

ABANICO VET 8(2) MAYO-AGOSTO 2018 ISSN 2448-6132



**ABANICO**  
**VETERINARIO**®  
Incluye animales acuáticos



Gandul (*Cajanus cajan* var. Negro y EGV22), Juan Carlos Martínez González.

Indizada en EMERGING SOURCES CITATION INDEX (Web of Science Core Collection), SCIELO CITATION INDEX (Web Science), SCIELO MEXICO, IMBIOMED, MEDIGRAPHIC, DIALNET, BIBLAT, INDEX COPERNICUS, EBSCO- Fuente Académica Plus, CENGAGE-*Informe académico*, ContentEngine LLC, Universidad de Ciencia y Tecnología de China, PERIODICA, LATINDEX, REDIB, SIIC DATA BASES, REVIVEC, SCILIT, Birmingham Public Library, Genamics JournalSeek, Biblioteca CCG/IBT, Hospital Universitario La Paz, Western Theological Seminary, International Institute of Organized Research (I2OR), Rootindexing, Scholar Google, Conricyt-CONACYT.



## ABANICO VETERINARIO

Es la revista internacional de las ciencias veterinarias y zootécnicas, arbitrada por pares, de acceso abierto, presente en index, repositorios y directorios para una mayor visibilidad e incremento de citas; cuenta ISSN para formato impreso 2007-428X, y para formato internet [web 2448-6132](http://sisupe.org/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/index) y DOI. [Página web](http://sisupe.org/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/index) <http://sisupe.org/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/index>. Su objetivo es publicar artículos originales, estudios de casos, desarrollos tecnológicos, casos clínicos, políticas de educación y revisiones de literatura realizados en México y de cualquier parte del mundo. Difunde información científica y tecnológica con la siguiente temática: animal, veterinaria, medicina veterinaria, zootecnia, pecuaria, producción animal, animales silvestres, animales acuáticos.

La revista es cuatrimestral y se publica en enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre. Es editada por el Dr. Sergio Martínez González. Se editan y distribuyen 100 ejemplares impresos en Tezontle 171 Pedregal de San Juan, Tepic Nayarit México C.P. 63164 Teléfono 01 311 1221626.

© Copyright  
SERGIO MARTINEZ GONZALEZ

## COMITÉ ADMINISTRATIVO

### Dirección

Sergio Martínez González

### Subdirección de Producción

Pavel Valdez Balbuena

### Subdirección de Arbitraje

Enrique Estrada García

### Subdirección de Mercadotecnia

Sergio A Martínez Orozco

### Subdirección Financiera

Fabiola Orozco Ramírez

## COMITÉ EDITORIAL

### Sergio Martínez González Editor en Jefe

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. México.

### Nadia Abad Matos

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba.

### Rafael Cervantes Beyra

Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

### Sigfredo FM Torres Sandoval

Supervisión Escolar Zona 227 SEP-Jalisco. México.

### Socorro M Salgado Moreno

Escuela Especial de inglés Kipling. Nayarit, México.

## COMITÉ DE ARBITRAJE

### **ADELA BIDOT FERNANDEZ**

Centro de Investigación para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical. La Habana, Cuba

### **ADRIAN ZARAGOZA BASTIDA**

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

### **ALBERTO TAYLOR PRECIADO**

Centro Universitario de Los Altos. Universidad de Guadalajara. México.

### **ALEJANDRO CORDOVA IZQUIERDO**

Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. México.

### **ALMIRA HOOGESTEIJN REUL**

Coordinación Académica del Departamento de Ecología Humana. CINVESTAV Unidad Mérida. México.

### **AMANDA CONSUELO DIAZ MORENO**

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.

### **ANGEL CARMELO SIERRA VASQUEZ**

División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. México.

### **ANGELA BORROTO PEREZ**

Departamento de Ciencia y Técnica, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.

### **ANTONIO FLORES MACIAS**

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Xochimilco, México.

### **BENITO RAMIREZ VALVERDE**

Colegio de Postgraduados Campus Puebla. México.

### **CARLOS A CARMONA GASCA**

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nayarit. México.

### **ESAUJ JARAMILLO LOPEZ**

Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México.

### **ESPERANZA HERRERA TORRES**

Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. México.

### **FIDEL AVILA RAMOS**

Medicina Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato. México.

### **FRANCISCO ESCALERA VALENTE**

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. México.

### **FRANCISCO JAVIER PEÑA JIMENEZ**

Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara. México.

### **GIANNI BIANCHI OLASCOAGA**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de la Empresa. Uruguay.

### **GUILLERMO MARTINEZ VELAZQUEZ**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Nayarit. México.

### **HÉCTOR SUAREZ MAHECHA**

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.

### **JORGE LUIS TORTORA PEREZ**

Universidad Nacional Autónoma De México - Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México.

### **JOSE CARMEN RAMIREZ RAMIREZ**

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. México.

### **JOSE FERNANDO DE LA TORRE SANCHEZ**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Nayarit. México.

### **JOSE LUIS PONCE COVARRUBIAS**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Universidad Autónoma de Guerrero. México.

### **JUAN ANTONIO HERNANDEZ BALLESTEROS**

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. México.

### **MARIA GUADALUPE OROZCO BENITEZ**

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. México.

### **NALLELY RIVERO PEREZ**

Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

### **OSCAR AGUSTIN VILLARREAL ESPINO-BARROS**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

### **OMAR FRANCISCO PRADO REBOLLEDO**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima. México.

### **PRIMITIVO IRIARTE DEL HOYO**

SEP-Nayarit, México.

### **RAFAEL MARTINEZ GARCÍA**

División académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

### **RUBEN CORNELIO MONTES PEREZ**

Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. México.

### **SIOMARA MARTINEZ MARRERO**

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria y Academia de Ciencias de Cuba. Habana, Cuba.

### **ULISES MACIAS CRUZ**

Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. México.

**ABANICO VETERINARIO 8(2) 2018**  
**CONTENIDO**

**Cintillo Legal 7**

**Editorial 8**

**Indicaciones para los autores 9**

**Indizada en 12**

**Suscripciones y pagos por publicación 13**

**Aspiración de ovocitos por laparoscopia para la transferencia de embriones en cabras: una revisión 14**

Aspiration oocyte recovery by laparoscopy for embryo transfer in goats: a review

**Efecto del tratamiento de desinfección de los dispositivos intravaginales usados en la concentración de progesterona de vacas bajo condiciones de trópico seco 24**

Effect of the disinfection treatment of used intravaginal devices on the concentration of progesterone on cows under dry tropical conditions

**Crecimiento inicial de dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*) en el trópico de Ecuador 33**

Initial growth of two varieties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) in the tropics of Ecuador

**Preferencia del consumo de ensilado y su efecto sobre la actividad ovárica del *Pecari tajacu* 47**

Preference on silage feed intake and its effect on ovarian activity in *Pecari tajacu*

**Aprovechamiento de subproductos avícolas como fuente proteica en la elaboración de dietas para rumiantes 59**

Use of poultry by-products as a protein source in the preparation of ruminant diets

**Método de suplementación de zinc orgánico y respuesta productiva de cerdos en etapa de iniciación en clima cálido 68**

Method of supplementation of organic zinc and productive response of pigs in initiation stage in warm weather

**Plantas aromáticas en la alimentación de conejos y su efecto en la carne 81**

Aromatic plants in the feeding of rabbits and their effect on meat

**Inducción y sincronización del estro con hormonas exógenas y bioestimulación sexual en cerdas multíparas al destete 88**

Induction and synchronization of estrus with exogenous hormones and sexual biostimulation at weaning in multiparous sows

**Identificación morfométrica de *Varroa destructor* y su plasticidad por la exposición a timol 98**

Morphometric identification of *Varroa destructor* and its plasticity by the exposure to thymol

**Parámetros productivos de conejos alimentados con diferentes partes de la planta *Tithonia tubaeformis* 108**

Productive parameters rabbits fed with different parts of the *Tithonia tubaeformis* plant

## CINTILLO LEGAL

Abanico Veterinario, Año 8, Volumen 8, No. 2, Mayo-Agosto 2018, Publicación cuatrimestral editada por Sergio Martínez González, Calle Tezontle 171, Colonia El Pedregal, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63164, Tel 01 311 1221626, [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com).

Editor responsable: Sergio Martínez González. Cuenta para formato web ISSN 2448-6132 y reserva de derechos al uso exclusivo y 04-2016-030212451700-203 respectivamente, gestionados en el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Sergio A Martínez Orozco, Libramiento 2180, Col. Moctezuma, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63180, fecha de la última modificación, 28 de abril de 2018.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y han sido cedidos por los autores para su reproducción editorial. Los artículos publicados en la revista Abanico Veterinario son de copia gratuita siempre y cuando sean utilizados con fines académicos y de uso personal; la utilización y reproducción por cualquier medio con fines diferentes a los indicados anteriormente deberá ser solicitada para su aprobación del Editor en Jefe.

## EDITORIAL

Estimados este número 8(2) 2018 presenta en la portada imágenes de Gandul (*Cajanus cajan* var. Negro y EGV22); enviada por Juan Carlos Martínez González de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

La revista ya esta incluida en el EMERGING SOURCES CITATION INDEX (Web of Science Core Collection) y se espera incrementar las citas para alcanzar ingresar al Journal Citation Report. Se trabaja para lograr los indicadores que se requieren para ingresar a los index: REDALYC, SCOPUS y de CONACYT.

Se continua con el **CONGRESO INTERNACIONAL ABANICO VETERINARIO**.  
<https://www.sergiomartinezgonzalez.com/congreso-internacional-abanico-vete>

Se agradece profundamente a todos los que han apoyado este proyecto; tanto a los revisores que con paciencia y dedicación sugieren recomendaciones a los trabajos presentados; a los diferentes autores que han decidido publicar en esta revista, y por supuesto a los lectores de México y de varios países que visitan las páginas web; en las cuales la revista ABANICO VETERINARIO se encuentra presente.

**Dr Sergio Martínez González**  
**Editor en Jefe**

## INDICACIONES PARA LOS AUTORES

Se publican artículos científicos con las siguientes características:

- 1.- Originalidad: El trabajo a enviar debe ser original y actual, que garantice citas en los próximos 24 meses después de su publicación; los autores enviarán una carta de originalidad de los datos firmada en formato de la revista por correo electrónico a [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com). Todo artículo que el software de originalidad y anti-plagio iThenticate, detecte plagio y artículos que estén en la web serán rechazados, incluyendo en congresos.
- 2.- Idioma: en inglés y en español. Todos los artículos serán publicados en inglés sin costo adicional.
- 3.- Tipo de trabajos: artículos originales, desarrollos tecnológicos, políticas de educación, estudio de casos, casos clínicos, revisiones de literatura.
- 4.- Área de Conocimiento con la siguiente temática: animal, veterinaria, zootecnia, pecuaria, medicina veterinaria, producción animal, animales silvestres, animales acuáticos.
- 5.- Extensión: 5 a 15 páginas.
- 6.- Los artículos originales deben llevar título (máximo 14 palabras), resumen (que incluya objetivo, metodología, resultados, conclusión, pero sin mencionar los apartados; máximo 200 palabras) y palabras clave en español e inglés; seis autores máximo, escribir los dos apellidos unidos con guion y un solo nombre, al final de este indicar con superíndice la sede de trabajo, además anotar el correo electrónico de cada autor; señalar el autor responsable y el autor corresponsal, sede de trabajo, dirección postal y correo electrónico, con Arial 10. Enseguida introducción, material y métodos, resultados y discusión, conclusión, literatura citada y agradecimientos.

