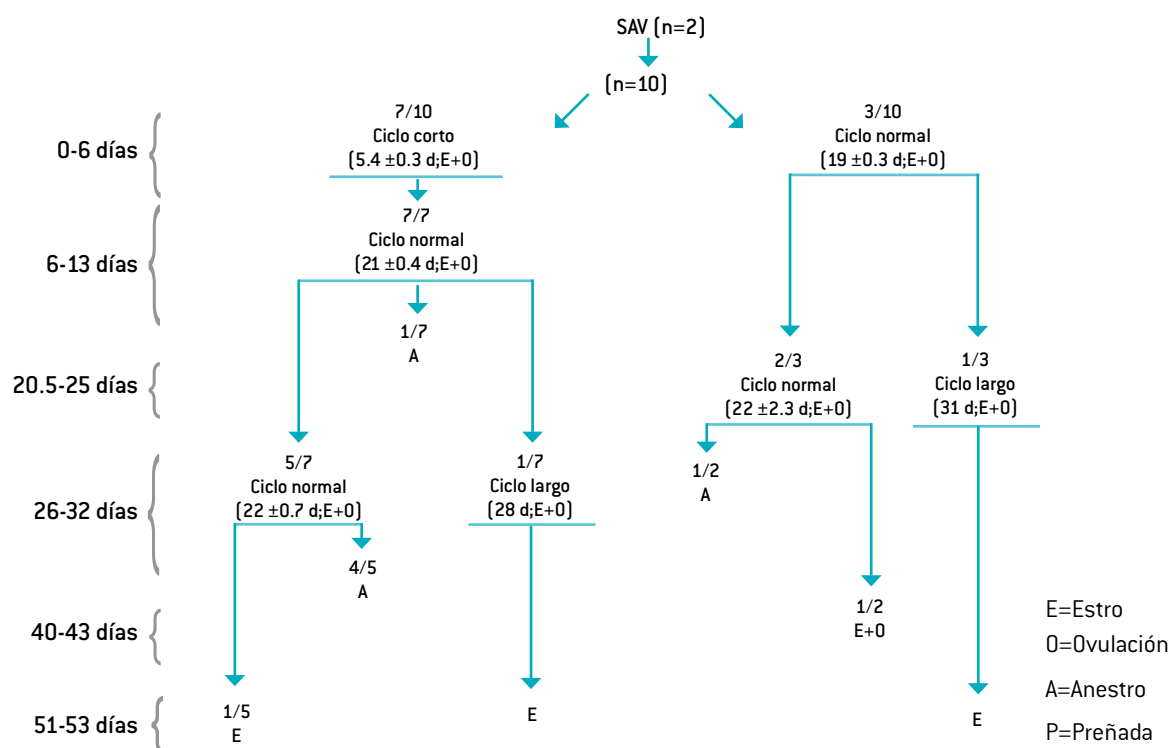


Figura 1. Respuesta estral y ovulatoria de las cabras anéstricas expuestas a machos sexualmente activos vasectomizados (SAV). Los corchetes de la izquierda indican el tiempo en que suceden los eventos que se señalan en la figura. A manera de cascada se muestran los distintos patrones de actividad sexual y ovulatoria que presentaron las cabras en anestro estacional.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que la actividad sexual de las cabras expuestas a los machos fotoestimulados y vasectomizados, perdura después del primer ciclo de duración normal. En efecto, la mayoría de las cabras expuestas a los machos vasectomizados presentaron actividad sexual después de la primera fase lútea de corta duración, la cual se registró después de la introducción de los machos. En conjunto, los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que los machos vasectomizados sexualmente activos disparan, en mayor proporción, las respuestas de comportamiento estral y ovulatoria de las cabras que los vasectomizados, sexualmente inactivos.

La respuesta sexual que se observó en los primeros 15 días del estudio, en las cabras expuestas a

los machos vasectomizados, coinciden con lo descrito anteriormente en diferentes estudios en los que se han utilizado machos fotoestimulados (Delgadillo *et al.*, 2002; Flores *et al.*, 2000; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Contrariamente a lo observado en los grupos de cabras expuestas a los machos fotoestimulados, en los que ninguna de las cabras en contacto con los machos sexualmente inactivos presentó actividad estral u ovulatoria. Los resultados observados en las hembras expuestas a machos no fotoestimulados son similares a los encontrados con anterioridad en el laboratorio (Delgadillo *et al.*, 2002; Flores *et al.*, 2000; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Los resultados del presente estudio y los descritos anteriormente confirman que, al utilizar machos fotoestimulados y en reposo sexual, la intensidad de la actividad sexual de los machos es un factor importante para provocar la

actividad sexual de las cabras en anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2002; Vielma *et al.*, 2009). En efecto, la presencia de los machos fotoestimulados mantiene elevada la secreción de LH, lo que permite la ovulación de las cabras durante el anestro estacional (Vielma *et al.*, 2009; Martínez-Alfaro *et al.*, 2014). En el presente estudio, los machos vasectomizados mantuvieron la secreción de LH elevada, lo que permitió prolongar la actividad sexual de las cabras durante el anestro estacional.

Al observar el grupo de cabras expuestas a machos vasectomizados sexualmente activos se detectó que, entre 20 y 25 días después del primer contacto con los machos, la gran mayoría tuvo actividad estral acompañada de ovulación. La respuesta sexual registrada en este grupo coincide con la descrita, de manera esquemática, por Chemineau (1987). En efecto, después de la primera fase lútea de corta duración del grupo de cabras en contacto con los machos vasectomizados, la mayoría presentó actividad sexual en el tiempo señalado. Es interesante señalar que en este grupo, algunas hembras presentaron actividad estral y ovulatoria al final del estudio (Figura 1), lo que sugiere que la presencia de los machos fotoestimulados vasectomizados fue capaz de mantener la actividad sexual de las cabras durante al menos los dos meses que duró el estudio.

El presente diseño experimental no permitió concluir si las cabras expuestas a los machos vasectomizados entraron en anovulación por su insensibilidad a la presencia de los machos vasectomizados, o si la anovulación que se presentó en algunas de ellas fue resultado de que los machos disminuyeron su actividad sexual en el transcurso del estudio. En efecto, la actividad sexual de los machos sometidos a 2.5 meses de días largos seguidos de días naturales dura, aproximadamente, 2.5 meses después de ocho semanas de finalizado el tratamiento de días largos, es decir, desde marzo hasta principios de mayo (Delgadillo *et al.*, 2002). Es probable que las hembras presentaran anestro estacional debido a la disminución de la actividad sexual de los machos fotoestimulados. Esta hipótesis se basa en el hecho de que la presencia de machos sometidos a diferentes tratamientos fotoperiódicos que permiten tener machos fotoestimulados vasectomizados durante todo el anestro estacional, evita la aparición de la anovulación estacional. En cambio, la presencia de los machos en reposo sexual no estimulan ni mantienen la actividad sexual durante el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, resultados no publicados).

CONCLUSIONES

Los machos fotoestimulados vasectomizados estimulan y mantienen la actividad sexual de las cabras en anestro estacional durante al menos dos ciclos estrales de duración normal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a todos los miembros del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por su asistencia técnica, y a Dolores López por su excelente trabajo secretarial y administrativo. Agradecemos también a Corinne Laclie y Anne Lyse Lainé, del laboratorio de análisis hormonales de la Station de la Physiologie et des comportements del INRA en Nouzilly, Francia, por realizar los análisis de progesterona. Rodrigo Manuel Aroña Serrano recibió el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), con una beca escolar durante sus estudios de Maestría en Ciencias.

LITERATURA CITADA

- BEDOS, M., Velázquez, H., Fitz-Rodríguez, G., Flores, J.A., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G., Retana-Márquez, M.S., Muñoz-Gutiérrez, M., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2012. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiol. Behav.*, 106: 259-263.
- CANÉPA, S., Lainé, A.L. Bluteau, A. Fagu, C., Flon, Ch., Monniaux, D. 2008. Validation d'une méthode immunoenzymatique pour le dosage de la progesterone dans le plasma des ovins et des bovins. *Cahier des Tech del'INRA.*, 64: 19-30.
- CHEMINEAU, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycle in anovulatory goats. A review. *Livest. Prod. Sci.*, 17: 135-147.
- CHEMINEAU, P., Daveau, A., Maurice, F., and Delgadillo, J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.*, 8: 299-312.
- CHEMINEAU, P., Normant, E., Ravault, J.P., and Thimonier, J. 1986. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out-of-season lactating dairy goat after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonin and the male effect. *J. Reprod. Fert.*, 78: 497-504.

- DELGADILLO, J.A. 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropic. *Animal*, 5: 1-8.
- DELGADILLO, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52: 727-737.
- DELGADILLO, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Méx.*, 34: 69-79.
- DELGADILLO, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H.F., Fernández, I.G. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nutr. Dev.*, 46: 391-400.
- DELGADILLO, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.*, 80: 2780-2786.
- DUARTE, G., Flores, J.A., Malpoux, B., Delgado, J.A. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 35: 362-370.
- DUARTE, G., Nava-Hernández, M.P., Malpoux, B., Delgado, J.A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.*, 120: 65-70.
- FLORES, J.A., Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgado, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrous in female goats. *Biol. Reprod.*, 62: 1409-1414.
- JORRE DE ST. JORRE, T., Hawken, P.A.R. and Martin, G.B. 2012. Role of male novelty and familiarity in male-induced LH secretion in female sheep. *Reprod. Fert. Dev.*, 24: 523-530.
- MARTÍNEZ-ALFARO, J.C., Hernández, H., Flores, J.A., Duarte, G., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I.G., Bedos, M., Chemineau, P., Keller, M., Delgado, J.A., Vielma, J. 2014. Importance of intense male sexual behavior for inducing the preovulatory LH surge and ovulation in seasonally anovulatory female goats. *Theriogenology*. Doi:10.1016/j.theriogenology.2014.07.024.
- RIVAS-MUÑOZ, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgado, J.A. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to male. *J. Anim. Sci.*, 85: 1257-1263.
- VIELMA, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgado, J.A. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Horm. Behav.*, 56: 444-449.
- WALKDEN-BROWN, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fertil.*, 54: 243-257.
- WALKDEN-BROWN, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., Blackberry, M.A. 1997. Seasonality in male Australian Cashmere goats: long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rumin. Res.*, 26: 239-252.

Impacto de tres frecuencias de riego sobre el comportamiento del tomate desarrollado en sustratos orgánicos

Impact of three irrigation frequencies on the behavior of tomato developed in organic substrates

Alejandro Moreno-Reséndez^{1*}, José Luis Reyes-Carrillo¹,
Norma Rodríguez-Dimas², Cleyver Antonio Rodríguez-Escandón²,
César Márquez-Quiroz³, Rosario Moncayo-Luján⁴

¹Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria, UAAAN-CA-14, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Periférico Raúl López Sánchez Km 1.5 y Carretera a Santa Fe s/n. Teléfono y Fax: 01-871-729-76-77. E-mail: alejamosa@yahoo.com.mx y alejamosa@hotmail.com [*Autor responsable]. ³Cuerpo Académico Producción Agropecuaria en el Trópico Húmedo, UJAT-CA-209, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ⁴Cuerpo Académico Ingeniería en Biotecnología y Administración de Negocios Internacionales, UPGOP-CA-1, Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Durango.