### **Comportamiento de *Escherichia coli* en heces de vacas adicionadas con taninos hidrolizables**

**Behaviour of *Escherichia coli* in cow feces added with of hydrolysable tannins**

**Heras-Sierra Teresa<sup>1</sup> [tete852609@gmail.com](mailto:tete852609@gmail.com) Enríquez-Verdugo Idalia<sup>1</sup>  
[idaliaenver@yahoo.com.mx](mailto:idaliaenver@yahoo.com.mx) Gaxiola-Camacho Soila<sup>1</sup> [soilagaxiola2@gmail.com](mailto:soilagaxiola2@gmail.com) Romo-  
Rubio Javier<sup>1</sup> [romo60@uas.edu.mx](mailto:romo60@uas.edu.mx) Anne-Marie Pourcher<sup>2</sup> [anne-marie.pourcher@irstea.fr](mailto:anne-marie.pourcher@irstea.fr)  
Barajas-Cruz Rubén<sup>\*1</sup> [rubar@uas.edu.mx](mailto:rubar@uas.edu.mx)**

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, México.

<sup>2</sup>Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour L'environnement et L'agriculture. Rennes, Francia. \*Autor responsable y de correspondencia: Barajas-Cruz Rubén. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa; Boulevard San Ángel s/n, Colonia San Benito, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80246.

7.- Las revisiones de literatura, estudio de casos, casos clínicos, desarrollos tecnológicos y políticas de educación. Deben llevar título (máximo 14 palabras), resumen (que incluya todos los apartados del artículo, pero sin mencionar los apartados; máximo 200 palabras) y palabras clave en español e inglés; seis autores máximo, escribir los dos apellidos unidos con guion y un solo nombre, al final de este indicar con superíndice la sede de trabajo, además anotar el correo electrónico de cada autor; señalar el autor responsable y el autor corresponsal, sede de trabajo, dirección postal y correo electrónico, con Arial 10. Enseguida introducción, las secciones que correspondan al desarrollo del tema en cuestión, conclusión y literatura citada.

8.- Los artículos deberán enviarse en archivo electrónico en formato Word 2013 o más reciente, en hoja tamaño carta en orientación vertical y con márgenes 2.5 cm por lado. El tipo de letra será Arial 12, color negro, párrafo justificado, 1.15 de interlineado, sin espacios entre párrafos. Títulos centrados en tipo oración y en negrita.

9.- El archivo deberá ser enviado al correo de la revista [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com).

10.- La literatura citada será el 80 % no mayor a 10 años de antigüedad. Escribirla por orden alfabético de acuerdo a los ejemplos, también incluir la dirección electrónica al final. Incluir su numeración normalizada (ISSN, DOI), en caso de libros (ISBN) así como a patentes y legislaciones. No deben existir citas en el texto sin referencia ni referencias sin citas en el texto. Citar en el texto de la forma apellido o institución coma año y entre paréntesis. Ejemplos (Cervantes, 2016), en caso de dos autores (Abdelhadi y Santini, 2006), en caso de más de dos autores (Fernández *et al.*, 2010), en caso de corporativo de deberá colocar de forma abreviada (SAGARPA, 2014). Autores citados con más de una publicación en un mismo año, se deberán diferenciar con letras "a", "b" incluidas en el año en superíndice. En artículos en revistas con suplementos en volumen o número indicarlo con *suppl.* En los libros indique las páginas consultadas. No citar artículos en prensa, congresos, cursos, conferencias, boletines, artículos de periódicos, tesis, entrevistas, documentos de internet o impresos sin autor u organismo, documentos electrónicos no indexados en las bases de datos científicas, páginas web (salvo determinados sitios estadísticos), documentos audiovisuales, enciclopedias como Wikipedia. Las autocitas tanto del propio autor como de la revista, no deben exceder del 20% de la literatura consultada. Ejemplos de como citar:

a) FERNÁNDEZ SS, Ferreira BL, Sousa BR, López FR, Braz LC, Faustino TL, Realino PJ, Henrique FP. 2010. Repellent activity of plant-derived compounds against *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae) nymphs. *Veterinary Parasitology*. 167(1):67-73. ISSN: 0304-4017, DOI:10.1016/j.vetpar.2009.09.047.

b) ABDELHADI LO, Santini FJ. 2006. Corn silages vs. grain sorghum silage as a supplement to growing steers grazing high quality pastures: effects of performance and ruminal fermentation. *Animal Feed Science and Technology*. 127:33-43. ISSN: 0377-8401, DOI:10.1016/j.anifeedsci.2005.08.010

c) QUERO CAR. 2013. *Gramíneas introducidas: Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos*. Texcoco, México: Editorial Biblioteca Básica de Agricultura. 345 p. ISBN: 978-607-715-106-7.

d) PIJOAN AP. 1986. "Mortalidad Perinatal y Neonatal". En: Pijoan APJ, Tórtora PJL, *Principales enfermedades de los Ovinos y Caprinos*. DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México. 219 p. ISBN: 968-199-298-X.

e) SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. *Manual de patología apícola*. México. 50 p.

<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20apcolas/Attachments/5/manpato.pdf>

f) SAS Institute. 2010. *Statistical Analysis Software SAS/STAT®*. Version 9.0.2, Cary, N.C., USA: SAS Institute Inc., ISBN: 978-1-60764-599-3, Disponible: [http://www.sas.com/en\\_us/software/analytics/stat.html#](http://www.sas.com/en_us/software/analytics/stat.html#)

g) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. NOM-021-SEMARNAT-2000, México: Diario Oficial de la Federación, 85 p. Disponible: <http://www.semarnat.gob.mx/node/18>

11.- Tablas insertarlas en Word (no como imágenes) y que sean editables, en blanco y negro, sin salirse de los márgenes, en párrafos por separado. El título colocarlo en la parte superior, numerado con número arábigo, centrado, en Arial 10 y negrita y en el interior de la tabla Arial 8, con leyendas claras. No usar la palabra cuadro.

12.- Figuras insertarlas en Word, en blanco y negro, sin salirse de los márgenes, en párrafos de texto por separado y como mínimo 300 píxeles por pulgada. El título colocarlo en la parte inferior, numerado con número arábigo, centrado, en Arial 10 y negrita y en el interior de la figura Arial 8, con leyendas claras.

13.- Las ecuaciones insertarlas con el editor de Word (no como imágenes).

14.-Se invita a leer y citar artículos de ABANICO VETERINARIO.

15.- Para buscar el DOI ingresar a <http://www.Crossref.org/SimpleTextQuery/> es necesario registrarse.

**INDIZADA EN**

**EMERGING SOURCES CITATION INDEX (Web of Science Core Collection)**

<http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=EX>

**SCIELO CITATION INDEX (Web Science).**

**SCIELO MEXICO. Scientific Electronic Library Online**

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php>

**IMBIOMED. Índice Mexicano de Revistas Biomédicas Latinoamericanas**

<http://www.imbiomed.com.mx/1/1/catalogo.html>

**MEDIGRAPHIC. Índice de Revistas Médicas Latinoamericanas**

<http://new.medigraphic.com/cgi-bin/medigraphic.cgi>

**DIALNET. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=22361>**

**BIBLAT. Bibliografía latinoamericana en revistas de investigación científica y social <https://biblat.unam.mx/es/indice/alfabetico/a>**

**INDEX COPERNICUS <https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=47677>**

**EBSCO- Fuente Académica Plus. <http://www.ebsco.com/>**

**CENGAGE-Informe académico <http://www.cengage.com.mx/rs/informe/>**

**Birmingham Public Library. <http://www.bplonline.org/virtual/databases/journals.aspx>**

**Universidad de Ciencia y Tecnología de China**

[http://en.ustc.findplus.cn/?h=search\\_list&query=JN:%22Abanico%20Veterinario%22](http://en.ustc.findplus.cn/?h=search_list&query=JN:%22Abanico%20Veterinario%22)

**LATINDEX. Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal <http://www.latindex.unam.mx/>**

**SIIC DATA BASES Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC)**

<http://www.siicsalud.com/lmr/siicdatabases.php>

**PERIODICA. Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias**

[http://periodica.unam.mx/F?func=find-b-0&local\\_base=per01](http://periodica.unam.mx/F?func=find-b-0&local_base=per01)

**REVIVEC. La Red y Portal Iberoamericano de Revistas Científicas de Veterinaria de Libre Acceso reúne a las principales publicaciones científicas editadas en España, Portugal, Latino América y otros países del ámbito latino**

<http://www.veterinaria.org/revistas/revivec/>

**SCILIT Scientific Literature <http://www.scilit.net/journals/518784>**

**Genamics JournalSeek**

<http://journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journalsearch.cgi?field=issn&query=2007-428X>

**Birmingham Public Library <http://www.bplonline.org/virtual/databases/journals.aspx>**

**Biblioteca CCG/IBT <http://biblioteca.ibt.unam.mx/revistas.php>**

**Hospital Universitario La Paz <http://m-hulp.c17.net/index.php/opac/action/default/#>**

**Western Theological Seminary**

<https://cook.westernsem.edu/CJDB4/EXS/browse/titles?t=startswith&page=1&q=A>

**International Institute of Organized Research (I2OR) <http://www.i2or.com/8.html>**

**Rootindexing <http://www.rootindexing.com/journal/abanico-veterinario-Abanico%20Vet./>**

**Conricyt-CONACYT <http://www.conricyt.mx.etchconricyt.idm.oclc.org>**

**Google Académico <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=abanico+veterinario&btnG=&lr=>**

## SUSCRIPCIONES Y PAGOS POR PUBLICACIÓN

**Suscripciones y pagos por publicación** depositar en Scotiabank, Cuenta Bancaria 01401150472, CLABE INTERBANCARIA 044560014011504728 y Número de SWIFT: MBCOMXMM, esto para depósitos internacionales, a Nombre de Sergio Martínez González; enviar depósito escaneado, datos de dirección postal y datos para factura al correo [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com). También podrá depositar vía WESTERN UNION a Sergio Martínez González con destino México, Nayarit, Tepic; enviar la clave de cobro al correo [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com).

Por ser una revista de acceso abierto los autores pagarán \$3000.00 por cada publicación. Este pago incluye la traducción al inglés o al español.

Toda la información publicada en la revista es gratuita y puede ser bajada directamente de las páginas web:

<http://sisupe.org/revistasabanico/>

[www.imbiomed.com](http://www.imbiomed.com)

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php>

<http://new.medigraphic.com/cgi-bin/medigraphic.cgi>

<http://biblat.unam.mx/es/revista/abanico-veterinario>

<https://www.redib.org/contacto/>

<http://www.scilit.net/journals/518784>

<http://journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journalsearch.cgi?field=issn&query=2007-428X>

<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=47677>

<https://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=abanico+veterinario&btnG=&lr=>

## Aspiración de ovocitos por laparoscopia para la transferencia de embriones en cabras: una revisión

Aspiration oocyte recovery by laparoscopy for embryo transfer in goats: a review

Antonio Hernández-Marín<sup>1</sup> [jahmarin@ugto.mx](mailto:jahmarin@ugto.mx), Abner Gutiérrez-Chávez<sup>1</sup> [guca731023@hotmail.com](mailto:guca731023@hotmail.com), Mauricio Valencia-Posadas<sup>1</sup> [mauvp001@yahoo.com.mx](mailto:mauvp001@yahoo.com.mx), César Cortez-Romero<sup>2</sup> [ccortez@colpos.mx](mailto:ccortez@colpos.mx)

<sup>1</sup>Departamento de Veterinaria y Zootecnia. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. México. <sup>2</sup>Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. México. Autor de correspondencia y responsable de la investigación: José Antonio Hernández Marín. Departamento de Veterinaria y Zootecnia. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. Exhacienda el Copal km 9, carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Guanajuato, México. C.P. 36824.