RESUMEN

Diferentes estudios sugieren que los abonos orgánicos, p. ej., el vermicompost (VC) y el compost (C), como parte de los sustratos de crecimiento, pueden proporcionar elementos nutritivos y retener humedad, al mismo tiempo que favorecen el desarrollo de las especies vegetales. Para validar esta suposición, durante el ciclo P-V 2001 se evaluó en invernadero el efecto de la aplicación de diferentes sustratos de crecimiento y diferentes frecuencias de riego en semillas de tomate. Los tratamientos evaluados (T1-T9) fueron tres mezclas: 1) vermicompost + arena (VC:A; 1:1, v:v), 2) compost + arena (C:A; 1:1, v:v) y 3) vermicompost + compost + arena (VC:C:A; 1:1:2, v:v:v), combinadas con tres frecuencias de riego: 1) diario (RD), 2) cada dos días (RC2D) y 3) cada tres días (RC3D). Las semillas se sembraron en charolas de polietileno de 200 cavidades, rellenas con peat moss, que se trasplantaron en bolsas de plástico negro de 18 L, 34 días después de siembra. El experimento duró 144 días después del trasplante. El efecto de los tratamientos sobre el desarrollo del tomate se evaluó considerando las variables: contenido de sólidos solubles, número de frutos por planta, peso promedio del fruto y rendimiento. Para determinar el efecto de los nueve tratamientos con cuatro repeticiones sobre las variables en estudio, se utilizó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas: a las parcelas grandes les correspondieron las frecuencias de riego y a las chicas las mezclas. Los datos se examinaron estadísticamente por medio de análisis de varianza, y cuando se registraron diferencias significativas, se realizó la comparación de medias con la prueba $DMS_{0.05}$. El mayor rendimiento se registró en el tratamiento T3 [mezcla (VC:C:A; 1:1:2, v:v:v) con RD], con 14.76 kg m^{-2} , mientras que en los tratamientos T3, T6 y T9 la productividad fue de 17.19, 24.94 y 50.91 kg m^{-3} , respectivamente.

Palabras clave: abonos orgánicos, compost, invernadero, *Solanum lycopersicum*, vermicompost.

ABSTRACT

Different studies have suggested that the use of organic fertilizers e.g., vermicompost, compost and its derivatives, as part of the substrates can provide nutrients and retain moisture while promoting the development of crops. To validate this supposition it was tested the effects of the application of different growth media and different frequencies of watering. The evaluated treatments (T1-T9) included three mixtures of: 1) vermicompost:sand (VC:S; ratio 1:1, by volume), 2) compost:sand (C:S; ratio 1:1, by volume) and 3) vermicompost:compost:sand (VC:C:S; ratio 1:1:2, by volume) combined with three watering frequencies: 1) daily (WD), 2) every two days (WE2D) and 3) every three days (WE3D). Tomato seeds were sown in polystyrene trays with 200 cavities, padded with peat moss; seedlings were transplanted 34 days after sowing in 18 L black plastic bags. The experiment lasted 144 days after transplant. Treatments effect on the development of tomato was evaluated considering the variables: number of fruits, soluble solids content, fruit weight and yield. A split plot randomized complete block experimental design with four replications was used. The big plot corresponded to the frequencies of watering and subplots to the mixtures. Data were statistically analyzed by analysis of variance and means were separated by the $LSD_{0.05}$ test. Results demonstrated that treatment T3 [mixture VC:C:A (ratio 1:1:2, by volume) with WD, generated the maximum higher yields, 14.76 kg m^{-2} . Additionally, treatments T3, T6 and T9 showed productivity of 17.19, 24.94 y 50.91 kg m^{-3} , respectively.

Key words: compost; greenhouse, organic manure, *Solanum lycopersicum*, vermicompost

INTRODUCCIÓN

El crecimiento, la producción, la calidad y el rendimiento de las especies vegetales de importancia económica, dependen, además de otros factores, del adecuado suministro de los elementos nutritivos para atender sus necesidades fisiológicas y metabólicas (Ferreira *et al.*, 2003), así como de la disponibilidad de agua, dada su importancia para los procesos de disolución y transporte de los elementos nutritivos (Muñoz-Arboleda, 2009). Por otro lado, la creciente conciencia acerca de la conservación del ambiente, así como los riesgos de la salud asociados con la aplicación y el abuso en el empleo de los agroquímicos, y las preferencias de los consumidores por los alimentos seguros y libres de riesgo, son las principales condicionantes que dirigen el renovado interés de formas alternativas de agricultura en el mundo. En este sentido, la agricultura orgánica es una opción entre el amplio espectro de métodos de producción que conservan y protegen al ambiente. En el mundo, la demanda de alimentos orgánicos se incrementa permanentemente con un índice promedio de crecimiento anual de 20%-25%. La agricultura orgánica, sin duda, es uno de los sectores de más rápido crecimiento de la producción agrícola; sin embargo, existen ciertos aspectos que deben clarificarse antes de que se realice una conversión a gran escala hacia la agricultura orgánica, uno de los más importantes se refiere a la necesidad de dilucidar si es posible satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos a partir de fuentes orgánicas (Ramesh *et al.*, 2005).

En el ámbito de la agricultura orgánica diversos autores, entre los que destacan Atiyeh *et al.* (2000), Ramesh *et al.* (2005), Aalok *et al.* (2008) y Manivannan *et al.* (2009), establecieron que el VC, además de estar conformado por materiales finamente divididos como la turba contiene: *a*) elementos nutritivos fácilmente asimilables y de lenta liberación, *b*) reguladores de crecimiento y otros materiales que favorecen el crecimiento de las especies vegetales, generados por los microorganismos, *c*) un índice elevado de porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad, *d*) elevada carga y diversidad microbiana, *e*) una gran área superficial, además de otras características que potencialmente pueden favorecer el desarrollo de las plantas.

Se ha establecido que el empleo de los abonos orgánicos (AO), entre los cuales se encuentran el C y el VC, mejora sustancialmente diversas característi-

cas de los suelos y de los sustratos de crecimiento: la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización de elementos nutritivos, el mantenimiento de valores de pH óptimos para la agricultura; también evitan los cambios extremos de temperatura, además de fomentar la actividad microbiana y controlar la erosión (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

Adicionalmente, en relación con la retención de humedad en los sustratos donde se ha aplicado VC, Atiyeh *et al.* (2000) reportan incrementos en el contenido de humedad, y destacan que este hecho puede deberse a que el VC posee una relación superficie: volumen más grande. La retención de humedad en cantidades adecuadas y de manera homogénea es la principal característica que se busca en un sustrato, ya que a través del agua las raíces asimilan los elementos nutritivos esenciales, además de que las plantas requieren agua para llevar a cabo las funciones metabólicas que les permitan convertir sustancias minerales en compuestos orgánicos; Bastida-Tapia (2001) también ha establecido que mientras más elevada sea la capacidad de retención de humedad, menos frecuentes serán los riegos.

En atención a lo anterior, este trabajo experimental se estableció con el propósito de evaluar el comportamiento del tomate de crecimiento indeterminado, y de definir el sustrato y la frecuencia de riego necesaria para cubrir la demanda nutritiva e hídrica del cultivo, sin afectar su calidad y rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el ciclo P-V, 2011, en un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México, cuyas instalaciones se encuentran en La Comarca Lagunera, al norte de México (25° 05' y 26° 54' LN; y 101° 40' y 104° 45' LO, a una altitud de 1139 msnm). Esta región recibe una precipitación promedio anual de 235 mm y su temperatura media es de 18.6 °C (Schmidt, 1989).

El invernadero es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado, protegido con malla sombra durante las estaciones más calurosas del año; su piso es de grava y tiene un sistema de enfriamiento automático de pared húmeda, con dos extractores. Posee ventanas laterales de 1.20 m de alto, cubiertas con acrílico enrollable y protegidas con malla antiáfido (Malla Plas®).

La siembra de las semillas de tomate saladette [*Solanumlycopersicum* L. (Peralta *et al.*, 2005)], cv. Kickapoo (Harris Moran®) se realizó el 6 de marzo de 2011 en charolas germinadoras de 200 cavidades, rellenas con peatmoss (Premier®), en las que se colocaron dos semillas por cavidad. Las charolas se cubrieron con plástico negro hasta la germinación, y se regaron cada tercer día con agua de la llave. Después de 34 días de la siembra, cuando las plántulas presentaron de dos a tres hojas verdaderas, se trasplantó una planta por maceta. Como maceta se utilizaron bolsas de polietileno negro, calibre 500 de 18 L que se colocaron en doble hilera, con arreglo a “tresbolillo”, con una densidad de cuatro macetas por m².

Se utilizaron tres mezclas: a) vermicompost + arena [VC:A; relación 1:1 (v:v)], b) compost + arena [C:A; relación 1:1 (v:v)] y c) vermicompost + compost + arena [VC:C:A; relación 1:1:2 (v:v:v)]. Cada uno de estos sustratos tuvo tres frecuencias de riego: 1) riego diario (RCD), 2) riego cada dos días (RC2D) y 3) riego cada tres días (RC3D). Las interacciones mezclas x frecuencias de riego generaron los nueve tratamientos que se evaluaron (Cuadro 1). La unidad experimental estuvo compuesta por una maceta, con una planta por maceta y cuatro repeticiones por tratamiento. La preparación del VC se realizó con estiércol de caballo, conejo y cabra, mezclados con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en una relación 1:1:1 en volumen, y con lombrices *Eiseniafetida* (Atiyeh *et al.*, 2000), durante un periodo de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000).

Al alcanzar 30 cm, el tallo principal de cada planta fue tutorado con rafia, las cuales se sujetaron

de la base de las macetas y de la estructura del invernadero para mantenerlas erguidas. Cada tercer día se eliminaron los brotes axilares con tijeras metálicas (Barrilito®), las cuales fueron desinfectadas con una solución de cloro (Cloralex, Alen®) al 1%, para evitar que las plantas se contaminaran de patógenos y mantuvieran su desarrollo solo en un tallo. Para realizar la polinización, al inicio de la floración –entre las 10:00 y las 13:00 h– se agitó manualmente la rafia que se utilizó como guía. Para facilitar la aireación y la coloración de los frutos, cuando los primeros alcanzaron el color punto rosado, se eliminaron las hojas que estaban debajo de ellos.

Para el control de plagas y enfermedades se realizaron revisiones cada dos días. La Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood) y los trips (*Frankliniella occidentalis*, Pergande) se controlaron con insecticida orgánico Biodie®, en dosis de 40 mL por cada 200 m²; se presentó pudrición apical, que se solucionó al aumentar la humedad relativa. Las variables evaluadas fueron: número de frutos por planta, contenido de sólidos solubles, peso del fruto y rendimiento total.

La demanda hídrica del cultivo se cubrió con un sistema de riego por goteo, con el que se aplicaron dos riegos diarios, de acuerdo con los siguientes intervalos: del día 1 al 35, del 36 al 50 y del 51 al 144 ddt, en una cantidad de 0.5, 1.0 y 1.5 L maceta⁻¹ día⁻¹, respectivamente, en función de la etapa fenológica del cultivo. Al concluir el experimento, los volúmenes de agua dosificados fueron: 173.5, 86.5 y 57.5 L maceta⁻¹, para los riegos diarios, cada dos días y cada tres días, respectivamente.

Cuadro 1. Composición de las mezclas, las frecuencias de riegos y tratamientos evaluados durante el desarrollo del tomate en condiciones de invernadero

Frecuencia de riego	Mezclas (Tratamientos)		
	VC:A (v:v)	C:A	VC:C:A (v:v:v)
Diario (RCD)	1:1 (T1)	1:1 (T2)	1:1:2 (T3)
1 día sí - 1 día no (RC2D)	1:1 (T4)	1:1 (T5)	1:1:2 (T6)
1 día sí - 2 días no (RC3D)	1:1 (T7)	1:1 (T8)	1:1:2 (T9)

VC = Vermicompost; C = Compost; A = Arena; RCD = Riego cada día; RC2D = Riego cada dos días; RC3D = Riego cada tres días; v:v = Relación v:v; v:v:v = Relación volumen:volumen:volumen; T1-T9 = Tratamientos.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela grande correspondió a las frecuencias de riego-riego diario (RCD), riego cada dos días (RC2D) y riego cada tres días (RC3D), y las parcelas chicas a las mezclas resultantes de las combinaciones entre VC, C y A. Para analizar el comportamiento de las variables de rendimiento (R) y peso promedio de fruto (PPF), se utilizó una báscula digital (Cubis, Sartorius®). El rendimiento se determinó con el peso del total de los frutos obtenidos en la cosecha, mientras que para el peso se utilizaron diez frutos por planta: el peso del fruto y el número de frutos por planta forman parte de los componentes de rendimiento (Santiago *et al.*, 1998). Además, se cuantificó el número de fruto (NF) por planta en cada cosecha, así como el contenido de sólidos solubles (SS) en los diez frutos por planta, determinado en °Brix con un refractómetro manual (Master-T, ATAGO®) y, finalmente, se aplicó el análisis de varianza. Cuando se encontraron diferencias significativas se realizó la comparación entre medias con la prueba DMS al 5%. Ambos análisis se realizaron mediante el programa estadístico de Olivares-Sáenz (1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Derivado de los ANDEVA, se determinó la presencia de interacciones altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre los tratamientos evaluados. A continuación se describe el comportamiento registrado para cada variable.