### RESUMEN

La aspiración de ovocitos por laparoscopia para la transferencia de embriones es una técnica utilizada en la extracción de ovocitos de un animal genéticamente superior, con la finalidad de producir embriones *in vitro* para implantarlos en una hembra, lo cual permite incrementar la respuesta a la selección en un programa de mejoramiento genético, al obtener animales superiores al promedio de la población y porque se puede reducir el intervalo de generación. Previo a la aspiración de los ovocitos, es necesario preparar a las hembras donantes y receptoras a base de hormonas exógenas, para lograr la producción y extracción máxima de ovocitos en una misma hembra donante y, por consecuencia, un mayor número probable de embriones producidos y transferidos. Con el objetivo de describir los diferentes protocolos utilizados en la aspiración de ovocitos por la técnica de laparoscopia para la transferencia de embriones en cabras, se realizó la presente revisión de literatura mediante publicaciones científicas.

**Palabras clave:** Sincronización, superovulación, endoscopia, hormonas exógenas, caprinos.

### ABSTRACT

The oocyte recovery by laparoscopy for embryo transfer, is a technique used in the oocyte extraction from a genetically superior animal, in order to produce embryo *in vitro* to implant them in a genetically poor value female, which allows increasing the selection response into an improvement genetic program by obtaining animals above the population average and because the generation interval can be reduced. Previous to the oocyte recovery, it is necessary to prepare donor and recipient based on exogenous hormones, to achieve the production and maximum oocyte extraction by the same donor doe, and therefore, a larger probably number of the embryo produced and transferred. The objective of this review was to describe different protocols used in oocyte recovery by the laparoscopy technique for embryo transfer in goats, the present literature review was carried out using scientist publications of the topic.

**Keywords:** Synchronization, superovulation, endoscopy, exogenous hormones, caprine.

## INTRODUCCIÓN

Las biotecnologías reproductivas aplicadas en pequeños rumiantes se describieron por primera vez en 1974. La aspiración de ovocitos por laparoscopia (AOL) es una biotecnología reproductiva, que consiste en aspirar las células germinales de un animal genéticamente superior (donante), para producir embriones *in vitro* y transferirlos a otro animal receptor (Lv *et al.*, 2010). Esta biotecnología se considera como uno de los métodos más eficientes para la transferencia de embriones (TE), la cual ha demostrado producir mayor cantidad de crías a partir de hembras con genética y productividad sobresaliente (Baldassarre, 2007).

La eficiencia reproductiva de las cabras depende de las biotecnologías aplicadas, ya que son esenciales para sostener su producción mundial (Souza-Fabjan *et al.*, 2014); es por ello que la AOL como biotecnología, tiene una función clave en la reproducción animal, mediante diferentes programas de mejoramiento genético (Shin *et al.*, 2008). Aunque su aplicación en los protocolos de reproducción asistida en pequeños rumiantes se ha limitado, debido a los altos costos para realizar este tipo de investigación (Freitas *et al.*, 2016). Para obtener ovocitos de alta calidad en la TE en cabras, la AOL se ha usado exitosamente (Leoni *et al.*, 2009), ésta es una técnica mínimamente invasiva, representa bajo riesgo para el desarrollo de adherencias y permite varias recolecciones de ovocitos del mismo animal en un corto período (Avelar *et al.*, 2012; Souza-Fabjan *et al.*, 2013). Por lo anterior, el objetivo de la presente revisión de literatura fue describir los diferentes protocolos utilizados en la técnica de aspiración de ovocitos por laparoscopia para la transferencia de embriones en cabras.

### **Sincronización del estro y superovulación en cabras**

La sincronización de las cabras donantes y receptoras es importante para realizar la técnica de la aspiración de ovocitos por laparoscopia. Los protocolos difieren en las hormonas exógenas utilizadas, pero resultan similares en la duración y la aplicación (Souza-Fabjan *et al.*, 2014).

La superovulación se logra con hormonas exógenas que promueven el desarrollo y el crecimiento folicular. Para mejorar la recolección de ovocitos durante la AOL en la TE se requiere previa sincronización en la hembra receptora y donadora; además de superovular a la hembra donadora. La sincronización manipula el ciclo estral y la superovulación genera mayor cantidad de ovocitos para la recolección y la evaluación. La sincronización del estro (receptora-donadora) se realiza mediante dispositivos intravaginales impregnados de P<sub>4</sub> (Abecia *et al.*, 2012).

Los protocolos de sincronización y de superovulación difieren según los medios de aspiración y los anestésicos a utilizar (Souza-Fabjan *et al.*, 2014; Tabla 1).

**Tabla 1. Comparación de los fármacos, dosis, materiales y otros valores usados para la técnica de aspiración de ovocitos por laparoscopia.**

Calibre de la aguja	Anestésico usado	Medio de aspiración	Presión del vacío en la bomba	Velocidad del fluido	Autor
20G	Ketamina (5 mg kg <sup>-1</sup> ), diazepam (0.35 mg kg <sup>-1</sup> ) e isoflurano inhalado.	TCM 199 suplementado con heparina (0.05 mg mL <sup>-1</sup> ) y suero fetal bovino 1%.	--	50 a 70 gotas min <sup>-1</sup>	Baldassarre, 2007
22G	Xilacina (0.5 mg 10 kg <sup>-1</sup> ) y ketamina (25 mg 10 kg <sup>-1</sup> ).	TCM 199 suplementado con HEPES (10 mM), heparina (20 UI mL <sup>-1</sup> ) y gentamicina (40 mg mL <sup>-1</sup> ).	30 mm Hg	7 a 7.5 mL min <sup>-1</sup>	Avelar <i>et al.</i> , 2012
22G	Tiopental (20 mg kg <sup>-1</sup> ) e isoflurano inhalado al 3%.	TCM 199 suplementado con HEPES (10 mM), piruvato sódico (0.022 mg mL <sup>-1</sup> ), penicilina (10000 UI), sulfato de estreptomycin (10000 mg mL <sup>-1</sup> ), anfotericina B (25 mg mL <sup>-1</sup> ), FCS al 10% y heparina (20 UI mL <sup>-1</sup> ).	30 mm Hg	7 a 7.5 mL min <sup>-1</sup>	Souza-Fabjan <i>et al.</i> , 2013
18G	Xilacina (0.5 mg 10 kg <sup>-1</sup> ) y ketamina (25 mg 10 kg <sup>-1</sup> ).	TCM 199 suplementado con HEPES (10mM), heparina (10 UI mL <sup>-1</sup> ), gentamicina (4mg/mL) y BSA (1mg mL <sup>-1</sup> ).	50 mm Hg	--	Souza-Fabjan <i>et al.</i> , 2014

G: Grosor de la aguja. TCM: Medio de tejido de cultivo, por sus siglas en inglés: Tissue Culture Medium. HEPES: Solución amortiguadora, Sulfonato de N-2 hidroxietilpiperazina-N'-2-etano. FCS: Suero fetal de ternera, por sus siglas en inglés: Fetal calf serum. BSA: Albúmina de suero bovino, por sus siglas en inglés: Bovine serum albumin.

Baldassarre (2007) evaluó diferentes protocolos para sincronizar hembras donadoras con esponjas intravaginales impregnadas de 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (AMP; Veramix®, Laboratorios Upjohn, Canadá) durante 10 días, y 48 h previas a la AOL, aplicó 125 µg de cloprostenol (Estrumate®, Laboratorios Malinkrodt, Canadá). Para la superovulación, comparó dos protocolos; en el primero, inyectó hormona folículo estimulante (FSH; Folltropin®, Bioniche, Canadá) y en el segundo, combinó FSH con gonadotropina coriónica equina (eCG; Pregnecol®, Bioniche, Canadá), la cual suministró en dosis única 36 h antes de realizar la AOL (protocolo "OneShot"; Baldassarre, 2007). Los resultados fueron similares ( $P > 0.001$ ) entre los tratamientos de inyecciones múltiples y los tratamientos "OneShot" para la AOL (cabras de 60 a 90 d y de 90 a 150 d de edad: 84% y 80 % de recuperación, respectivamente). Sin embargo, para las hembras jóvenes, los protocolos fueron idénticos a los utilizados en las adultas, debido a que no estaban ciclando y, por lo tanto, no se les sincronizó el estro (esponja intravaginal + luteolítico; Baldassarre, 2007).

Avelar *et al.* (2012) sincronizaron cabras donadoras mediante una esponja intravaginal con 60 mg de AMP (Syntex, Buenos Aires, Argentina) durante 11 d, y en el día ocho, inyectaron 50 µg de d-cloprostenol (Ciosin, Coopers, São Paulo, Brazil). Para la estimulación ovárica, las cabras se dividieron en tres tratamientos: 1) 120 mg de NIH-FSH-P1 (FSH porcina estándar, por sus siglas en inglés: National Institute of Health porcine FSH standard; Folltropin-V, Vetrepharm, Belleville, Canada), suministrados en cinco inyecciones (5D) vía intramuscular (30, 30, 20, 20, y 20 mg, respectivamente) con intervalos de 12 h; 2) 120 mg de NIH-FSH-P1 divididos en tres inyecciones (3D) con

intervalos de 24 h (60, 40 y 20 mg, respectivamente); y 3) una sola inyección (1D) de 70 mg de NIH-FSH-P1 más 200 UI de eCG (Novormon, Syntex, Buenos Aires, Argentina), 36 h antes de retirar la esponja.

Los resultados fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos para la cantidad de folículos observados en cada ovario; sin embargo, el mayor porcentaje ( $P < 0.05$ ) de recuperación de ovocitos se obtuvo con el tratamiento 5D (84.1%, 211/251 hembras), con respecto a la de los tratamientos 3D (68.2%, 182/267 hembras) y 1D (72.4%, 184/254 hembras), respectivamente (Avelar *et al.*, 2012).

El porcentaje de recuperación de ovocitos difiere entre autores, de acuerdo con la cantidad de hembras utilizadas por protocolo y la respuesta por animales o población (Tabla 2).

**Tabla 2. Variables de respuesta obtenidas con la técnica de aspiración de ovocitos por laparoscopia en cabras.**

Número de hembras	Raza	Edad de las hembras donantes	Folículos aspirados	Ovocitos recuperados	Porcentaje de recuperación	Autor
20		2 a 3 meses	59.3 ± 28	49.7 ± 24*	84%	Baldassarre, 2007
36	--	3 a 5 meses	34.4 ± 20	27.4 ± 14*	80%	
23		5 meses	39.0 ± 4.5	28.4 ± 3.5*	73%	
21		>1 año	19.0 ± 1.4	15.9 ± 1.5*	84%	
16	Caninidé	5 meses	772	577**	74.7%	Avelar <i>et al.</i> , 2012
15	Caninidé	2 a 4 años	245	182**	74.3 %	Souza-Fabjan <i>et al.</i> , 2013

Media ± desviación estándar. \*Resultados por animal. \*\*Resultados de población.