Sólidos solubles

El tratamiento T7, correspondiente a la interacción de la mezcla [VC:A, 1:1; (v:v)] con RC3D, registró la mayor concentración de SS al superar con al menos 0.3 °Brix al resto de los tratamientos evaluados (Figura 1). El contenido de SS registrado en el T7, 5.62 °Brix, cuya aplicación de riego se realizó cada tercer día, coincide con lo establecido por Marouelli *et al.* (2004), quienes determinaron que el déficit de agua durante la etapa de maduración de los frutos favorece el incremento del contenido de SS. Adicionalmente, este valor fue superado en 1.1 °Brix por el valor promedio de SS contenido en los frutos que se desarrollaron en diferentes volúmenes de fibra de coco y con distintas frecuencias de riego por goteo (de-Matos-Pires *et al.*, 2011).

Como se puede apreciar en la Figura 1, a excepción del T4 [mezcla VC:A, 1:1 (v:v) con RC2D], el resto de los tratamientos superaron el contenido de 4 °Brix considerado por Diez (2001) como el valor óptimo para frutos de tomate con fertilización inorgánica, ya sea que se destinen para el procesamiento industrial o para el consumo en fresco. Igualmente, a excepción del tratamiento T4, el resto de los tratamientos registraron valores iguales o ligeramente superiores de contenido de SS reportados en los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, 4.3 y 4.4, respectivamente, desarrollados con fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero (Márquez-Quiroz *et al.*, 2014).

El hecho de que la mayor parte de los tratamientos hayan favorecido una mayor acumulación de SS puede deberse, en parte, al efecto que genera la aplicación del VC –al suelo o a los medios de crecimiento usados en los invernaderos– sobre la conductividad eléctrica, cuyos valores se incrementan linealmente conforme se incrementa la cantidad aplicada de este abono orgánico (Atiyeh *et al.*, 2001; Manivannan *et al.*, 2009), y de acuerdo con Dorais *et al.* (2001), al incrementarse la salinidad en los medios de crecimiento, también se incrementa el contenido de SS de los frutos. El mayor contenido de SS constituye un atributo de interés para la agroindustria procesadora de tomate, dado que se reducen los costos de producción y, a la vez, la calidad de los productos es óptima (Goykovic-Cortés y Saavedra-del-Real, 2007).

Número de frutos

En el caso del número promedio de frutos por planta, el mayor valor, que fue de 37, se registró en los tratamientos T1 y T3 [mezclas VC:A, 1:1 (v:v) y VC:V:A, 1:1:2 (v:v:v) con RCD]. Este valor superó en al menos ocho frutos al resto de los sustratos con las diferentes frecuencias de riego, aunque las mismas mezclas registraron seis frutos menos del valor reportado por Santiago *et al.* (1998) para la variedad Río Grande, tipo saladette, desarrollado bajo condiciones de invernadero, con fertilización inorgánica.

En la Figura 2 se aprecia que la tendencia a generar más frutos se registra cuando es mayor la frecuencia de riegos, es decir, con el riego diario. Además, se puede destacar que cualquiera de los tres tratamientos: T1, T3 [mezclas VC:A, 1:1 (v:v), VC:V:A, 1:1:2 (v:v:v)] con RCD y T9 [mezcla VC:V:A, 1:1:1 (v:v:v) con RC3D] registraron números promedio de frutos por planta iguales o mayores a los 27 reportados por Vásquez-Ortiz *et al.* (2010) para tomate tipo saladette. Adicionalmente, en la misma figura se aprecia que es-

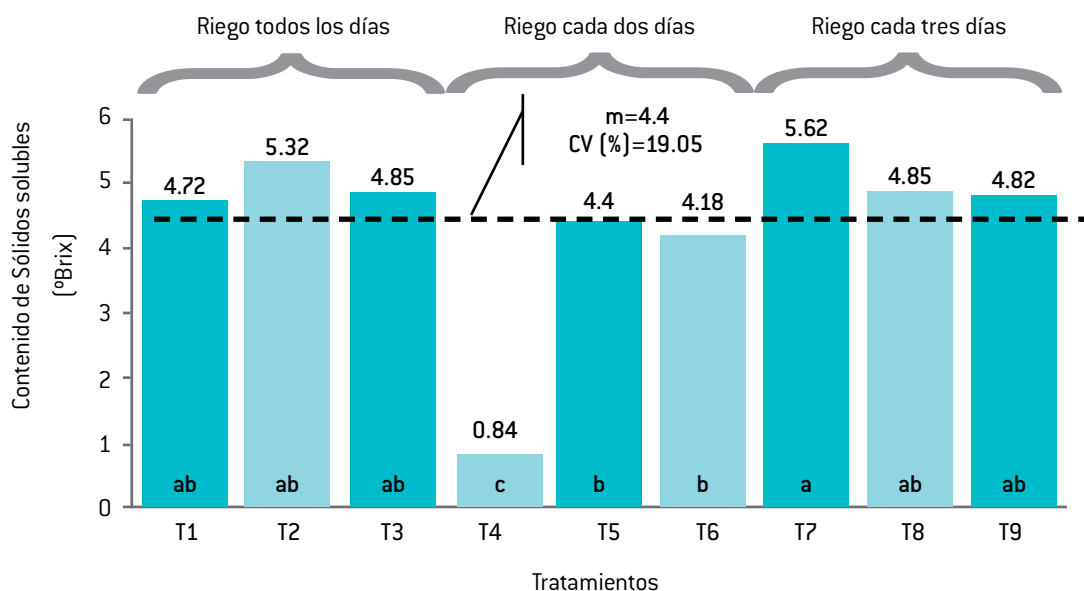


Figura 1. Contenido de sólidos solubles en frutos de tomate desarrollados en diferentes sustratos y diferentes frecuencias de riego. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente con la prueba $DMS_{(5\%)}$. m = valor promedio; CV = Coeficiente de variación.

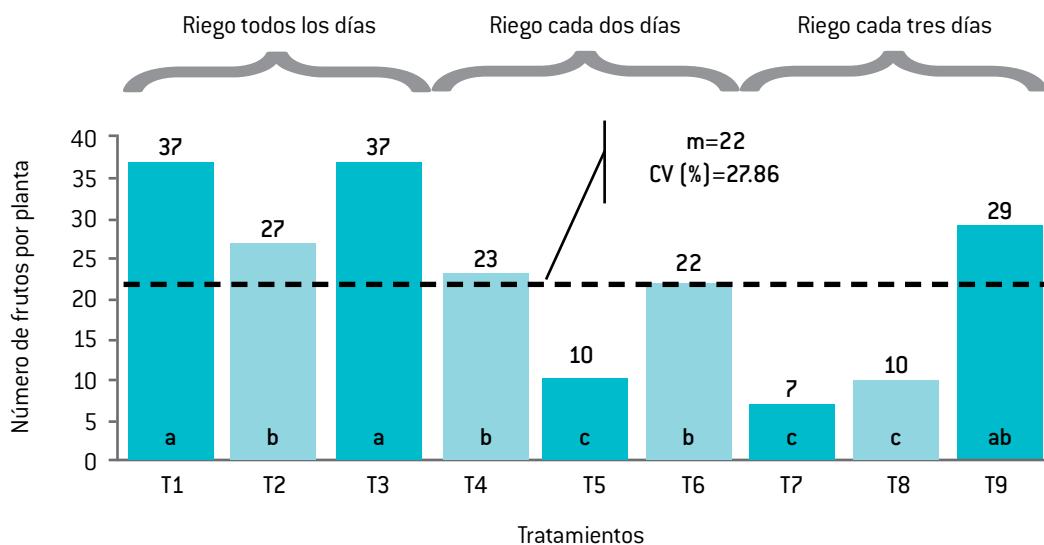


Figura 2. Promedio de frutos por planta de tomate obtenidos en diferentes sustratos y diferentes frecuencias de riego. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente con la prueba $DMS_{(5\%)}$. m = valor promedio; CV = Coeficiente de variación.

tos tres tratamientos, conjuntamente con el T2 [mezcla C:A, 1;1 (v:v) con RCD], superaron en al menos tres frutos al número de frutos reportado por Márquez-Quiroz *et al.* (2014) para los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, desarrollados con fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero.

El resultado de los 37 frutos promedio obtenidos coincidió con la media general reportada por Rodríguez-Dimas *et al.* (2008) para los genotipos de tomate Big Beef y Miramar desarrollados bajo condiciones de invernadero, en los cuales se utilizó humus de lombriz como sustrato de crecimiento.

Por otro lado, a diferencia de lo establecido por Pérez-Rivas *et al.* (2012) para los tratamientos T3 y T9, no siempre un mayor número de frutos implica que los frutos registren menor biomasa, puesto que en T3 se registró el mayor número de frutos y el segundo mayor peso promedio de frutos, mientras que en T9 se obtuvo el segundo mayor número de frutos con el mayor peso (Figuras 2 y 3).

Peso del fruto

El mayor peso promedio de los frutos, 98.87 g, se registró en el tratamiento T9 [mezcla VC:C:A, 1:1:1 (v:v:v) con RC3D], cuyo valor superó en 4% al resto de los frutos respecto a su peso promedio (Figura 3). Sin embargo, el peso promedio registrado en todos

los tratamientos para tomate saladette *cv.* Kickapoo, fue ampliamente superado por el peso promedio de 187.5 g reportado por Cristóbal-Alejo *et al.* (2010) para el *cv.* Maya.

Un aspecto a destacar es el hecho de que en la mezcla que incluyó los materiales C, VC y A, con la relación 1:1:2 en volumen, combinada con cualquiera de los tres riegos (RCD, RC2D y RC3D), los frutos de tomate Kickapoo registraron PPF, que fueron iguales o mayores a 93 gfruto⁻¹ (Figura 3); a su vez, este valor superó a los pesos de fruto: 89.6, 87.5 y 91.8 g reportados por Martínez-Martínez *et al.* (2013) para los híbridos Aníbal, El Cid y Sun 7705, respectivamente, los cuales se fertilizaron con seis soluciones nutritivas cuya concentración de Ca(NO₃)₂•4H₂O fue diferente: 0.3541, 1.0623, 1.4146, 1.7706, 2.1247 y 2.4788 gL⁻¹ de manera respectiva, y con los elementos esenciales restantes de la solución nutritiva de Steiner.

Por otro lado, en cinco de los tratamientos evaluados: T1, T3, T6, T8 y T9 se determinaron valores de PPF que superaron, o al menos resultaron iguales que los PPF de los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, reportados por Márquez-Quiroz *et al.* (2014), cuyos valores oscilaron de 81.76 a 88.52 g, respectivamente; ambos genotipos se desarrollaron con fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero. Debido a lo anterior y por los resultados obtenidos en estos trabajos expe-

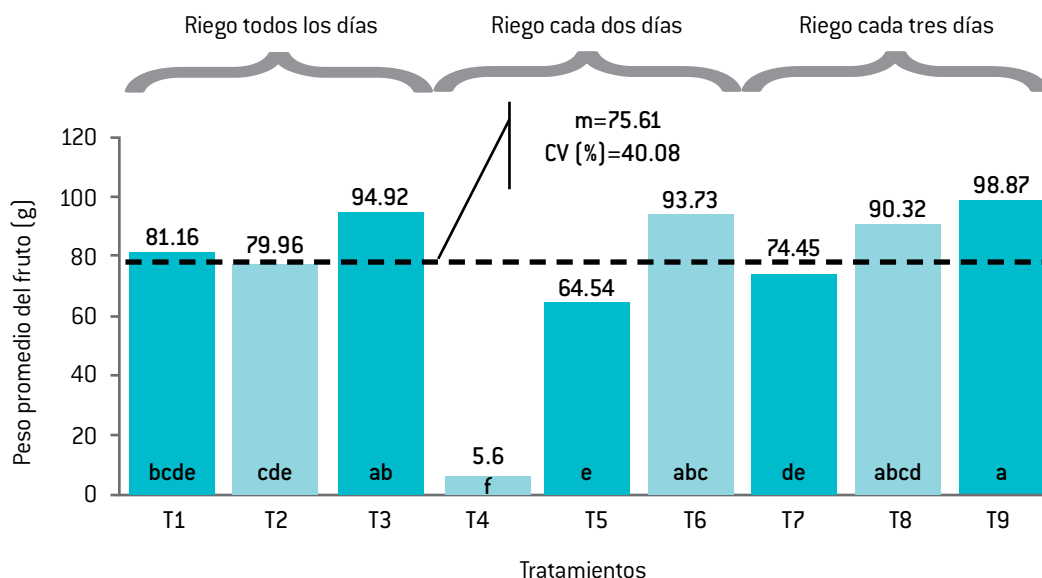


Figura 3. Peso promedio de frutos de tomate obtenidos en diferentes sustratos y diferentes frecuencias de riego. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente con la prueba DMS_[5%]. m = valor promedio; CV = Coeficiente de variación.

perimentales, se fortalece la idea de que es posible satisfacer la demanda nutritiva de esta especie vegetal con la aplicación de abonos orgánicos tipo VC y C.