Souza-Fabjan *et al.* (2013) sincronizaron cabras nulíparas y multíparas, mediante esponjas intravaginales impregnadas con 60 mg de AMP (Progespon, Syntex, Buenos Aires, Argentina) durante 11 d. En el día ocho, suministraron 75 µg de d-cloprostenol (Prolise; Pfizer Animal Health, São Paulo, Brazil), y 36 h antes de retirar la esponja, aplicaron una sola dosis de 70 mg de FSH porcina (FSHp; Folltropin-V; Vetrepharm, Ontario, Canada) más 200 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG; Novormon; Syntex). La recolección de ovocitos se realizó seis días posteriores al término del tratamiento. No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) para la respuesta del estro (40.0% vs. 84.7%), el inicio del estro ( $62.0 \pm 15.5$  vs.  $50.7 \pm 19.2$  h; media ± E.E.), la duración del estro ( $25.0 \pm 16.1$  vs.  $30.0 \pm 15.1$  h) y el porcentaje de ovulación (60.0% vs. 85.7%) en los animales de estudio (Souza-Fabjan *et al.*, 2013).

Souza-Fabjan *et al.* (2014) sincronizaron cabras con esponjas intravaginales impregnadas con 45 mg de acetato de fluorgestona (AFG; Chronogest CR; Intervet Schering-Plough Animal Health, Angers, France) durante 11 d; y en el día ocho, inyectaron una dosis de prostaglandinas (Cloprostenol 50 µg; Intervet Schering-Plough Animal Health); al mismo tiempo, estimularon con 16 mg de FSHp (Stimufol, highly

purified porcine FSH, kindly provided by Prof. J-F Beckers, Liège, Belgium) en intervalos de 12 h con dosis decrecientes (4, 4, 3, 3, y 2 mg, respectivamente). Con este protocolo, los autores encontraron similitudes entre los ovocitos obtenidos por AOL y aquellos provenientes de rastro para calidad intrínseca y la competencia de desarrollo mediante activación partenogenética; no obstante, sugirieron que los ovocitos obtenidos por AOL, son menos competentes para la fertilización en condiciones de maduración y fertilización *in vitro* (Souza-Fabjan *et al.*, 2014).

Anakkul *et al.* (2013) sincronizaron cabras receptoras y donadoras, mediante esponjas intravaginales con 65 mg de acetato de meboxdroxiprogesterona (AMP; Ovejero®, España) durante 13 d, y una inyección de eCG (Folligon®, Intervet Schering-Plough Animal Health, Holanada). En las receptoras en estro, administraron una sola dosis de 200 UI de hCG (Chorulon®, Intervet Schering-Plough Animal Health, Holanada) para inducir la ovulación. Además del análogo de P<sub>4</sub> (Sincro-gest esponjas; 65 mg de Medroxyprogesterona, Ovejero®, España) en las donadoras, estimularon desarrollo folicular con siete dosis de FSH (50, 25, 25, 25, 25, 25 y 25 mg, respectivamente; Folltropin V®, Bioniche Animal Health, Vetrepharm, Canada) en intervalos de 12 h.

La primera dosis la aplicaron en el día 10 del tratamiento. Para la sexta y séptima dosis, inyectaron 125 µg mL<sup>-1</sup> de cloprostenol (Estrumate®, Schering-Plough Animal Health, NJ, USA). Detectaron el estro cada 6 h y para inducir la ovulación, aplicaron 200 UI de hCG (Chorulon®, Intervet Schering-Plough Animal Health, Holanda). Treinta embriones de 11 donadoras (Black Bengal: BB=7, 50%; Australian Melaan: AA= 4, 0%, porcentajes de recuperación en tres donadoras) se transfirieron en 30 hembras receptoras. Se obtuvo 30% de gestación (9/30) de donde nacieron nueve crías y una de ellas presentó color negro.

Los resultados sugieren que la inseminación artificial y la TE por laparoscopia, pueden combinarse para mejorar el potencial genético que codifique el color negro de la piel (Anakkul *et al.*, 2013).

Perera *et al.* (2008) sincronizaron cabras donadoras con dispositivos vaginales (45 mg, Cronolone, Intervet) durante 17 d; aplicaron 2.5 ml de FSHp (Folltropin-V, 20 mg/ml NIH-FSH-P1, BIONICHE, Canada); y de FSH ovina (FSHo; Ovagen™, 0.88 mg/mL NIADDK-oFSH-17-Standard, ICPbio Limited, Nueva Zelanda) en el día ocho. Además, inyectaron 300 UI de eCG (Folligon, Intervet International BV, Boxmeer-Holanda), durante la noche del día ocho. Estimularon la foliculogénesis y la maduración folicular con inyecciones de 1.25 ml de FSHp o FSHo por la mañana y la noche del día nueve y 10. En la mañana del día nueve, inyectaron 197 mg de prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>; cloprostenol sodium; PGF Veyx fort, Veyx Pharma, Schwarzenborn) y retiraron los dispositivos vaginales en la noche del día 10. En la mañana del día 11, aplicaron 1.25 ml de FSHp y FSHo, y por la noche aplicaron 1 ml de hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH; 50 µL/ml,

Depherelin Veyx Pharma, Schwarzenborn). Después de esta inyección, mantuvieron durante 48 h a las cabras en contacto con un macho cabrío para la monta natural (Figura 1).

No se encontraron diferencias significativas en la cantidad de embriones por animal en ambos protocolos (FSHp:  $4.3 \pm 2.0$  y FSHo:  $4.25 \pm 2.0$ , respectivamente). Posiblemente los protocolos son adecuados; no obstante, se requiere perfeccionar la técnica de AOL (Perera *et al.*, 2008).

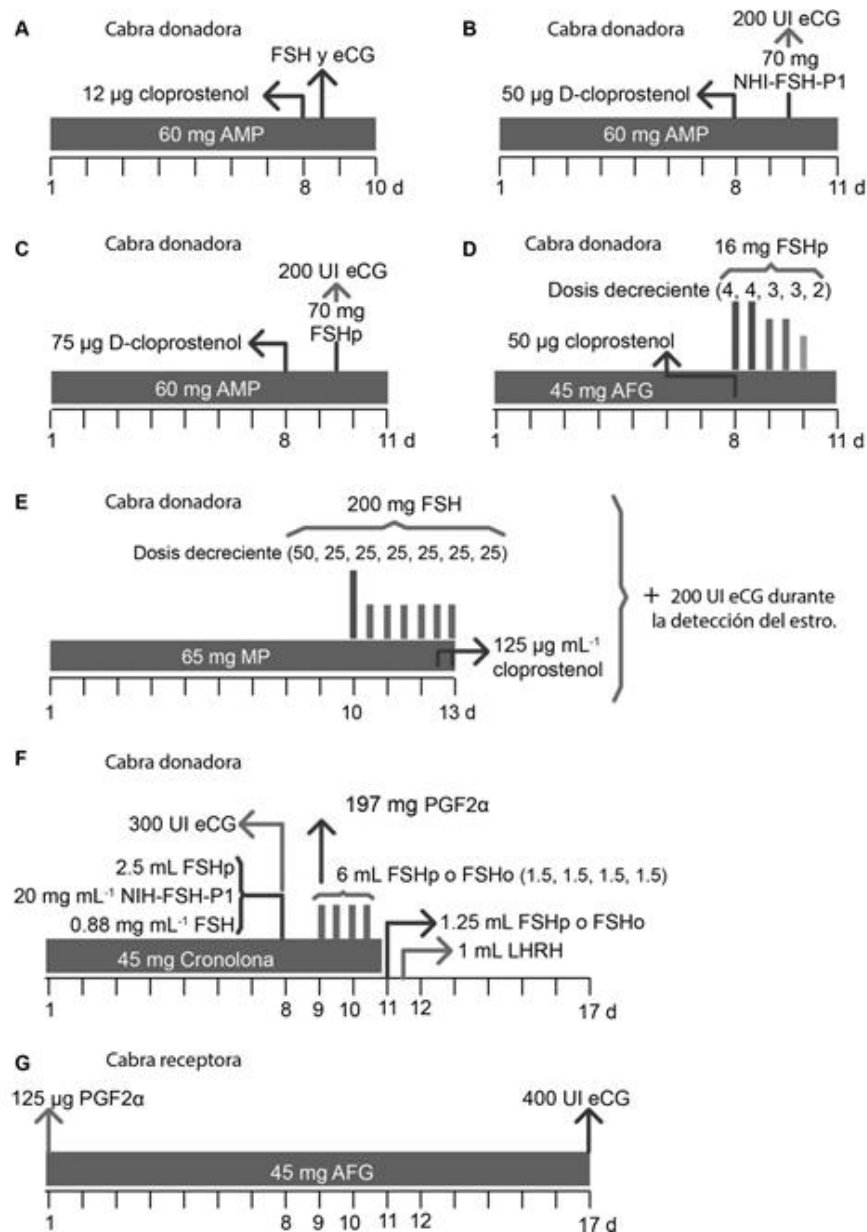
### **Aspiración de ovocitos por laparoscopia (AOL)**

La laparoscopia permite la visión y la manipulación de la cavidad abdominopélvica mediante el laparoscopio, el cual se introduce por una pequeña incisión y que consta de una fuente de luz transmitida por una fibra óptica; por medio de la cual se proyecta a un monitor (Baldassarre, 2007). Para realizar la técnica AOL se requiere que las hembras donantes estén en ayuno, por lo menos 24 h previas para reducir el riesgo de punciones accidentales en los intestinos, en el rumen o en la vejiga urinaria durante el procedimiento. La hembra se depila y se desinfecta con alcohol yodado en la zona abdominal, se coloca en una camilla decúbito dorsal para inclinarla hasta un ángulo de 30 a 45°, de tal forma que las vísceras se desplacen en sentido craneal y permitan visualizar el tracto reproductivo de la hembra (Alexander *et al.*, 2010). La AOL requiere personal altamente calificado, un equipo de laparoscopia compuesto por un laparoscopio de 5 mm de diámetro, una pinza de sujeción atraumática y una pipeta de aspiración de 3.5 mm de diámetro, con sus respectivos trócares (Baldassare, 2007).

El endoscopio se inserta 2 a 3 cm craneal a la glándula mamaria, y 2 a 3 cm a la izquierda de la línea media en la cavidad abdominal mediante un primer trócar; un segundo trócar se inserta en el lado derecho del abdomen (opuesto al primero) para introducir el aplicador-palpador, con el cual se localiza el útero. Enseguida, un tercer trócar se inserta en la línea media, con el fin de pasar la aguja de recuperación de ovocitos (Souza-Fabjan *et al.*, 2014). Una vez que los tres trócares se insertaron y se introdujo el laparoscopio, la pinza de sujeción atraumática y la pipeta de aspiración, se procede con la punción folicular (Cortez-Romero *et al.*, 2011; Figura 2).