Rendimiento

El tratamiento T3 (mezcla VC:C:A (1:1:2, v:v:v) con RCD registró el mayor rendimiento promedio, cuyo valor de $14.76 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, y superó con al menos un 18.9% al rendimiento del resto de los tratamientos (Figura 3).

Por otro lado, a excepción de los tratamientos T5 [mezcla C:A, 1:1 (v:v) con RC2D], T7 y T8 [mezclas VC:A, 1:1 (v:v) C:A, 1:1 (v:v), ambas con RC3D], el resto de los tratamientos superó en forma considerable a los rendimientos promedio reportados por De-la-Cruz-Lázaro *et al.* (2009) para el híbrido SUN-7705 de 5.15 y 3.48 kgm^{-2} , cuando se les aplicó solución nutritiva con fertirriego, y en mezclas de C y VC con arena a diferentes niveles, respectivamente.

Además, destaca que la media general de producción con valor de 7.89 kg m^{-2} resultó ser 7.89 veces superior que la producción de tomate orgánico bajo condiciones de campo, con un rendimiento de 1.0 kg m^{-2} (SIAP, 2005). También resultó ser 2.27 veces mayor al valor promedio de rendimiento 3.48 kg m^{-2} , determinado por De-la-Cruz-Lázaro *et al.* (2009), al evaluar el comportamiento del híbrido SUN-7705 en diferentes

sustratos, formulados con mezclas de C y VC, con arena en diferentes proporciones. En el mismo sentido, los 7.89 kg m^{-2} resultaron similares a los rendimientos reportados por Márquez-Quiroz *et al.* (2014) para los genotipos Cuauhtémoc y El Cid, desarrollados con fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero.

Finalmente, al considerar los volúmenes de agua aplicada por frecuencia de riego, cuyos valores correspondieron a 173.5 , 86.5 y $57.5 \text{ L maceta}^{-1}$, para RCD, RC2D y RC3D, respectivamente, los mayores valores de rendimiento fueron: 14.76 , 8.63 y 11.71 kg m^{-2} , obtenidos en los tratamientos T3, T6 y T9 (Figura 4), y si por metro cuadrado se incluyeron cuatro macetas, entonces se estimó que la productividad del agua fue de 17.19 , 24.94 y 50.91 kg m^{-3} , respectivamente. De estos últimos valores, los dos primeros fueron ampliamente superados por la productividad de 35 kg m^{-3} , reportada por Flores *et al.* (2007) para tomate de invernadero. Por otro lado, puesto que el último valor que superó con creces al valor de Flores y colaboradores, es posible suponer que se puede incrementar la eficiencia en el manejo del agua cuando se utilizan como parte de los sustratos de crecimiento tanto el C como el VC, por lo que se sugiere continuar con este tipo de estudios, en los que más que suspender los riegos entre días, se sugiere manejar diferentes volúmenes diarios para el riego de las macetas.

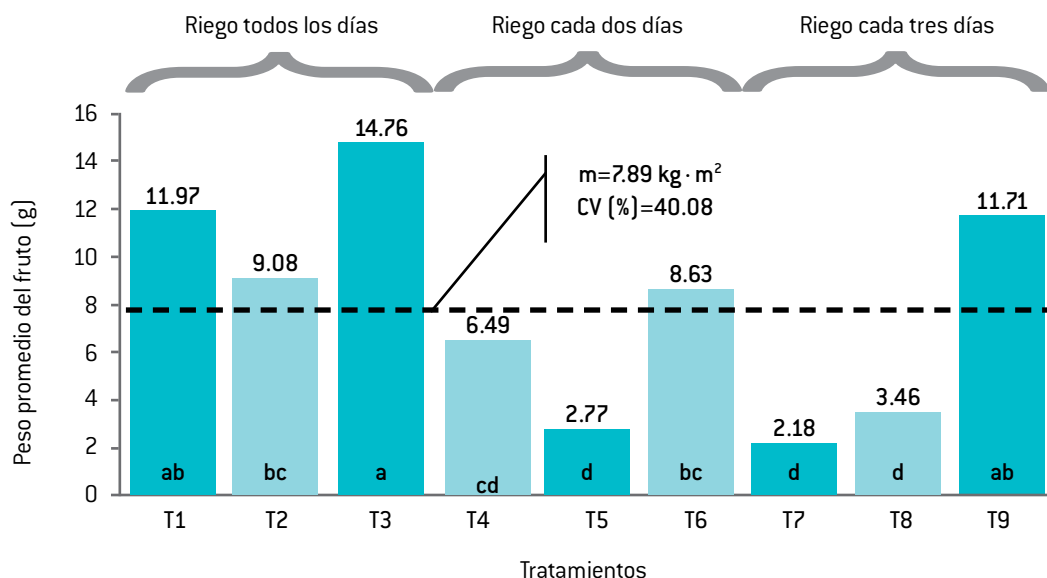


Figura 4. Rendimiento promedio de tomate obtenido en diferentes sustratos y diferentes frecuencias de riego. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente con la prueba DMS_(5%). m = valor promedio; CV = Coeficiente de variación.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que los sustratos evaluados: C y VC poseen características que les permiten ser contemplados como alternativa, tanto para el proceso de nutrición de las plantas, como para favorecer la retención de humedad, sin menoscabo de la calidad y el rendimiento del tomate bajo condiciones de invernadero.

AGRADECIMIENTOS

El financiamiento del proyecto: Desarrollo de especies vegetales en invernadero con VC para hacer más eficiente el consumo de agua, de donde se derivó el presente experimento, fue otorgado por la Secretaría de Educación Pública y la Subsecretaría de Educación Superior, a través del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), al Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) en formación, con clave: UAAAN-CA-14.

LITERATURA CITADA

- AALOK, A., A.K. Tripathi, P. Soni. 2008. Vermicomposting: A Better Option for Organic Solid Waste Management. *J. Hum. Ecol.* 24(1): 59-64.
- ATIYEH, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards, J.D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Biores. Technol.* 75: 175-180.
- ATIYEH, R.M., C.A. Edwards, S. Subler, J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78: 11-20.
- BANSAL, S., K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Biores. Technol.* 73: 95-98.
- BASTIDA-TAPIA, A. 2001. El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para la agricultura moderna. Serie de publicaciones AGRIBOT No. 4. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 72 p.
- CRISTÓBAL-ALEJO, J., E. Herrera-Parra, V. Reyes-Oregel, E. Ruiz-Sánchez, J.M. Tun-Suárez y T. Celis-Rodríguez. 2010. *Glomus intraradices* para el control de Meloidogyne incognita (kofoid & white) Chitwood en condiciones protegidas. *Fitosanidad* 14(1): 25 -29.
- DE-LA-CRUZ-LÁZARO, E., M.E. Estrada-Botello, V. Robledo-Torres, R. Osorio-Osorio, C. Márquez-Hernández, R. Sánchez-Hernández. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia-Trópico Húmedo.* 25(1): 59-67.
- DE-MATOS-PIRES, R.C., P.R. Furlani, R. Vasconcelos-Ribeiro, D. Bodine-Junior, E. Sakai, A.L. Lourenção, A. Torre-Neto. 2011. Irrigation frequency and substrate volume effects in the growth and yield of tomato plants under greenhouse conditions. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)* 68(4): 400-405.
- DIEZ, J.M. 2001. Tipos varietales. En: El cultivo del tomate. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa. D.F. 796 p.
- DORAIS, M., A.P. Papadopoulos, A. Gosselin. 2001. Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie* 21: 367-383.
- FERREIRA M., M.M., G.B. Ferreira, P.C.R. Fontes. 2003. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. *Hort. Bras.* 21(3): 468-473.
- FLORES, J., W. Ojeda-Bustamante, I. López, A. Rojano, I. Salazar. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *TERRA Latinoamericana.* 25(2):127-134.
- GOYKOVIC-CORTÉS, V., G. Saavedra-del-Real. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA (Chile).* 25(3):47 - 58.
- MANIVANNAN, S., M. Balamurugan, K. Parthasarathi, G. Gunasekaran, L.S. Ranganathan. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Environ. Biol.* 30(2): 275-281.
- MÁRQUEZ-QUIROZ, C., P. Cano-Ríos, A. Moreno-Reséndez, U. Figueroa-Viramontes, E. Sánchez-Chávez, E. de-la-Cruz-Lázaro, V. Robledo-Torres. 2014. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA).* 110(1): 3-17.
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, L., V.A. Velasco-Velasco, J. Ruiz-Luna, J.R. Enríquez-del Valle, G.V. Campos-Ángeles, M.L. Montañó-Lugo. 2013. Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (Pub. Esp. 6):* 1175-1184.
- MAROUELLI, W.A., W.L.C. Silva, C.L. Moretti. 2004. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. *Hort. Bras.* 22(2): 226-231.
- MUÑOZ-ARBOLEDA, F. 2009. Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. *Carta Trimestral. CENICA-ÑA.* 31(3 y 4): 16-18

- NIETO-GARIBAY, A., B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larrinaga-Mayoral, J.L. García-Hernández, 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
- OLIVARES-SÁENZ, E. 1993. Programa de Diseños Experimentales. V. 2.4. Facultad de Agronomía-UANL. Marín, México.
- PERALTA, I.E., S. Knapp, D.M. Spooner. 2005. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Syst. Bot.* 30(2): 424-434.
- PERÉZ-RIVAS, M. B., M. Albarracín, H. Moratinos, F. Zapata-Navas. 2012. Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) bajo condiciones protegidas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 29: 395-412
- RAMESH, P., M. Singh, A.S. Rao. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Science* 88(4): 561-568.
- RODRÍGUEZ-DIMAS, N., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, A. Palomo-Gil, F. Favela-Chávez, V. de P. Álvarez-Reyna, C. Márquez-Hernández, A. Moreno-Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humos de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 265-272.
- SANTIAGO, J., M. Mendoza y F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agron. Mesoamericana*. 9(1): 59-65.
- SCHMIDT JR., R.H. 1989. The aridzones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Environ.* 16: 241-256.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2005. Producción de jitomate rojo orgánico. <http://www.siap.gob.mx/> (8 agosto 2011).
- VÁSQUEZ-ORTIZ, R., J.C. Carrillo-Rodríguez, P. Ramírez-Vallejo. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra de jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(2): 49-64.

Efecto de anticuerpo de yema de huevo y núcleo proteico en dietas para cerdos en iniciación

Effect of egg yolk antibody and protein nucleotides in diets for growing pigs

Enrique Mejía-Onofre¹, Ramón Florencio García-Castillo^{1*}, Roberto García-Elizondo¹,
Juan David Hernández-Bustamante¹, Jaime Salinas-Chavira²

¹Departamento de Nutrición Animal, Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. Tel.: (844) 411-0337. E-mail: quia 834@hotmail.com [*Autor Responsable].