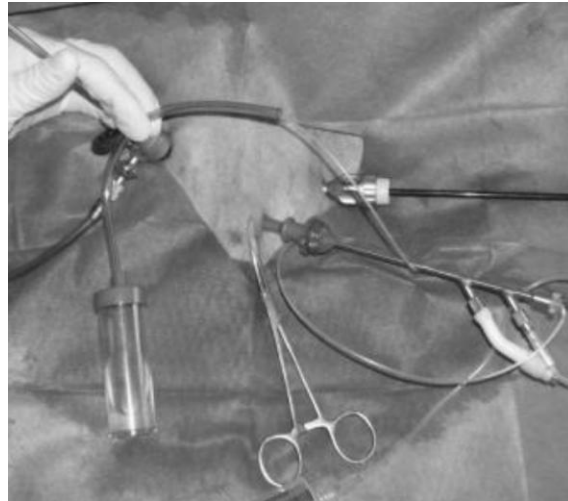
Para realizarla, el ovario se descubre levantando la fimbria con la pinza de sujeción atraumática y jalando en diferentes direcciones, para exponer las distintas áreas en su superficie. El procedimiento se repite en ambos ovarios y antes de retirar el equipamiento se lavan ambos ovarios con solución fisiológica heparinizada a 37°C (Baldassare, 2007). El método de transferencia de embriones requiere la sincronización entre la donadora y la receptora, asegurando que el embrión es recolectado en el estado apropiado de desarrollo (mórula o blastocisto temprano), y después transferido a la receptora en el estado adecuado del ciclo estral. Los métodos laparoscópicos de recolección y

transferencia de embriones han reemplazado a los métodos de laparotomía quirúrgica, reduciendo el riesgo de complicaciones postoperatorias del tracto reproductivo (Garza-Arredondo *et al.*, 2015).



**Figura 1. Protocolos de sincronización y superovulación en cabras.**

(A) Baldessarre, 2007; (B) Avelar *et al.*, 2012; (C) Souza-Fabjan *et al.*, 2013; (D) Souza-Fabjan *et al.*, 2014; (E) Anakkul *et al.*, 2013; (F) y (G) Perera *et al.*, 2008. AMP: acetato de medroxiprogesterona, AFG: acetato de fluorgestona, MP: mexodroxiprogesterona, FSH: Hormona folículo estimulante, NHI-FSH-P1: Hormona folículo estimulante porcina estándar, FSHp: Hormona folículo estimulante porcina, FSHo: Hormona folículo estimulante ovina, eCG: Hormona gonadotropina coriónica equina, hCG: Hormona gonadotropina coriónica humana, PGF<sub>2α</sub>: Prostaglandina F2 alfa.



**Figura 2. Aspiración de ovocitos por laparoscopia (Adaptado de Cortez-Romero *et al.*, 2011).**

La técnica de laparoscopia es conveniente para ovarios con un pequeño número de folículos, y tiene la ventaja de poder repetir aspiraciones a intervalos cortos. Para ovarios que presentan un gran número de folículos después de la estimulación por gonadotropinas, la laparotomía abdominal bajo anestesia general hace más eficiente la aspiración, y es mayor la tasa de recuperación de los ovocitos (Córdova-Izquierdo *et al.*, 2008).

### **CONCLUSIONES**

La cantidad de folículos aspirados y ovocitos recuperados varía debido al número de animales utilizados, la edad, raza y prolificidad de las hembras.

La cantidad y el porcentaje de ovocitos recuperados, difiere según la edad de la hembra donante y la velocidad del fluido utilizado para la aspiración de los ovocitos; ya que, a menor edad, se obtiene mayor cantidad de ovocitos, y a menor velocidad de aspiración, resulta mayor porcentaje de ovocitos con mejor calidad para la transferencia de embriones en cabras.

El uso de AOL tiene una ventaja adicional con respecto a los protocolos tradicionales, debido a que su aplicación en la producción *in vitro* de embriones, mediante ovocitos recolectados por laparoscopia, es muy importante para impulsar la reproducción asistida en caprinos. Por el contrario, una desventaja es que la técnica implica entrenamiento, infraestructura y equipamiento costoso y altamente especializado.

### **LITERATURA CITADA**

ABECIA JA, Forcada F, González-Bulnes A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 130: 173-179. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22325928> DOI: 10.1016/j.anireprosci.2012.01.011

ALEXANDER B, Mastromonaco G, King WA. 2010. Recent advances in reproductive biotechnologies in sheep and goat. *J Veterinar Sci Technol*. 1: 101. DOI: 10.4172/2157-7579.1000101.

Anakkul N, Suwimonteerabutr J, Tharasanit T, Panyaboriban S, Khunmanee S, Thanomsuksinchai N, Techakumphu M. 2013. Production of black goat using laparoscopic artificial insemination and embryo Transfer. *Thai J Vet Med*. 43(2): 259-263. [En línea]. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/7fb1b14dc0a12827820b7d3394d38002/1?pq-origsite=gscholar&cbl=836355> (Consultado el 23 de octubre de 2017).

Avelar S, Moura R, Sousa F, Pereira A, Almeida K, Melo C, Teles-Filho A, Baril G, Melo L, Teixeira D, Freitas V. 2012. Oocyte production and *in vitro* maturation in Canindé goats following hormonal ovarian stimulation. *Anim Reprod*. 9(1). [En línea]. Disponible en: [http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v9n1/Oocyte%20production%20\(prov\).pdf](http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v9n1/Oocyte%20production%20(prov).pdf) (Consultado el 26 de noviembre de 2016).

Baldassare H. 2007. Aplicaciones prácticas de la producción de embriones *in vitro* en la especie caprina. *Rev Bras Reprod Anim*. 31(2): 261-267. [En línea]. Disponible en: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/261.pdf> (Consultado el 23 de octubre de 2017).

Córdova-Izquierdo A, Córdova-Jiménez MS, Córdova-Jiménez CA, Guerra-Liera JE. 2008. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Rev. Vet*. 19: 67-79. [En línea]. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/inseminacion\\_ovinos/20-Cordova-Procedimientos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/inseminacion_ovinos/20-Cordova-Procedimientos.pdf) (Consultado el 23 de octubre de 2017).

CORTEZ-ROMERO C, Herrera-Corredor CA, Gallegos-Sánchez J, Salazar-Ortiz J. 2011. Manual sobre fisiología de la reproducción, inseminación artificial y ultrasonografía en ovinos. Colegio de Postgraduados. Fundación Grupo Produce, A.C., D.F. ISBN: 978-607-715-024-4.

FREITAS VJF, Melo LM, Teixeira DIA, Bhat MH, Serova A, Andreeva LE, Serov OL. 2016. The use of reproductive technologies to produce transgenic goats. Chapter 3. *In: Insights from Animal Reproduction*. In Tech (eds.). World's largest Science, Technology & Medicine. InTech. pp. 67-84. [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/62447> (Consultado el 22 de junio de 2017). ISBN: 978-953-51-2268-5.

Garza-Arredondo AJ, González-Gómez A, Vázquez-Armijo JF, Ledezma-Torres RJ, Bernal-Barragán H, Sánchez-Dávila F. 2015. Status and implementation of reproductive

technologies in goats in emerging countries. *African Journal of Biotechnology*. 14(9): 719-727. DOI: 10.5897/AJB2014.14300.

Leoni GG, Succu S, Satta V, Paolo M, Bogliolo L, Bebbere D, Spezzigu A, Madeddu M, Berlinguer F, Ledda S, Naitana S. 2009. *In vitro* production and cryotolerance of prepubertal and adult goat blastocysts obtained from oocytes collected by laparoscopic oocyte-pick-up (LOPU) after FSH treatment. *Reprod. Fertil. Dev.* 21: 901-908. DOI: 10.1071/RD09015.

LV L, Yue W, Liu W, Ren Y, Li F, Bon Lee K, Smith W. 2010. Effect of oocyte selection, estradiol and antioxidant treatment on *in vitro* maturation of oocytes collected from prepubertal Boer goats. *Italian Journal of Animal Science*. 9(1):50-54. DOI: 10.4081/ijas.2010.e11. [En línea]. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.4081/10.4081/ijas.2010.e11> (Consultado el 23 de octubre de 2017).

PERERA G, Pushpakumra P, Silva L, Alexander P. 2008. Production of genetically superior goats through embryo transfer technology in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*. 20: 177-184. [En línea]. Disponible en: [https://www.pgia.ac.lk/files/Annual\\_congress/journal/v20/18\\_Perera.pdf](https://www.pgia.ac.lk/files/Annual_congress/journal/v20/18_Perera.pdf) (Consultado el 26 de noviembre de 2016).

SHIN TS, Jang SK, Yang HS, Lee OK, Shim YH, Choi WI, Lee DS, Lee GS, Cho JK, Lee YW. 2008. Laparoscopy vs laparotomy for embryo transfer to produce transgenic goats (*Capra hircus*). *J. Vet. Sci.* 9 (1): 103-107. [En línea]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18296894> (Consultado el 23 de octubre de 2017).

SOUZA-FABJAN J, Locatelli Y, Duffard N, Corbin E, Touzé J, Perreau C, Beckers J, Freitas V, Mermillod P. 2014. *In vitro* embryo production in goats: Slaughterhouse and laparoscopic ovum pick up-derived oocytes have different kinetics and requirements regarding maturation media. *Theriogenology*. 81: 1021-1031. [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.023> (Consultado el 26 de noviembre de 2016).

SOUZA-FABJAN JMG, Pereira FA, Melo HSC, Sánchez DJD, Oba E, Mermillod P, Melo ML, Teixeira AIA, Freitas VJF. 2013. Assessment of the reproductive parameters, laparoscopic oocyte recovery and the first embryos produced *in vitro* from endangered Canindé goats (*Capra hircus*). *Reproductive Biology*. 13: 325-332. [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.repbio.2013.09.005> (Consultado el 26 de noviembre de 2016).

## Efecto del tratamiento de desinfección de los dispositivos intravaginales usados en la concentración de progesterona de vacas bajo condiciones de trópico seco

Effect of the disinfection treatment of used intravaginal devices on the concentration of progesterone on cows under dry tropical conditions

**Cuicas-Huerta Rosendo**<sup>1</sup> [cuicas07@hotmail.com](mailto:cuicas07@hotmail.com), **Aké-López Ricardo**<sup>2</sup> [alopez@correo.uady.mx](mailto:alopez@correo.uady.mx), **Estrada-Paqui Efren**<sup>1</sup> [eeapaqui@hotmail.com](mailto:eeapaqui@hotmail.com), **Gómez-Vargas Julio C**<sup>1</sup> [jgovar@hotmail.com](mailto:jgovar@hotmail.com), **Guadarrama-Trujillo Villey**<sup>1</sup> [mvzguerrero\\_20@hotmail.com](mailto:mvzguerrero_20@hotmail.com), **Montiel-Palacios Felipe**<sup>3</sup> [philmonpa777@hotmail.com](mailto:philmonpa777@hotmail.com), **Muñoz-García Canuto**<sup>4</sup> [munoz@colpos.mx](mailto:munoz@colpos.mx), **Segura-Correa José**<sup>2</sup> [jose.segura52@hotmail.com](mailto:jose.segura52@hotmail.com)

<sup>1</sup>Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.1 - Universidad Autónoma de Guerrero. México. <sup>2</sup>Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. México. <sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Veracruzana. México. <sup>4</sup>Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco. Estado de México. México. Autor Responsable: Cuicas-Huerta Rosendo. Autor de correspondencia: José Segura Correa. km 15.5 carretera Mérida Xmatkuil. Mérida, Yucatán, México, CP. 97315.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de la desinfección/limpieza de los dispositivos CIDR sobre las concentraciones séricas de progesterona (P4) en vacas Suizo x Cebú, a las cuales se les colocó por ocho días un dispositivo intravaginal (CIDR) nuevo (T1), reutilizado esterilizado en autoclave (T2) o reutilizado desinfectado en cloro (T3). Se utilizó un diseño completamente al azar con tres vacas por tratamiento. Los dispositivos CIDR reutilizados habían sido usados en una ocasión en vacas. Se colectaron muestras sanguíneas a los 0, 15, 30 min, 1, 3 y 6 h y posteriormente cada 12 h hasta el día 10, a partir de la inserción del CIDR (hora 0). La concentración de P4 se determinó mediante radioinmunoensayo. Las medias de las concentraciones de P4 fueron similares entre tratamientos (T1,  $1.7 \pm 0.9$  ng/mL; T2,  $1.31 \pm 0.65$  ng/mL; y T3,  $1.33 \pm 3.19$  ng/mL;  $P > 0.05$ ). En conclusión, el proceso de desinfección/limpieza de los dispositivos CIDR no afectó la disponibilidad del progestágeno, por lo que pueden ser reutilizados en el proceso de sincronización del estro.