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

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la yema de huevo (IgY) y el núcleo proteico (Nupro) en las dietas de cerdos en iniciación, sobre las siguientes variables: consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y relación de eficiencia proteica (REP), así como en grasa dorsal, peso al sacrificio, peso de canal caliente, rendimiento de canal caliente, peso de canal fría y rendimiento de canal fría. Se utilizaron 60 lechones de cruce tipo comercial: Duroc, Landrace, Yorkshire, Hampshire, con un peso promedio de 9.32 kg de PV y una desviación estándar de 1.64. Se evaluaron cuatro tratamientos con tres repeticiones, de cinco lechones cada uno. Cada repetición se consideró una unidad experimental. El testigo (T1) consistió en una dieta comercial, sin yema, sin Nupro (SY/SN); el T2, con yema, sin Nupro (CY/SN); el T3, sin yema, con Nupro (SY/CN) y el T4, con yema, con Nupro (CY/CN). La yema de huevo se agregó a la dieta en 1.25%, y el Nupro en 4%. Para analizar estadísticamente los resultados de las variables: CDA, GDP, CA y REP; y de grasa dorsal, peso al sacrificio, peso de canal caliente, rendimiento de canal caliente, peso de canal fría y rendimiento de canal fría, se utilizó un diseño de bloques completos al azar. La inclusión de yema de huevo y Nupro (T2 y T3) reportó diferencia significativa ($P < 0.05$) y mejoró la ganancia diaria de peso. Para el consumo diario de alimento, la conversión alimenticia, la relación de eficiencia proteica y el peso de la canal fría no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre los tratamientos, en tanto que la inclusión de yema de huevo mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) y aumentó el peso al sacrificio y el de canal caliente; para el rendimiento de canal caliente hubo diferencia estadística ($P < 0.05$) con el testigo, de igual forma que con rendimiento de canal fría; sin embargo, el testigo y la interacción de IgY y Nupro fueron los mejores. Para grasa dorsal no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

Palabras clave: yema de huevo (IgY), Nupro, lechones, comportamiento, características de la canal.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of Nupro and egg yolk (IgY) in diets for nursery pigs on daily feed intake (DFI), average daily gain (ADG), feed conversion (FC) and relationship protein efficiency ratio (PER) and back fat, slaughter weight, hot carcass weight, cold carcass weight, hot channel performance and cold channel performance. 60 piglets were used with an average weight of 9.32 kg of PV with a standard deviation of 1.64, commercial crossbred (Duroc, Landrace, Yorkshire, Hampshire). Assessing four treatments with three replicates of five pigs each. Each repetition considered an experimental unit. The control T1 commercial diet without Yolk, without Nupro (SY / SN); T2, with Yolk, without Nupro (CY / SN); T3 without Yolk, with Nupro (SY / CN) and T4, with Yolk, with Nupro (CY / CN). The egg yolk was added to the diet at 1.25% and 4% Nupro. To statistically analyze the results of the variables DFI, ADG, FC and PER; backfat, slaughter weight, hot carcass weight, hot carcass yield, weight of the cold runner and cold runner performance design randomized complete block was used. The inclusion of egg yolk and Nupro (T2 and T3) reported significant difference ($P < 0.05$) and increased daily weight gain. For daily feed intake, feed conversion, protein efficiency ratio and cold carcass weight no difference ($P > 0.05$) between treatments. Also the inclusion of yolk showed significant difference ($P < 0.05$) and increased slaughter weight and hot carcass weight, however for performance hot runner was no statistical difference ($P < 0.05$) with the control, equally to performance cold runner being better the witness and the interaction of IgY and Nupro. Backfat for no significant difference was found between treatments.

Key words: egg yolk (IgY), Nupro, piglets, performance, carcass characteristics.

INTRODUCCIÓN

Los cerdos, de igual forma que otras especies zootécnicas, requieren alimentación adecuada con el fin de presentar una condición óptima para reproducirse y transformar de manera eficiente los alimentos que se les suministran en carne de buena calidad (Germán *et al.*, 2005).

En los sistemas de producción porcina tecnificados y semitecnificados, la alimentación representa entre 55% y 62% de los gastos. La búsqueda de alternativas para disminuir estos costos lleva a utilizar ingredientes que mejoren el comportamiento del animal (Sagarpa, 2006). La inclusión de nuevos ingredientes alimenticios debe favorecer su desarrollo, siempre y cuando el animal esté sano y refleje un excelente sistema inmunológico, y una salud óptima del tracto en todas las etapas productivas (Cook, 2009; Bikker *et al.*, 2006), de las que el destete del lechón es la más crítica, pues experimenta una disminución en el consumo de alimento y la presencia de diarrea, lo que provoca retraso en el desarrollo del animal y, en algunos casos, la muerte (Reynoso *et al.*, 2004).

Un aditivo que ha mejorado el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los cerdos en posdestete es la inmunoglobulina de la yema de huevo (IgY), ya que ofrece una alternativa para mejorar el rendimiento de los animales (Cook, 2004). Estos anticuerpos, que se encuentran en el polvo de yema de huevo, provienen de gallinas libres de patógenos o híper inmunizadas con múltiples especies de *Eimeria* (parásitos causantes de enfermedades intestinales), tales como la coccidiosis, que son capaces de mejorar la eficiencia del sistema inmunológico, para aumentar la producción a través de una mejor absorción de nutrientes (García, 2012).

De la misma manera el Nupro, que se obtiene del extracto de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, es un sustrato que mejora el sistema inmune del lechón, ya que posee un alto contenido proteico, rico en inositol, promotor natural de crecimiento; el glutamato, que tiene un gran impacto en la aceptación o saborizante del alimento y, además, un importante contenido de nucleótidos, esenciales para los tejidos y órganos cuya síntesis es deficiente por la mucosa intestinal; los nucleótidos en la suplementación también promueven el desarrollo de la actividad enzimática en el intestino (Reyes y Fierro, 2007).

Por lo anterior, en este trabajo se planteó el propósito de evaluar el efecto independiente de la adi-

ción de anticuerpo de IgY y de Nupro, y de la inclusión de ambos aditivos en dietas para cerdos en inicio, a través de la evaluación de las siguientes variables: comportamiento productivo, CDA, GDP, CA, y REP, grasa dorsal, peso al sacrificio, peso de la canal caliente, rendimiento de la canal caliente, peso de la canal fría y rendimiento de la canal fría.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de trabajo

Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja Porcina, laboratorios de Producción Animal y Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coah., México, con localización geográfica 25° 22' LN, 101° 00' LO, a una altitud de 1742 msnm. El clima de la región es BSo kx' (e) caracterizado por ser seco o árido, con régimen de lluvias entre verano e invierno, precipitación media anual de 225 mm y temperatura media anual de 17.7° C (García, 1987).

Diseño del experimento

Se utilizaron 60 lechones de tipo comercial recién destetados: Duroc, Landrace, Yorkshire, Hampshire, con un peso promedio de 9.32 kg PV. Los lechones se pesaron al inicio y al finalizar la investigación. Los requerimientos nutricionales para animales de esta edad y peso se establecieron de acuerdo con los requerimientos nutricionales de los cerdos, del National Research Council (NRC, 1998).

Se evaluaron cuatro tratamientos con tres repeticiones, de cinco lechones cada uno. Cada repetición se consideró una unidad experimental. El T1 fue con dieta comercial, sin IgY-sin Nupro (SY/SN); el T2, con IgY-sin Nupro (CY/SN); el T3, sin IgY-con Nupro (SY/CN), y el T4, con IgY-con Nupro (CY/CN).

Los animales, previa identificación, fueron bloqueados por peso y distribuidos en doce grupos para formar cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno. El alimento que se les ofreció fue según el tratamiento que les correspondió. La adición del anticuerpo de IgY fue de 1.25% y 4.0% de Nupro. El alimento se les proporcionó *ad libitum* (NRC, 1998).

Procedimiento experimental

En cuanto al comportamiento productivo, el CDA se obtuvo con la diferencia del alimento ofrecido y rechazado, dividido entre el número de animales y los días

del experimento, que fueron 22. La GDP se calculó con la diferencia entre el peso final y el peso inicial, dividido entre 22 días de alimentación. La CA se obtuvo al dividir CDA entre GDP. La REP se obtuvo al dividir GDP entre proteína diaria consumida (Shimada, 2003).

Las medidas de espesor de grasa dorsal se tomaron entre la séptima y octava costilla, a una distancia de siete centímetros de la columna vertebral, de acuerdo con las instrucciones de operación del equipo *Draminski back fat scanner*. También se escogió al azar un animal de cada repetición, que se sacrificó humanitariamente para evaluar la canal: su peso al sacrificio, su peso caliente y su peso en frío. El rendimiento de las canales caliente y fría se obtuvo con el peso de la canal caliente y de la fría, dividido entre peso al sacrificio, multiplicado por cien.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento. Para la comparación de medias, se utilizó la prueba Tukey (Steel y Torrie, 1980). Las variables de respuesta fueron: consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica, espesor de grasa dorsal, peso al sacrificio, peso de la canal caliente, rendimiento de la canal caliente, peso de la canal fría y rendimiento de la canal fría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento productivo

En el Cuadro 1 se observan los resultados de las diferentes variables de comportamiento productivo estudiadas.

Para el CDA no hubo diferencia estadística ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos, ya que se tuvieron resultados similares a los obtenidos por García *et al.* (2014), con 81 lechones, quienes agregaron el Nupro también en 4%; por su parte, Hansen *et al.* (1993) reportaron un mayor CDA cuando se utiliza plasma porcino como fuente de proteína en lechones destetados precozmente, en una dieta de maíz-soya; sin embargo, Pérez (2003) concluyó que, al utilizar varios niveles de plasma porcino, el CDA con 7.6% de plasma fue mayor, y al incluir 9%, éste se redujo. Aguilar (2014), quien utilizó 48 lechones de traspatio en etapa de iniciación, encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el CDA al incluir IgY (1.25%) en la dieta.

Para GDP se encontraron resultados estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) en los tratamientos, de los cuales los mejores fueron: el T3 (SY/CN), con un valor de 0.609 kg y el T2 (CY/SN), con 0.601 kg, en comparación con los tratamientos restantes, cuyos valores fueron de 0.570 y 0.489 kg para T1 (SY/SN) y T4 (CY/CN), respectivamente. La inclusión de IgY y Nupro a la dieta favoreció la GDP.

Cuadro 1. Consumo, incremento, conversión alimenticia y relación de eficiencia proteica en lechones alimentados con IgY, Nupro y ambos.

Variables	Tratamientos				P>F	CV (%)
	T1	T2 (IgY)	T3 (N)	T4 (IgY, N)		
Consumo diario (kg)	1.038 ^a	0.943 ^a	1.010 ^a	0.831 ^a	0.054	7.79
Ganancia diaria de peso (kg)	0.570 ^{ab}	0.601 ^a	0.609 ^a	0.489 ^b	0.023	6.31
Conversión alimenticia (kg/kg)	1.825 ^a	1.612 ^a	1.709 ^a	1.697 ^a	0.415	8.39
Relación de eficiencia proteica (g/g)	2.426 ^a	2.830 ^a	2.666 ^a	2.607 ^a	0.316	9.07

^{a, b} Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos ($P > 0.05$).
CV= coeficiente de variación.

El Nupro presentó un balance de aminoácidos, péptidos y ácidos nucleicos superior, por lo que los animales mostraron una mejor respuesta a la GDP; esto lo sustentan Carlson *et al.* (2005), quienes obtuvieron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para GDP en lechones que se alimentaron con proteína de levadura y plasma animal, en comparación con el promotor de crecimiento Carbadox (AB).

Al evaluar una dieta con Nupro en lechones, García *et al.* (2014) no obtuvieron diferencias estadísticas para GDP, lo que pudo deberse, mencionan, a que los lechones tuvieron un consumo energético menor al recomendado por NRC debido a que las proteínas se utilizaron para mantener el requerimiento energético, no para fijarse; asimismo, Kerr y Easter (1995) señalan que al consumir los lechones proteína de calidad, no lo reflejan en su peso porque la usan para producir energía.

Cook (2004) considera el consumo de IgY como método para mejorar el crecimiento animal con o sin antibióticos promotores del crecimiento, lo cual beneficia la GDP. Borja y Medel (1998), al realizar un experimento durante un periodo de 25 días con cerdos posdestete, encontraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) y concluyeron que la inclusión de un 3%-4% de harina de huevo en el alimento de lechones, reduce las diarreas y mejorar el crecimiento diario y, por ende, la GDP.

En cuanto a CA se encontraron los siguientes resultados en kg: para el T1 (SY/SN), 1.825; T2 (CY/SN), 1.612; T3 (SY/CN), 1.709, y T4 (CY/CN), 1.697, lo que refleja que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. De igual manera, en REP los resultados no fueron significativos (g): para el T1 (SY/SN), 2.426; T2 (CY/SN), 2.830; T3 (SY/CN), 2.666, y T4 (CY/CN), 2.607. La adición de IgY, Nupro y ambos no afectó la REP.

Coffey y Cromwell (1995) reportaron datos similares a los de este experimento: de 1.34 a 1.70 de CA, en el cual se incluyó el plasma porcino en niveles de 8.3% como fuente de proteína; por otra parte, Nessmith *et al.* (1995), en un ensayo realizado con 270 lechones destetados que se alimentaron de IgY (3%) en sustitución de plasma animal, durante 14 días después del destete, obtuvieron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para CA.

Según García (2013), la REP es un método indirecto útil para determinar la calidad de la proteína, la cual se estima a partir de la ganancia de peso en relación con la proteína consumida, que normalmente se reporta como ganancia de peso por peso

de proteína consumida; aunque el término eficiencia alimenticia es más correcto, ya que supone que la ganancia de peso se debe a toda la dieta y no exclusivamente a la proteína, este método estándar requiere uso de dietas que contienen, aproximadamente, 10% de proteína.

Al utilizar en la dieta la interacción de IgY y Nupro, Aguilar (2014) reporta diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) para REP con efecto negativo; sin embargo, García *et al.* (2009) reportaron que la REP mejora en cerdos alimentados con fitasas.

Peso al sacrificio, peso y rendimiento de la canal (caliente y fría), y grasa dorsal

En el Cuadro 2 se presentan los pesos, rendimiento de la canal y grasa dorsal de lechones que consumieron raciones con IgY, Nupro y ambos.

Para la variable peso al sacrificio hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, de los cuales el T2 (CY/SN), con valor de 26.333 kg, fue el mejor, según se refleja en el Cuadro 2; también mostraron resultados significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) para peso de canal caliente, de los cuales el T2 (CY/SN) y el T1 (SY/SN) fueron los mejores. Respecto a estos resultados, se observó que la IgY ayuda a obtener mejor peso al sacrificio y de canal, según Borja y Medel (1998), quienes afirman que el suministro de los anticuerpos contenidos en la yema de huevo de gallinas inmunizadas con diferentes antígenos de *Escherichia coli*, protege eficazmente a los lechones ante alguna enfermedad intestinal, lo cual mejora su desarrollo e incrementa su peso. Respecto a esto, Cook (2004) también señala que cuando se proporciona el anticuerpo del huevo, los animales mejoran la eficiencia de alimentación y crecimiento, lo que repercute en el rendimiento de la canal caliente, pues al tener mayor peso al sacrificio, el rendimiento de la canal aumenta, como lo muestran los resultados ($P \leq 0.05$) de este experimento, en el que el T1 (SY/SN) y T2 (CY/SN) fueron mejores que el T3 (SY/CN) y T4 (CY/CN), como aparece en el Cuadro 2. La adición de IgY favoreció esta variable.

En el mismo cuadro se muestra que en el peso de la canal fría no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. La inclusión de IgY, Nupro y ambos no afectaron esta variable. Quintero-Moreno *et al.* (1996) obtuvieron resultados similares, ya que al utilizar probióticos en una dieta de lechones, disminuyó el rendimiento de la canal; tampoco encontraron efecto alguno sobre la variable peso de canal fría y peso al sacrificio. Sin embargo,

para rendimiento de la canal fría, en este estudio se obtuvo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, de los cuales los mejores fueron el T1 (SY/SN) y T4 (CY/CN), que favorecieron la interacción de IgY y Nupro para aumentar el rendimiento de la canal, como se manifiesta en los resultados asentados en el Cuadro 2.

No haber obtenido mejora alguna con el suministro del Nupro pudo deberse al bajo consumo de este ingrediente en la dieta, y según Church *et al.* (2010), un consumo de proteína total en el alimento inferior al óptimo, reduce el índice de crecimiento y su eficiencia de aprovechamiento. Sin embargo, García *et al.* (2014), que utilizaron nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* como Nupro a 2.0% y 4.0% en raciones para la alimentación de cerdos posdestete, reportan que el peso al sacrificio fue similar entre tratamientos ($P \geq 0.05$), en tanto que el peso de canal caliente (kg) y el rendimiento en canal caliente (%) fueron significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La suplementación de Nupro mejoró peso y rendimiento en canal caliente.

Para la grasa dorsal no se presentaron diferencias estadísticas, según se muestra en el Cuadro 2. La adición de IgY, Nupro y ambos no afectaron la grasa dorsal.

Una estrategia alimenticia para incrementar el contenido de grasa intramuscular (GIM), pasa por bajar los aportes de proteína o de ciertos aminoácidos como la lisina. Algunos estudios muestran que, al reducir el contenido en proteína o de la lisina de la dieta, aumenta en forma significativa el contenido en GIM tanto del lomo como del jamón (Esteve y Lizardo, 2012).

En un trabajo realizado por Echeverry *et al.* (2008), la grasa dorsal en cerdos fue diferente ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos, ya que se obtuvo mayor rendimiento en los animales que recibieron el tratamiento con el máximo nivel de lisina. Por su parte, Figueroa-Velasco *et al.* (2004) obtuvieron diferentes resultados al trabajar con 32 cerdos: 16 machos castrados y 16 hembras, que redujeron la EM en dietas bajas en proteína. La reducción de PC redujo el espesor de la GD.

Cuadro 2. Peso al sacrificio, peso de canal caliente y fría, rendimiento de canal caliente y fría y grasa dorsal de lechones alimentados con IgY, Nupro y ambos.

Variables	Tratamientos					P>F	CV (%)
	T1	T2 (IgY)	T3 (N)	T4 (IgY, N)			
Peso al sacrificio (kg)	24.333 ^{ab}	26.333 ^a	24.000 ^{ab}	19.733 ^b	0.039	8.77	
Peso canal caliente (kg)	18.000 ^{ab}	18.266 ^a	14.550 ^b	12.800 ^b	0.040	12.60	
Rendimiento canal caliente (%)	74.010 ^a	69.389 ^{ab}	60.193 ^b	64.403 ^b	0.047	6.98	
Peso canal fría (kg)	16.733 ^a	16.000 ^a	14.066 ^a	12.466 ^a	0.056	10.61	
Rendimiento canal fría (%)	68.853 ^a	61.056 ^{ab}	58.503 ^b	63.036 ^{ab}	0.027	4.78	
Grasa dorsal (mm)	10.933 ^a	10.216 ^a	12.066 ^a	11.166 ^a	0.399	11.06	

^{a, b} Promedios con igual literal dentro de hilera no son significativos ($P > 0.05$).
CV= coeficiente de variación.

CONCLUSIONES

La inclusión de IgY y Nupro en dietas para cerdos en iniciación no mejoró el comportamiento productivo, sólo favoreció la ganancia diaria de peso (GDP), lo cual aumenta el desarrollo corporal; sin embargo, en las variables consumo diario de alimento (CDA), conversión alimenticia (CA), relación de eficiencia proteica (REP) y peso de la canal fría no tuvo ningún efecto. Al suministrar IgY en la dieta, las variables peso al sacrificio y peso de la canal caliente se vieron favorecidas; para el rendimiento de la canal caliente favoreció el testigo y la IgY; para rendimiento de canal fría favoreció el testigo y la interacción de IgY y Nupro. En lo que respecta a grasa dorsal, no se vio afectada por la inclusión de Nupro e IgY en la dieta.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR, V.A. 2014. Utilización de productos no convencionales: yema de huevo (IgY) y Nupro en la alimentación de cerdos en iniciación. Tesis M.C. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. 37 pp.
- BIKKER, P., A. Dirkzwager, J. Fledderus, P. Trevisi, I. le Huërou-Luron, J. P. Lallès and A. Awati. 2006. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. *J. Anim. Sci.* 84: 3337-3345.
- BORJA, E. y P. Medel. 1998. Avances en la alimentación del porcino. Avances en nutrición y alimentación animal. XIV Curso de especialización. Madrid. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Avances_en_la_Alimentaci%C3%B3n_de_Porcinos.pdf Consultado el 5/08/14.
- CARLSON, M.S., T.L. Veum, and J.R. Turk. 2005. Effects of yeast extract versus animal plasma in weanling pig diets on growth performance and intestinal morphology. *J. Swine Health Prod.* 13 (4): 204-209.
- CHURCH, D.C., W.G. Pond, y K.R. Pond, 2010. El cerdo. *In: Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.* Cap. 23. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 481-513.
- COFFEY, R.D. y G.L. Cromwell. 1995. The impact of environment and antimicrobial agents on the growth response of early-weaned pigs to spray-dried porcine plasma. *J. Anim. Sci.* 70: 3102-3111.
- Cook, C. 2009. Gut inflammation: Effects on animal production and management approaches. Boletín. AOVA Technologies, Inc. Disponible en: <http://www.aquafeed.com/read-article.php?id=2720§ionid=3> Consultado el 3/06/2014
- Cook, M. E. 2004. Antibodies: Alternatives to antibiotics in improving growth and feed efficiency. *J. Appl. Poult. Res.* 13: 106-119.
- ECHEVERRY, Z. J., Z. A. Gómez, y J.E. Parra S. 2008. Efecto de un B-adrenérgico comercial y varios niveles de lisina sobre la ganancia de peso de cerdos en finalización. *Revista lasallista de investigación* vol. 5(1): 45-50.
- ESTEVE, E. y R. Lizard. 2012. Nutrición y grasa intramuscular: Efecto del nivel de proteína, lisina y otros aminoácidos. Disponible en: http://www.3tres3.com/nutricion/nutricion-y-grasa-intramuscular-efecto-del-nivel-de-proteina-lisina_31131/ Consultado el 10/10/14.
- FIGUEROA-VELASCO, J.L., M. Cervantes-Ramírez, J.M. Cuca-García, y M. Méndez-López 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agrociencia* 38: 383-394.
- GARCÍA, C., R.F. 2013. Nutrición y alimentación del cerdo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. 47 pp.
- GARCÍA, C., R.F., M.V. Padilla, L.M. Lara, Salinas, S.M. García y J.R. Kawas. 2009. Efecto de la suplementación de fitasa en dietas para cerdos en pre-inicio. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), Volumen XVII, Suplemento 1.* San Juan, 10/18-23. Puerto Rico. pp. 189-193.
- GARCÍA, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Koppen. 4a. Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 87-88.
- GARCÍA, R., K. Hernández, J. Kawas, J. Salinas, A. Vega, M. Ruiloba y H. Fimbres 20014. Efecto de nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) en la alimentación de cerdos post-destete. *Revista Científica, FCV-LUZ24* (1): 29-37.
- GARCÍA, R.T. 2012. Yema de huevo con anticuerpos frente a la coccidiosis en avicultura. Portal veterinaria. Agricultura de los EE.UU. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/11398/ACTUALIDAD/Yema-de-huevo-con-anticuerpos-frente-a-la-coccidiosis-en-avicultura.html> Consultado el 15/05/13.
- GERMÁN, A.C., R.J. Camacho y S.J. Gallegos. 2005. Manual del participante. Producción de cerdos. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 82 pp.
- HANSEN, J.A., J., Nelson, R.D. Goodband, and T.L. Weeden. 1993. Evaluation of animal protein supplement in diets of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1853-1862.
- KERR, B.J. and R.A. Easter. 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.* 73(10): 3000-3008.