**Palabras clave:** CIDR, Autoclave, progesterona, vacas.

### ABSTRACT

The objective of the study was to compare the effect of disinfection/cleaning of CIDR devices on serum progesterone concentrations (P4) in Brown Swiss x Zebu cows, which received during eight days a new intravaginal device (CIDR; T1), used device, sterilized by autoclave (T2) or a used device, disinfected with chlorine (T3). A complete randomized design with three replicates per treatment was applied. The used CIDR devices were used previously in cows. Blood samples were collected at 0, 15, 30 min, as well as at 1, 3 and 6 h and then each 12 h until day 10, with respect to the moment of the insertion of the CIDR. The P4 concentration was determined by radioimmunoassay. Mean concentrations of P4 were similar among treatments (T1,  $1.7 \pm 0.9$  ng/mL; T2,  $1.31 \pm 0.65$  ng/mL; and T3,  $1.33 \pm 3.19$  ng/mL;  $P < 0.05$ ). In conclusion, the process of disinfection/cleaning of the CIDR devices did not affect the availability of progestogen, therefore the CIDR could be used for estrous synchronization.

**Keywords:** CIDR, Autoclave, progesterone, cows.

## INTRODUCCIÓN

Los dispositivos intravaginales con progestágenos se han utilizado por más de cuatro décadas con el objetivo de controlar los ciclos estrales de vacas y ovejas (Lucy *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2002). El dispositivo más utilizado en los Estados Unidos es el dispositivo de liberación de droga interna controlada (CIDR), para su uso en el ganado (Macmillan y Peterson 1993; Rathbone *et al.*, 1997). El CIDR es un inserto vaginal en forma de T que contiene 1.9 g (Canadá, México, Japón, Australia y Nueva Zelanda) o 1.38 g (Estados Unidos y otros países) de progesterona (P4) en silicona moldeada sobre una columna de nylon (Rathbone *et al.*, 2002; Mapletoft *et al.*, 2003). El contenido residual de P4 después de un periodo de inserción de 7 días de CIDR con 1.38 g, se ha reportado como de 0.72 g (Rathbone *et al.*, 2002); por lo tanto, podría ser reutilizado.

Aunque el fabricante recomienda el uso sólo una vez, la reutilización del CIDR se ha investigado (Martínez *et al.*, 2003; Stevenson *et al.*, 2003; Colazo *et al.*, 2004). Inserciones de CIDR reutilizados suprimen el estro al menos un periodo adicional de 7 días, tanto en ganado de leche como de carne (Richardson *et al.*, 2002); no observándose diferencias en los porcentajes de preñez para ganado inseminado artificialmente a tiempo fijo con CIDR nuevo o utilizado (Colazo *et al.*, 2004).

Diferentes enfoques han sido utilizados para limpiar, desinfectar o esterilizar los dispositivos CIDR; sin embargo, aparentemente son escasos los informes que comparan las concentraciones séricas de progesterona producidas por dispositivos de segundo uso esterilizado en autoclave. Cerri *et al.*, (2005) no encontraron diferencias en las concentraciones plasmáticas de P4 en vacas lecheras que recibieron un dispositivo nuevo (1.38 g de P4), o un inserto desinfectado en autoclave y utilizado durante 7 días. Más escasos son los estudios que comparan las concentraciones séricas de P4 producidos por CIDR lavados y esterilizados en autoclave.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del tipo de desinfección (autoclave o en cloro) que reciben los CIDR para volverse a reutilizar, sobre la concentración de progesterona sérica de vacas Suizo x Cebú, en el trópico seco de Michoacán, México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización y clima

El trabajo de investigación se desarrolló en un rancho ubicado en la comunidad de San Lucas, Michoacán, México (18° 35'' Latitud Norte y 100° 47'' Longitud Oeste); el cual se encuentra a una altura de 300 msnm. La precipitación pluvial anual es de 906 milímetros; con temperaturas que oscilan entre 20.2 y 37.6°C (INEGI, 2005). El clima de la región es tropical seco estepario, donde existe una época crítica de estiaje de febrero a junio.

## **Animales y manejo**

Se utilizaron 9 vacas Suizo x Cebú, anéstricas y lactantes, con 60 días posparto, peso promedio de  $400 \pm 10$  kg y condición corporal de 4-5 unidades en la escala del 1 al 9; donde 1 correspondió a un animal emaciado y 9 a un obeso (Ayala *et al.*, 1995).

Las vacas estuvieron a libre pastoreo en potreros de rastrojo de sorgo (*Sorghum bicolor*), rastrojo de maíz (*Zea mays*) y pastos nativos (*Paspalum spp*, *Cynodon dactylon*, *Bouteloa sp.* etc.); así como arbustos y plantas leguminosas. Las vacas se manejaron en un sistema con amamantamiento continuo, donde el becerro permaneció con la madre hasta el destete.

La ciclicidad de las vacas se evaluó previo al estudio mediante dos palpaciones con intervalos de 10 días, considerándose que una vaca estaba anéstrica, cuando a la palpación rectal, en la superficie del ovario, no se detectó la formación de folículos o la presencia de un cuerpo lúteo (Salas-Razo *et al.*, 2011); esto último se confirmó mediante las concentraciones de progesterona menores a 1 ng/ml (Grajales *et al.*, 2006); lo cual indica la ausencia de un cuerpo lúteo activo.

## **Aplicación del CIDR**

Una vez que se diagnosticó el estado fisiológico de las vacas (anéstricas), se les insertó un CIDR en forma intravaginal por 8 días; formándose tres grupos tratados: 1) vacas que recibieron un CIDR nuevo, el cual estuvo impregnado con 1.9 g de progesterona (CN; n=3) (Laboratorio Pfizer); 2) vacas con un CIDR previamente utilizado (reutilizado), el cual previa limpieza fue esterilizado en autoclave a 121°C (CEA; n=3); y 3) vacas con CIDR reutilizado, el cual fue desinfectado en cloro, diluido en agua a razón de 3 ml de cloro por litro de agua (CDC; n=3). Al colocar el CIDR a todas las vacas, se les aplicó vía intramuscular 1 mg de Cipionato de estradiol (Laboratorio Wittney). Inmediatamente después del retiro y 24 h después, se aplicaron nuevamente 0.25 mg de Cipionato de estradiol.

## **Análisis de progesterona**

Para determinar las concentraciones de P4, se tomaron muestras sanguíneas a los 0, 15, 30 min, 1, 3 y 6 h y posteriormente cada 12 horas, hasta el día 10 a partir del momento de la inserción del CIDR (dos días después del retiro del CIDR). Las muestras se obtuvieron por punción de la vena coccígea en tubos vacutáiner, en los cuales se dejó coagular la sangre por una hora, y posteriormente se centrifugaron a 2500 rpm por 15 min. El suero se almacenó en alícuotas que se almacenaron a -20 °C, hasta su análisis. La medición de la P4 se realizó mediante un kit de radioinmunoensayo de fase sólida. La sensibilidad de la prueba fue 0.04 ng/ml y los coeficientes de variación intra e interensayo 6 y 8.5%

### **Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres vacas (repeticiones) por tratamiento. Todos los datos fueron sometidos a análisis de varianza de una vía, para cada momento de medición (0,15 30 min; 1, 3, 6 y 12 h; y posteriormente cada 12 h), mediante el procedimiento GLM (SAS, 2009).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La mayoría (75%) de los picos máximos de P4 ocurrieron entre las 6 y 12 h post-inserción del dispositivo intravaginal (Figura 1). Las concentraciones promedio ( $\pm$  DE) de P4 sérica durante los 8 días que permaneció el dispositivo, fueron similares ( $P > 0.05$ ) para los grupos CN ( $1.7 \pm 0.9$  ng/ml), CEA ( $1.31 \pm 0.65$  ng/ml) y CDC ( $1.33 \pm 3.19$  ng/ml). Estos resultados fueron debido, principalmente a diferencias producidas durante las primeras 6 horas, después de la inserción del CIDR (Figuras 1 y 2).

Las concentraciones séricas de P4 obtenidas del dispositivo CIDR nuevo durante 8 días, son comparables a las concentraciones notificadas en otro estudio, utilizando el CIDR con 1.38 g (Rathbone *et al.*, 2002). Las concentraciones de P4 obtenidas con el CIDR esterilizado en autoclave fueron similares a las obtenidas por Martínez *et al.* (2007), quienes utilizaron un dispositivo reutilizado que originalmente contenía 1.9 g de P4 en vacas ovariectomizadas. Las concentraciones de P4 alcanzaron su punto máximo en las primeras 6 h después de la inserción, manteniéndose así hasta las 12 horas aproximadamente; sin embargo, no ocurrió lo mismo para el CIDR esterilizado con cloro, que sufrió un descenso considerable en la concentración de P4. Este descenso fue seguido por una disminución constante hasta la eliminación del CIDR el día 8. Macmillan *et al.* (1991) informaron que después de la inserción de un CIDR nuevo (1.9 g de progesterona) en novillas ovariectomizadas, las concentraciones de progesterona en plasma aumentaron hasta aproximadamente 8.7 ng/ml por 6 h, y luego se redujeron a 6.8 y 2.5 ng/ml en los días 1 y 12 post-inserción, respectivamente. Cerri *et al.* (2005) comparando las concentraciones plasmáticas de P4 posteriores a la inserción de un CIDR nuevo o uno utilizado por 7 días y esterilizado en autoclave, observaron que las concentraciones de P4 aumentaron inmediatamente después de la inserción, alcanzando su máxima concentración a los 90 minutos; siguiendo el mismo patrón durante el resto del periodo de inserción.