- NESSMITH, W.B. Jr., M.D. Tokach, R.D. Goodband, J.L. Nelssen, J.R. Bergstrom, J.W. Smith II, K.Q. Owen and B.T. Richert. 1995. The effects of substituting spray-dried whole egg from grading plants only for spray-dried plasma in diets for the early weaned pig. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1): 171.
- NRC. 1998. National Research Council. Nutrient requirements of swine. 10th ed. National Academy Press, Washington. D.C.
- PÉREZ R., C.L. 2003. Evaluación de niveles de plasma sanguíneo como ingrediente en dietas de pre iniciación para lechones. Escuela de Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, CA. Tesis de grado. pp. 19-21.
- QUINTERO-MORENO, A., N. Huerta-Leidenz, N. Parra de Solano, Rincón-Urdaneta, E., J.A. Aranguren-Méndez. 1996. Efecto de probióticos y sexo sobre el crecimiento y características de la canal en cerdos. *Revista Científica, FCV-LUZ/ 6(1): 5-12.*
- REYES, N. y J. Fierro. 2007. Evaluación de la concentración y tiempo de inclusión de NuPro® en dietas de pollo de engorde y su efecto sobre la productividad e histología gastrointestinal. Tesis de Licenciatura Universidad Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. AC. 17 p.
- REYNOSO, E., M. Cervantes, J.L. Figueroa y J.M. Cuca. 2004. Respuesta productiva de lechones a dietas bajas en proteína adicionadas con aminoácidos sintéticos y cultivo de levaduras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 38, No. 37.
- SAGARPA. 2006. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México. Boletín electrónico. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob>. Consultado el 18/06/13.
- SHIMADA, M. A. 2003. *Nutrición Animal*. Trillas. México, p. 39.
- STEEL, R., G.D. y J.H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics. A biometrics approach*. 2a. ed., McGraw-Hill. New York, USA. P. 622.

Respuesta reproductiva de las cabras anéstricas sometidas al efecto macho utilizando machos de alta y baja jerarquía

Reproductive response of anestrus goats by the male effect using males of high and low hierarchy

Laura Maribel Cedillo-Ramírez¹, José Alfredo Flores-Cabrera^{1*}

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coah., México. Tel.: (871) 7 297641. E-mail: flores_cabrera@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

El propósito de este estudio consistió en determinar la respuesta reproductiva de las cabras anéstricas estimuladas mediante el efecto macho, con machos de alta y baja jerarquía social. Se utilizaron 50 hembras anovulatorias adultas, que se dividieron en dos grupos: uno de cabras (n= 27) que se expuso a tres machos de baja jerarquía social y otro más de hembras (n= 23) fue expuesto a tres machos de alta jerarquía social. Las hembras permanecieron en contacto con los machos durante 18 días. El porcentaje de hembras que ovularon del día 6 al 18 después de la introducción de los machos se determinó mediante dos ultrasonografías transrectales, las cuales se efectuaron del día 6 al 18 después de la introducción de los machos, con un equipo Scanner modo-B (Aloka SSD, Tokio, Japón), equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. El criterio para determinar si una hembra había ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios. La fertilidad al parto se determinó mediante el número de cabras paridas entre el número total de cabras, y la prolificidad mediante el número de cabritos que nacieron entre el número de cabras paridas. Las proporciones de las hembras que ovularon y la fertilidad al parto se compararon mediante la prueba de Chi-cuadrada, en tanto que la prolificidad se comparó mediante una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. El porcentaje de hembras que tuvieron ovulaciones durante los primeros seis días de exposición a los machos no difirió ($P>0.05$) con el de las hembras expuestas a machos de baja jerarquía (63.9%), ni con aquellas estimuladas con machos de alta jerarquía social (78.3%). De igual manera, en la segunda ovulación inducida (día 7-18), el número de hembras que ovularon no fue diferente ($P<0.05$) al de las hembras de los dos grupos (88.9 y 100%, para las hembras estimuladas con machos de baja y alta jerarquía, respectivamente). En la fertilidad y la prolificidad no se registró diferencia entre las hembras estimuladas con machos de alta y baja jerarquía ($P>0.05$), por lo que se concluyó que la jerarquía social de los machos no afectó la respuesta reproductiva de las cabras anéstricas estimuladas mediante el efecto macho.

Palabras clave: caprinos, jerarquía, anestro, actividad reproductiva, ovulación.

ABSTRACT

This study was carried out to determine the reproductive response of anestrus female goats stimulated throughout the male effect using males of low and high social hierarchy. Fifty adult anovulatory female goats were divided on two groups. A group of female (n=27) was exposed to three males from low hierarchy. Another group of does (n=23) was exposed to three males of high hierarchy. Two groups of females remained in contact with the males during 18 days. The first and second male-induced ovulations were assessed by the presence and number of corpora lutea observed in each female by transrectal ultrasonography 6 and 18 days after introduction of the bucks. Transrectal ultrasonography was performed using an Aloka SSD-500 machine connected to a 7.5 MHz linear probe. Fertility (number of females kidding/number of females exposed to males) and prolificacy (number of kids born/number of females giving birth) were determined at parturition. Ovulations were compared using Chi square. The proportions of females with ovulations and fertility were compared between groups using the Mann-Whitney U-test. The proportion of females that ovulated in the first male-induced ovulation did not differ significantly ($p>0.05$) between does stimulated with low (63.9%) or high hierarchy (78.3%). Similarly, in the second male-induced ovulation did not differ ($p>0.05$) between two groups (88.9% and 100% for does stimulated with low and high hierarchy males, respectively). Fertility and prolificacy were not affected by the level of hierarchy of males ($P<0.05$). We conclude that hierarchy of males does not affect the reproductive response of anestrus goats when are stimulated by male effect.

Keywords: caprins, hierarchy, anestrus, reproductive activity, ovulation.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los pequeños rumiantes, incluidas las cabras y las ovejas, al igual que sus ancestros salvajes presentan un periodo de reposo sexual estacional, el cual varía entre las diferentes razas y regiones. Este periodo de inactividad sexual representa un mecanismo de adaptación para que las crías nazcan en la época más favorable del año y tengan más posibilidades de sobrevivir (Bronson, 1989). Sin embargo, la existencia de un periodo de baja o nula actividad reproductiva tiene consecuencias importantes en el desempeño reproductivo de los rebaños y repercute en la economía de las explotaciones. El conocimiento de los mecanismos fisiológicos responsables del anestro de las hembras y del reposo sexual de los machos ha permitido desarrollar técnicas simples para el control de la reproducción, a la vez que minimiza los efectos adversos de la estacionalidad reproductiva.

Algunos de estos tratamientos incluyen la asociación entre tratamientos fotoperiódicos en los machos y la utilización de los machos para inducir y sincronizar la actividad sexual de las hembras en anestro, mediante un fenómeno conocido como efecto macho (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2010; 2012).

Se ha demostrado que la actividad sexual de los machos se puede estimular durante el periodo de reposo sexual (marzo-abril), al someterlos a un tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses (del 1 de noviembre al 15 de enero) de días largos artificiales (Delgadillo *et al.*, 2002); una vez activos sexualmente, al ponerlos en contacto con las hembras anéstricas provoca que, en menos de 15 días, se estimule la actividad estral y ovulatoria de más del 90% de las hembras (Flores *et al.*, 2000; Ponce *et al.*, 2014; Loya-Carrera *et al.*, 2014). Sin embargo, existen factores que pueden modificar la respuesta de los machos al tratamiento fotoperiódico y afectar la respuesta de las hembras al efecto macho. Por ejemplo, se han registrado diferencias de comportamiento sexual en los machos cabríos tratados con días largos, al ser puestos en contacto con hembras anovulatorias. Tales diferencias individuales posiblemente se deban a que la respuesta al tratamiento puede afectarse por las relaciones de jerarquía y dominancia existente entre los machos.

Diversos estudios han demostrado que las relaciones sociales afectan la actividad reproductiva de los mamíferos, como es el caso del ciervo rojo (*Cervus elaphus*) en el que, durante la época de reproduc-

ción, las hembras dominantes quedan gestantes antes que las subordinadas (Clutton-Brock *et al.*, 1986). De igual manera, en las cabras se ha demostrado que las hembras de alta y media jerarquía social ovulan antes que las de baja (Álvarez *et al.*, 2003). En los carneros se ha reportado que los machos dominantes inhiben el comportamiento sexual de los machos subordinados (Estep *et al.*, 1988; Price, 2008; Ungerfeld y González-Pensado, 2008); lo mismo sucede con los machos ovinos Pelibuey dominantes que durante la época reproductiva presentan: mayor libido, mayor circunferencia escrotal, mayores concentraciones de testosterona y mayor producción de semen que los machos subordinados (Aguirre *et al.*, 2007). Sin embargo, no existen estudios sobre la importancia de la jerarquía de los machos cabríos en su actividad reproductiva y en su capacidad para estimular la de las hembras anéstricas, a través del efecto macho. Por tal motivo, en este estudio se compara la capacidad de los machos de alta y baja jerarquía para estimular la actividad reproductiva de las cabras durante el anestro estacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo durante marzo y abril (periodo de reposo sexual en los machos y de anestro en las hembras), en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, así como en una explotación privada en el ejido Morelos II, municipio de Matamoros, Coah., México. Se utilizaron nueve machos cabríos criollos adultos, de 2.5 años de edad, los cuales fueron alojados en un corral de 23 m² y sometidos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/día), del 1 de noviembre al 15 de enero para luego, a partir del día 16 del mismo mes, exponerlos nuevamente al fotoperiodo natural, ya que estudios previos han demostrado que este tratamiento fotoperiódico induce una intensa actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). A lo largo del estudio, los machos fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y con 300 g de concentrado comercial (14% P.C.) por día y por animal, además de que tuvieron libre acceso a sales minerales y agua.

Del 21 al 27 de marzo se determinó la jerarquía de los machos mediante la técnica del índice de éxito de cada macho, descrita por Barroso *et al.* (2000) y Álvarez *et al.* (2003), que consiste en registrar las si-

guientes interacciones agonísticas durante 2 h continuas, por 7 d consecutivos: golpes, amenazas, empujones, persecuciones, huidas y evasiones. El registro de las interacciones agonísticas lo realizó una persona al momento de proporcionar la alimentación a todos los machos (09:00-11:00 h). Las observaciones se repitieron cada día, a la misma hora. Con la información obtenida del estudio conductual (ganar o perder la interacción), se calculó el índice de éxito para cada macho con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de éxito (IE)} = \frac{\text{Número de individuos que es capaz de}}{\text{Número de individuos que} + \text{Número de individuos que es capaz de desplazar}}$$

Una vez determinado el IE de cada macho, se escogieron los tres de más alta jerarquía y los tres de jerarquía más baja, que luego fueron puestos en contacto con las hembras.

Se utilizaron además 50 hembras adultas multiparas. Todas las hembras tuvieron sus partos en diciembre, y se ordeñaban manualmente una vez al día. Las hembras, que fueron estabuladas, recibían una alimentación de 2.0 kg de heno de alfalfa henoificada y 200 g de concentrado comercial (14% de P.C.) por día/hembra. Además, tuvieron libre acceso a agua limpia y sales minerales. Para comprobar la ausencia de actividad reproductiva antes del efecto macho, 10 d antes de la introducción de los machos

se utilizó una ultrasonografía transrectal. El criterio para determinar si una hembra estaba anovulatoria fue la ausencia de cuerpos lúteos en ambos ovarios durante la ecografía (De Castro *et al.*, 1999). Luego de considerar su condición corporal (CC), las hembras que resultaron anovulatorias se dividieron en dos grupos homogéneos (Cuadro 1).

Efecto macho

El 31 de marzo (día 0), las cabras se pusieron en contacto con los machos: el primer grupo de hembras (n=27; CC=2.0 ± 0.06) se puso en contacto con tres machos de más baja jerarquía, que previamente se identificaron; el otro (n=23; CC=2.0 ± 0.09) se puso en contacto con tres machos de alta jerarquía. En los dos casos, los machos permanecieron en contacto con las hembras las 24 h durante 18 d.

Variables evaluadas

Para determinar el porcentaje de hembras que ovularon al día 6 y 18 después de la introducción de los machos, en esos días se les practicaron dos ultrasonografías transrectales con un Scanner modo-B (Aloka SSD, Tokio, Japón), equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz, para buscar la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios. La fertilidad al parto se determinó mediante el número de cabras paridas entre el número total de cabras, y la prolificidad mediante el número de cabritos que nacieron entre el número de cabras paridas.

Cuadro 1.