Aunque no hubo diferencia significativa entre tratamientos, es posible que las bajas concentraciones de P4 observadas con los dispositivos desinfectados en cloro en comparación con los dispositivos esterilizados en autoclave, fueran causadas por una exposición prolongada a la solución desinfectante. Por tanto, es muy probable que la esterilización de vapor del dispositivo en el T3 aumentó la tasa de elución durante las primeras horas, después de la inserción en comparación con el T2. Tal efecto indica

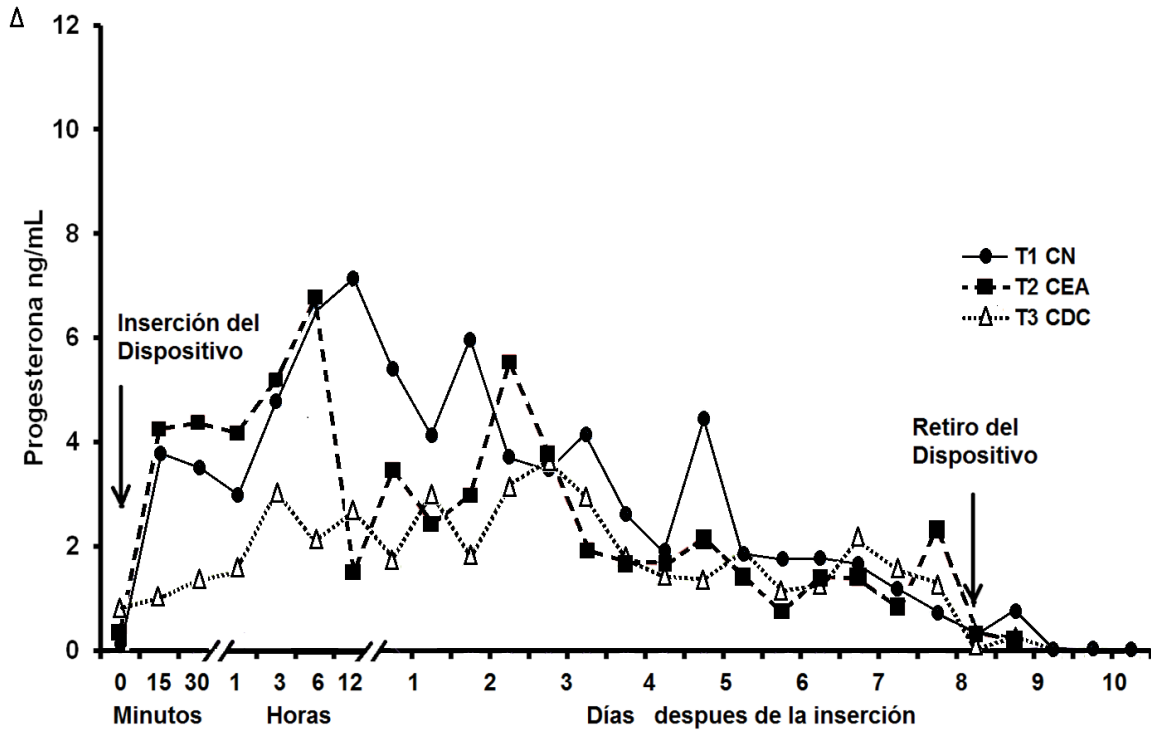


Figura 1. Concentraciones promedio de progesterona sérica (P4, ng/mL) en vacas Suizo x Cebú producidas por dispositivos CIDR nuevos (T1 CN), esterilizados en autoclave (T2 CEA) y desinfectados en cloro (T3 CDC).

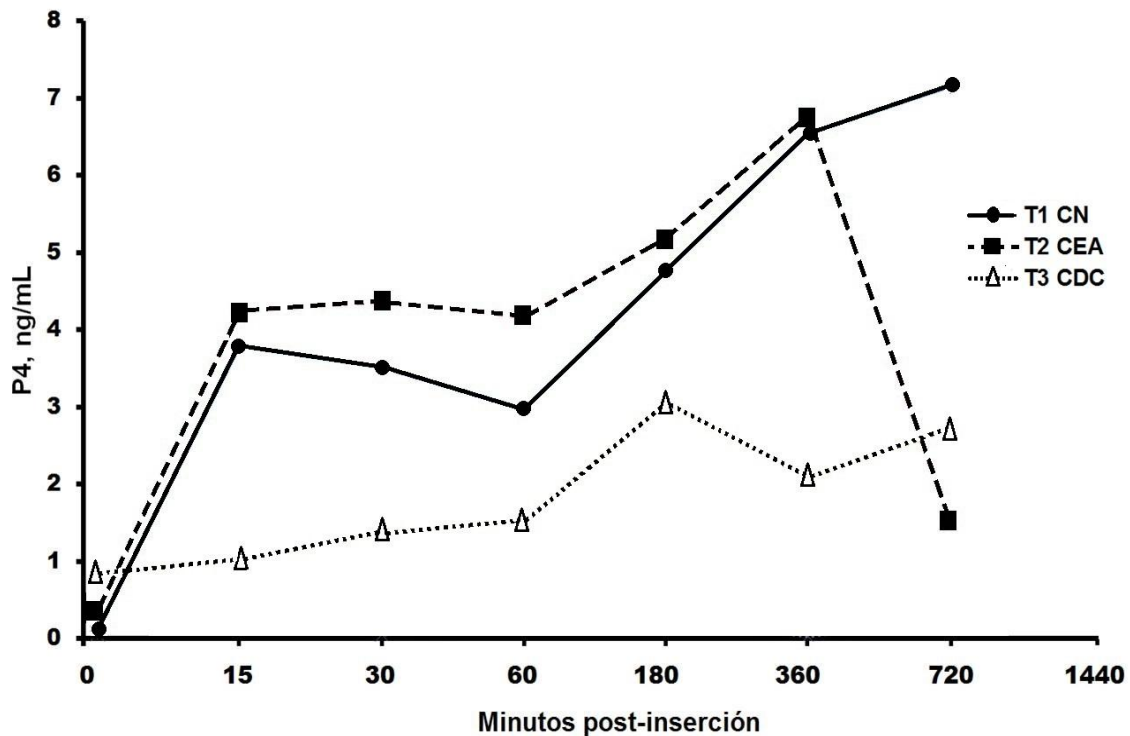


Figura 2. Concentraciones promedio de progesterona sérica (P4, ng/ml) en vacas Suizo x Cebú producidas por dispositivos nuevos (T1 CN), esterilizados en autoclave (T2 CEA) y desinfectados en cloro (T3 CDC) durante las primeras 12 h post-inserción.

que el proceso de esterilización en autoclave modifica de alguna manera la estructura del implante o la disposición de la P4 dentro del inserto.

Según McPhee *et al.* (1983), los perfiles plasmáticos de progesterona de los dispositivos intravaginales con progesterona (PRID) reutilizados y esterilizados en gas, fueron menores en comparación con los PRID tratados en autoclave; donde se observaron concentraciones plasmáticas en estado estacionario post-reinserción similares a un inserto nuevo. Los resultados se atribuyeron a la formación de una gran cantidad de P4 cristalina sobre la superficie del PRID en autoclave.

Existen similitudes estructurales y funcionales entre los dispositivos PRID y CIDR, ya que ambos dispositivos se construyen usando la progesterona micronizada en piel de caucho de silicona que se moldea en un nylon (CIDR), o estructura de acero inoxidable (PRID; Rathbone *et al.*, 1998). Debido a esta similitud, es posible que el proceso de esterilización térmica utilizada en el presente estudio puede haber resultado en el mismo efecto observado en dispositivos PRID esterilizados en autoclave.

Algunos investigadores (Colazo *et al.*, 2004) han utilizado CIDR sumergidos en una solución detergente con base en yodo de povidona durante 2 horas; seguido por lavado, aclarado con agua, secado al aire y esterilizado con vapor en un equipo autoclave; mientras que otros han utilizado esquemas restringidos, sólo por desinfecciones químicas (Van Cleeff *et al.* 1992; Martínez *et al.*, 2007) y esterilización en gas (Schmitt *et al.*, 1996b). Padula y Macmillan (2006) demostraron que los cambios en la microflora vaginal y uterina en el postparto temprano de vacas de carne, se produjeron durante 14 días post-inserción de un CIDR. Estos autores señalan que los cultivos microbianos en hisopos después del retiro del CIDR, produjeron intenso crecimiento bacteriano, siendo las especies aisladas *Pseudomonas aeruginosa* y *Actinomyces pyogenes*.

## CONCLUSIÓN

El proceso de desinfección/limpieza de los dispositivos CIDR, no afectó el contenido y disponibilidad de su progestágeno, por lo que pueden ser utilizados nuevamente en el proceso de sincronización del estro en vacas bajo condiciones de trópico seco.

## LITERATURA CITADA

AYALA A, Honhold R, Delgado R, Magaña J. 1995. A visual condition scoring scheme for *Bos indicus* and crossbred cattle. In: Anderson, S. and Wadsworth, J (editors) Proceeding of an International Workshop on Dual Purpose Cattle Research. IFS/FMVZ-UADY, Mérida, Yucatán, México.

CERRI RLA, Rutgiano HM, Bruno RGS, Santos JEP. 2005. Progesterone (P4) concentrations and ovarian response after insertion of a new or a 7-day used intravaginal P4 insert (IPI) in proestrus lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 83 (Suppl. 1): 37. ISSN: 1525-3163. ISSN: 0022-0302

COLAZO MG, Kastelic JP, Whittaker PR, Gavaga QA, Wilde R, Mapletoft RJ. 2004. Fertility in beef cattle given a new or previously used CIDR insert and estradiol, with or without progesterone. *Animal Reproduction Science*. 81: 25–34. ISSN: 0378-4320 <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.09.003>

GRAJALES H, Hernández A, Prieto E. 2006. Determinación de parámetros reproductivos basados en los niveles de progesterona en novillas doble propósito en el trópico colombiano. *Livestock Research for Rural Development*. 18. Article #144. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/graj18144.htm>

INEGI. 2005. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: X Censo de población y vivienda (Cartografía Geoestadística del Estado de Michoacán). México. Volumen I, Tomo 16, pp. 171.

LUCY MC, Billings HJ, Butler WR, Ehnis LR, Fields MJ, Kesler DJ, Kinder JE, Mattos RC, Short RE, Thatcher WW, Wettemann RP, Yelich JV, Hafs HD. 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF2alpha for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *Journal of Animal Science*. 79:982-995. ISSN: 1525-3163. doi:10.2527/2001.794982x Disponible: <file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-79-4-982.pdf>

MACMILLAN KL, Peterson AJ. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device (CIDR-B) for oestrous synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of postpartum anoestrus. *Animal Reproduction Science*. 33: 1–25. ISSN: 0378-4320. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(93\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0378-4320(93)90104-Y)

MACMILLAN KL, Taufas VK, Barnes DR, Day AM. 1991. Plasma progesterone concentrations in heifers and cows treated with a new intravaginal device. *Animal Reproduction Science*. 26: 25–40. ISSN: 0378-4320. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(91\)90063-6](https://doi.org/10.1016/0378-4320(91)90063-6)

MAPLETOFT RJ, Martinez MF, Colazo MG, Kastelic JP. 2003. The use of controlled internal drug release devices for the regulation of bovine reproduction. *Journal of Animal Science*. 81 (E. Supplement 2): E28–E36. ISSN: 1525-3163.

doi:10.2527/2003.8114\_suppl\_2E37x Disponible: [file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-81-14\\_suppl\\_2-E28.pdf](file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-81-14_suppl_2-E28.pdf)

MARTINEZ MF, Kastelic JP, Adams GP, Mapletoft RJ. 2002. The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengesterol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 80:1746-1751. ISSN: 1525-3163. doi:10.2527/2002.8071746x Disponible [file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-80-7-1746%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-80-7-1746%20(1).pdf)

MARTINEZ MF, Colazo MG, Kastelic JP, Mapletoft RJ. 2003. Effects of estradiol and progesterone on plasma steroid and gonadotropin concentrations in CIDR-treated ovariectomized cows. *Theriogenology*. 59: 224-228. ISSN: 0093-691X. DOI: 10.1016/j.domaniend.2006.04.009

MARTINEZ MF, Kastelic JP, Colazo MG, Mapletoft RJ. 2007. Effects of estradiol on gonadotrophin release, estrus and ovulation in CIDR-treated beef cattle. *Domestic Animal and Endocrinology*. 33: 77–90. ISSN: 0739-7240 <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.04.009>