Grupos	n	Condición corporal	Hembras que ovularon del día	Hembras que ovularon del día	Fertilidad al parto	Prolificidad (media ±EEM)
			0-6 (%)	7-18 (%)		
Hembras con machos de baja jerarquía	27	2.5±1.3 ^a	63.9 ^a (17/27)	88.9 ^a (24/27)	56.6 ^a (13/27)	1.5±0.12 ^a
Hembras con machos de alta jerarquía	23	2.5±2.4 ^a	78.3 ^a (18/23)	100 ^a (23/23)	48.1 ^a (13/23)	1.8±0.09 ^a

^{a,b} Literales diferentes entre grupos indica diferencia estadística significativa (P<0.05).

Análisis estadísticos

Las proporciones de las hembras que ovularon y la fertilidad al parto se compararon mediante la prueba de Chi-cuadrada, en tanto que la prolificidad se comparó mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio permiten demostrar que en los machos cabríos tratados con días largos artificiales la jerarquía no afecta su habilidad para estimular la actividad reproductiva de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho, ya que el porcentaje total de hembras que tuvieron ovulaciones durante los primeros seis días de exposición a los machos, no difirió ($P > 0.05$) entre las hembras expuestas a machos de baja jerarquía (63.9%), y en aquellas estimuladas con machos de alta jerarquía (78.3%) (Cuadro 1). De igual manera, en la segunda ovulación inducida (día 7-18), el número de hembras que ovularon no fue diferente ($P < 0.05$) entre las de los dos grupos (88.9 y 100%, para las hembras estimuladas con machos de baja y alta jerarquía, respectivamente). Tampoco se registró diferencia en la fertilidad y la prolificidad entre las hembras estimuladas con machos de alta y baja jerarquía (Cuadro 1).

Con este estudio se confirma lo reportado en otros, los cuales indican que en los caprinos domésticos existen relaciones de dominancia y subordinación en la organización social (Barroso *et al.*, 2000). Sin embargo, a pesar de estas relaciones de dominancia y subordinación, tanto los machos de baja como de alta jerarquía fueron capaces de inducir la ovulación en la mayoría de las cabras, durante los 18 días de contacto. Lo anterior puede explicarse con los argumentos siguientes:

1. Es probable que después de varios días de contacto con los machos de baja jerarquía, algunas hembras iniciaran su actividad sexual, lo que probablemente permitió un mejoramiento del comportamiento sexual de los machos en los días siguientes, como lo indican Walkden-Brown *et al.* (1993), al señalar que la presencia de hembras en estro permite un reforzamiento del estímulo entre machos y hembras, y/o una estimulación hembra-hembra (Restall *et al.*, 1995), lo que probablemente permitió que no se registrara diferencia en la respuesta ovulatoria y reproductiva entre los dos grupos.

2. La ausencia de diferencias entre las hembras en contacto con machos subordinados (baja jerarquía) y con machos dominantes (alta jerarquía), se debió probablemente al tratamiento fotoperiódico al cual fueron sometidos los machos.

En efecto, los machos tratados con días largos artificiales respondieron al tratamiento, ya que incrementaron las concentraciones de testosterona, peso testicular, intensidad del olor y conductas sexuales durante el periodo de reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Es probable que el tratamiento fotoperiódico al que fueron sometidos todos los machos fue suficiente para que manifestaran conductas sexuales, y éstas a su vez fueron suficientes para desencadenar una respuesta en las cabras. En fechas recientes se demostró que el comportamiento sexual de los machos sometidos a días largos, así como la elevada secreción de feromonas contribuyen a mantener una elevada secreción de LH en las hembras, lo que permite que una alta proporción de éstas ovule al exponerlas a los machos cabríos sexualmente activos (Vielma *et al.*, 2009).

3. El nivel jerárquico de cada macho se determinó en el grupo en el que se encontraban, y ahí recibieron el tratamiento fotoperiódico; posteriormente, estos machos fueron separados y se pusieron en contacto con las hembras, en corrales diferentes, a una distancia de al menos 50 m entre sí, para evitar el contacto visual, auditivo y olfatorio entre ellos. Al respecto, Price (2008) reportó que los machos dominantes pueden inhibir las actividades sexuales de los animales subordinados, simplemente por su presencia, y que su ausencia elimina la supresión (Estep *et al.*, 1988). Con base en lo anterior, es probable que en este estudio los machos de menor jerarquía no se inhibieran al no tener la presencia de un macho más dominante, por lo que, una vez en contacto con las hembras, manifestaran un mayor número de conductas. Sería interesante determinar si la presencia en el mismo grupo de un macho dominante y uno subordinado puede afectar la respuesta de las hembras anéstricas durante el efecto macho.

Finalmente, la respuesta reproductiva encontrada en las hembras caprinas de este estudio es similar a la reportada en la mayoría de los estudios realizados anteriormente en la Comarca Lagunera, en los cuales se utilizaron machos con 2.5 meses de días largos para inducir la actividad sexual y gestar a la mayoría de las cabras anovulatorias, que luego fueron puestas en contacto con ellos (Flores *et al.*, 2000;

Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Bedos *et al.*, 2012). En la mayoría de estos estudios, más del 85% de las cabras presentaron estro y ovularon en los primeros 15 días después de la introducción de los machos. Lo anterior demuestra que el tratamiento de días largos artificiales a los que fueron sometidos los machos, es un método muy efectivo para estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo sexual, y éstos, a su vez, representan un estímulo muy fuerte para la inducción sexual de las hembras mediante el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2006; 2009).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo demuestran que la jerarquía social de los machos cabríos tratados con 2.5 meses de días largos artificiales no afecta su capacidad para estimular la actividad reproductiva de las cabras mediante el efecto macho. Los machos de alta y baja jerarquía social son igual de eficientes para inducir la ovulación y gestar las hembras anéstricas a través del efecto macho.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al caprinocultor Juan Manuel de Arco por facilitar las hembras para realizar el estudio, y a todos los miembros del CIRCA por su asistencia técnica.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, V., A. Orihuela y R. Vázquez. 2007. Seasonal variations in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics, as affected by social dominance, of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Anim. Sci. J.* 78: 417-423.
- ÁLVAREZ, R.L., G.B. Martin, M.F. Galindo y Q.L. Zarco. 2003. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84: 119-126.
- BARROSO, F.G., C.L. Alados y J. Boza. 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69: 35-53.
- BEDOS, M., J.A. Flores, G. Fitz-Rodríguez, M. Keller, B. Malpoux, P. Poindron, y J.A. Delgadillo. 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm. Behav.* 58: 473-477.
- BEDOS, M., H. Velázquez, G. Fitz-Rodríguez, J.A. Flores, H. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, I.G. Fernández, M.S. Retana-Márquez, M. Muñoz-Gutiérrez, M. Keller y J.A. Delgadillo. 2012. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiol. Behav.* 106: 259-263.
- BRONSON, F.H. 1989. *Mammalian reproductive biology*. University of Chicago Press, Chicago. 325 pp.
- CLUTTON-BROCK, T.H., S.D. Albon y F.E. Guinness. 1986. Great expectations: dominance, breeding success and offspring sex ratios in red deer. *Anim. Behav.* 34, 460-471.
- DE CASTRO, T., E. Rubianes, A. Menchaca y A. Rivera. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the inter ovulatory interval in goats. *Theriogenology.* 52: 399-411.
- DELGADILLO, J.A., J.A. Flores, F.G. Véliz, H.F. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau y B. Malpoux. 2002. Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificial long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780-2786.
- DELGADILLO, J.A., J.A. Flores, F.G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, H. Hernández, I.G. Fernández. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 391-400.
- DELGADILLO, J.A., H. Gelez, R. Ungerfeld, P.A.R. Hawken, P.A.R. y G.B. Martin. 2009. The "male effect" in sheep and goats: revisiting the dogmas. *Behav. Brain Res.* 200: 304-314.
- ESTEP, D.Q., K. Nieuwenhuijsen, K.W. Bruce, K.J. De Neef, P.A. Walters, S.C. Baker y A.K. Slob. 1988. Inhibition of sexual behavior among subordinate stump tail macaques (*Macaca arctoides*). *Anim. Behav.* 36: 854-864.
- FLORES, J.A., F.G. Véliz, J.A. Pérez-Villanueva, G. Martínez de la Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux y J.A. Delgadillo. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62: 1409-1414.
- LOYA-CARRERA, J., M. Bedos, J.L. Ponce-Covarrubias, H. Hernández, P. Chemineau, M. Keller y J.A. Delgadillo. 2014. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the male effect. *J. Anim. Reprod. Sci.* 146: 21-26
- PONCE-COBARRUBIAS, J.L., H. Velázquez, G. Duarte, M. Bedos, H. Hernández, M. Keller, P. Chemineau y J.A. Delgadillo. 2014. Reducing exposure to long days from 75 to 30 days of extra-light treatment does not decrease

- the capacity of male goats to stimulate ovulatory activity in seasonally anovulatory females. *Dom. Anim. Endocrinol.* 48: 119-125
- PRICE, E.O. 2008. Principles and applications of domestic animal behavior. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 107.
- RESTALL, B.J., H. Restall and S.W. Walkden-Brown. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 40: 299-303.
- RIVAS-MUÑOZ, R., G. Fitz-Rodríguez, P. Poindron, B. Malpaux y J.A. Delgadillo. 2007. Stimulation of oestrous behavior in grazing female goats by continuous
- UNGERFELD, R. y S.P. González-Pensado. 2008. Social dominance and courtship and mating behaviour in rams in non-competitive and competitive pen tests. *Reprod. Dom. Anim.* 2009: 44-47.
- VIELMA, J., P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpaux y J.A. Delgadillo. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Horm. Behav.* 56: 444-449.
- WALKDEN-BROWN, S.W., B.J. Restall y Henniawati, 1993. The male effect in the Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim. Rep. Sci.* 32: 69-84.

PUBLICACIONES 2014-2015



Agraria está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).



**Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro**

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315,

Saltillo, Coah., México

E-mail: agraria_ne@uaaan.mx

Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11



- 47** Prevalencia de parásitos gastrointestinales en cabras lecheras, alimentadas con forraje hidropónico de triticale
Prevalence of gastrointestinal parasites in dairy goats fed with hydroponic forage triticale
José Luis Rivera-Bautista, Fernando Ruiz-Zárate, Armando Jacinto Aguilar-Caballero, Ramiro López-Trujillo, Roberto García-Elizondo, Ramón Florencio García-Castillo
- 55** Los machos cabríos sexualmente activos y vasectomizados estimulan y mantienen la ciclicidad sexual de cabras en anestro estacional
Sexually active vasectomized bucks stimulate and maintain sexual cyclicity in the seasonally anestrous goats
Rodrigo Manuel Aroña, Gonzalo Fitz-Rodríguez, Horacio Hernández, José Alfredo Flores, Jesús Vielma, Gerardo Duarte, Ilda Graciela Fernández, José Alberto Delgadillo
- 61** Impacto de tres frecuencias de riego sobre el comportamiento del tomate desarrollado en sustratos orgánicos
Impact of three irrigation frequencies on the behavior of tomato developed in organic substrates
Alejandro Moreno-Reséndez, José Luis Reyes-Carrillo, Norma Rodríguez-Dimas, Cleyver Antonio Rodríguez-Escandón, César Márquez-Quiroz, Rosario Moncayo-Luján
- 71** Efecto de anticuerpo de yema de huevo y núcleo proteico en dietas para cerdos en iniciación
Effect of egg yolk antibody and protein nucleotides in diets for growing pigs
Enrique Mejía-Onofre, Ramón Florencio García-Castillo, Roberto García-Elizondo, Juan David Hernández-Bustamante, Jaime Salinas-Chavira
- 79** Respuesta reproductiva de las cabras anéstricas sometidas al efecto macho utilizando machos de alta y baja jerarquía
Reproductive response of anestrous goats by the male effect using males of high and low hierarchy
Laura Maribel Cedillo-Ramírez, José Alfredo Flores-Cabrera

Agraria es una publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, creada para difundir resultados de investigación nacionales e internacionales, originales e inéditos, escritos en español e inglés, sobre temas relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales, incluyendo las áreas de ingeniería, agro industria, biotecnología y socioeconómicas. Estos materiales pueden ser artículos científicos, notas de investigación o ensayos científico. Los materiales que se envíen para su publicación deberán ceñirse a las normas editoriales y estarán sujetos a estricta revisión por pares, como requisito previo a su publicación.