MCPHEE SR, Doyle MW, Davis IF, Chamley WA. 1983. Multiple use of progesterone releasing intravaginal devices for synchronization of oestrus and ovulation in cattle. *Australian Veterinary Journal*. 60: 40–43. ISSN: 1751-0813 DOI: 10.1111/j.1751-0813.1983.tb05859.x. Disponible: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1751-0813.1983.tb05859.x/epdf?r3\\_referer=wol&tracking\\_action=preview\\_click&show\\_checkout=1&purchase\\_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase\\_site\\_license=LICENSE\\_DE NIED](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1751-0813.1983.tb05859.x/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase_site_license=LICENSE_DE NIED)

PADULA AM, Macmillan KL. 2006. Effect of treatment with two intravaginal inserts on the uterine and vaginal microflora of early postpartum beef cows. *Australian Veterinary Journal*. 84: 204–208. ISSN: 1751-0813. DOI: 10.1111/j.1751-0813.2006.tb12800.x Disponible: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1751-0813.2006.tb12800.x/epdf?r3\\_referer=wol&tracking\\_action=preview\\_click&show\\_checkout=1&purchase\\_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase\\_site\\_license=LICENSE\\_DE NIED](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1751-0813.2006.tb12800.x/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase_site_license=LICENSE_DE NIED)

RATHBONE MJ, Macmillan KL, Bunt CR, Burggraaf S, Burke C. 1997. Conceptual and commercially available intravaginal veterinary drug delivery systems. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 28: 363–392. ISSN: 0169-409X [https://doi.org/10.1016/S0169-409X\(97\)00089-6](https://doi.org/10.1016/S0169-409X(97)00089-6)

RATHBONE MJ, Macmillan KL, Inskip K, Burggraaf S, Burke CR. 1998. Fertility regulation in cattle. *Journal of Controlled Release*. 54: 117–148. ISSN: 0168-3659. [https://doi.org/10.1016/S0168-3659\(98\)00003-0](https://doi.org/10.1016/S0168-3659(98)00003-0)

RATHBONE MJ, Bunt CR, Ogle CR, Burggraaf S, Macmillan KL, Burke R, Pickering KL. 2002. Reengineering of a commercially available bovine intravaginal insert (CIDR insert) containing progesterone. *Journal of Controlled Release*. 85:105–115. ISSN: 0168-3659 [https://doi.org/10.1016/S0168-3659\(02\)00288-2](https://doi.org/10.1016/S0168-3659(02)00288-2)

RICHARDSON AM, Hensley BA, Marple TJ, Johnson SK, Stevenson JS. 2002. Characteristics of estrus before and after first insemination and fertility of heifers after synchronized estrus using GnRH, PGF<sub>2</sub>, and progesterone. *Journal of Animal Science*. 80: 2792–2800. ISSN: 1525-3163 doi:10.2527/2002.80112792x. Disponible: <file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-80-11-2792.pdf>

SALAS-RAZO G, Gutiérrez-Vásquez E, Ku-Vera JC, Aké-López R. (2011). Reinicio de la actividad ovárica posparto y concentración plasmática de metabolitos lípidos y progesterona en vacas suplementadas con grasa de sobrepeso. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14:385-392. (ISSN: 1870-0462)

SAS. 2009. User's Guide: Statistics, Version 9.2th Edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. USA.

SCHMITT EJP, Drost M, Diaz T, Roomes C, Thatcher WW. 1996. Effect of a gonadotropin-releasing hormone agonist on follicle recruitment and pregnancy rate in cattle. *Journal of Animal Science*. 74: 154–161. ISSN: 1525-3163. doi:10.2527/1996.741154x Disponible: <file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-74-1-154.pdf>

STEVENSON JS, Lamb GC, Johnson SK, Medina-Britos M A, Grieger DM, Harmony KR., Cartmill JA, El- Zarkouny SZ, Dahlen CR, Marple TJ. 2003. Supplemental norgestomet, progesterone, or melengestrol acetate increases pregnancy rates in suckled beef cows after timed inseminations. *Journal of Animal Science*. 81: 571–586. ISSN: 1525-3163. doi:10.2527/2003.813571x Disponible: <file:///C:/Users/scorrea/Downloads/jas-81-3-0810571.pdf>

VAN CLEEFF JK, Lucy MC, Wilcox CJ, Thatcher WW. 1992. Plasma and milk progesterone and plasma LH in ovariectomized lactating cows treated with new or used controlled internal drug release devices. *Animal Reproduction Science*. 27: 91–106. ISSN: 0378-4320 [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(92\)90049-J](https://doi.org/10.1016/0378-4320(92)90049-J)

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2):33-46. Recibido: 04/09/2017 Aceptado: 21/11/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.3>

## Crecimiento inicial de dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*) en el trópico de Ecuador

Initial growth of two varieties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) in the tropics of Ecuador

Hilda López-Hidalgo<sup>1</sup> [behilop22@hotmail.com](mailto:behilop22@hotmail.com), Juan Martínez-González<sup>2\*</sup> [jmartinez@docentes.uat.edu.mx](mailto:jmartinez@docentes.uat.edu.mx), Diana Balseca-Guzmán<sup>1</sup> [gabytas\\_20@hotmail.com](mailto:gabytas_20@hotmail.com), Luis Gusqui-Vilema<sup>1</sup> [lgusqui@ute.edu.ec](mailto:lgusqui@ute.edu.ec), Eugenia Cienfuegos-Rivas<sup>2</sup> [ecienfue@docentes.uat.edu.mx](mailto:ecienfue@docentes.uat.edu.mx)

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Equinoccial-Centro de Investigación. Extensión Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. \*Autor responsable y de correspondencia: Juan Carlos Martínez González. Centro Universitario Adolfo López Mateos. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149.

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la producción y eficiencia del crecimiento inicial de dos variedades de Gandul (*Cajanus cajan* var. Negro y EGV22) con y sin fertilización nitrogenada. Las plantas fueron sembradas en bolsas de plástico durante el verano del 2012. Se aplicó a los 90 d de germinación dos tratamientos de fertilización nitrogenada (+N y -N). Las variables fueron: número de nódulos (NN), largo de raíz (LR), peso de nódulos (PN), altura de planta (AP), materia seca total (MST), índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE), tasa de asimilación neta (TAN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Se utilizó un diseño experimental completo al azar con arreglo factorial 2x2 y análisis de regresión. Se observó diferencia ( $P < 0.05$ ) entre variedades para NN, AP, TAN y TCC, donde el mayor promedio de AP lo obtuvo la variedad EGV22. Para el factor nitrógeno, su aplicación provocó disminución ( $P < 0.05$ ) en NN, PN y AP. Se concluye que la variedad Negro, puede ser utilizada en los sistemas de producción pecuarios, ya que tiene una buena producción de materia seca y un mejor establecimiento, adaptándose mejor a las condiciones ambientales del trópico de Ecuador.

**Palabras clave:** fertilización nitrogenada, leguminosas, tasas de crecimiento.

### ABSTRACTS

The objective was to assess the production and efficiency of the initial growth of *Cajanus cajan* var. Black and EGV22 with and without nitrogen fertilizing. The plants were planted in plastic bags during summer 2012. Two nitrogen fertilization treatments were applied at 90 d of germination (+ N and - N). The variables were: number of nodules (NN), long of root (LR), weight of nodules (WN), height of plant (HP), dry matter total (DMT), index of area leaf (IAL), area foliar specific (AFS), rate of assimilation (RA), rate relative of growth (RRG) and rate of growth of the crop (RGC). A full-randomized experimental design was used with a factorial arrangement 2 x 2 and regression analysis. Differences were observed ( $P < 0.05$ ) among varieties for NN, HP, so and RGC, where the highest average HP was obtained by EGV22 variety. For the nitrogen factor, its application decreased ( $P < 0.05$ ) NN, WN, and HP. It is concluded that Black variety can be used in the production systems since it has great DMT and the best establishment for the environmental conditions of the tropic of Ecuador.

**Keywords:** nitrogen fertilization, legumes, growth rates.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el constante crecimiento de la población humana ha incrementado la demanda alimenticia. En Ecuador, de acuerdo con los datos del III Censo Nacional Agropecuario (SINAGAP, 2012), el 11.0% de la tierra sembrada corresponde a cultivos perennes, el 27.2% a pastos cultivados y el 9.1% a pastos naturales; los mismos que pueden ser utilizados para la producción de proteína animal (De la Fuente *et al.*, 2008).

Sin embargo, la apertura de tierras para los asentamientos humanos desprotege el suelo, pierde su fertilidad y al no ser aprovechado para fines agrícolas o ganaderos, impide el desarrollo de nuevos sistemas de producción agropecuarios (Petit *et al.*, 2009).

Aunado a lo anterior, en Ecuador como en la mayoría de las regiones tropicales, la producción y disponibilidad de forraje de calidad es limitada durante la época seca: por lo que la siembra de leguminosas puede ayudar a la recuperación y conservación del suelo (Olivera *et al.*, 2005; Nieuwenhuyse *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2015) al fijar nitrógeno atmosférico, ser tolerantes a la sequía y tener la capacidad de producir forraje con un alto valor de proteínas y minerales que al ser consumido por los animales aumenta su productividad.

El crecimiento inicial es importante porque es el estadio más vulnerable de una planta, indica su capacidad para acumular biomasa, competir por los recursos, y su capacidad de adaptación a un determinado sitio (Villar *et al.*, 2008).

El gandul (*Cajanus cajan*), también conocido como frijol de palo, quinchoncho, entre otros, es una leguminosa arbustiva, tolerante a sequías y suelos con bajo contenido de nutrientes. Además, de servir para la alimentación humana; el forraje puede ser utilizado para la alimentación animal, debido a que posee altos niveles de proteína (16 a 22%) y una digestibilidad de la materia seca de aproximadamente del 59% (Peters *et al.*, 2003; Carvajal-Tapia *et al.*, 2016), pudiendo ser suministrado en materia verde en pastoreo o como forraje seco en corral (Trómpiz *et al.*, 2001).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento inicial de dos variedades de gandul (Negro y EGV22) con y sin fertilización nitrogenada sobre algunas características productivas y agronómicas en el trópico de Ecuador.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental “El Oasis”, de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Santo Domingo, Ecuador; durante el verano de 2012. El sitio experimental se localiza a 00° 13' 37" LS y 79° 15' 04" LO; el clima prevaleciente es tropical húmedo con temperatura media anual de 23.5 °C y precipitación anual de 2700 mm distribuida principalmente en los meses de verano (Miranda, 2010).

## Material evaluado

La siembra de las variedades de Gandul (Negro y EGV22), se realizó en bolsas negras de plástico con una capacidad aproximada de 4 kg, se colocaron dos semillas por bolsa para posteriormente dejar una planta como unidad experimental. El suelo utilizado fue de origen volcánico (Andisol-USDA) que se recolectó a una profundidad de 0 a 20 cm (tabla 1).

**Tabla 1. Características químicas del suelo utilizado en el experimento.**

pH	MO	NH <sub>4</sub>	P	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	K	Ca	Mg
	%				mg kg <sup>-1</sup>					cmol kg <sup>-1</sup>		
5.9	2.2	41.0	6.5	6.3	42.0	5.6	1.9	2.8	0.3	0.3	8.3	2.9

MO = Materia orgánica, NH<sub>4</sub> = Nitrato de amonio, P = fosforo, S = azufre, Fe = hierro, Cu = cobre, Zn = zinc, Mn = magnesio, B = boro, K = potasio, Ca = calcio, Mg = manganeso. Laboratorio de Química. Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Santo Domingo.

## Descripción de los tratamientos

Se consideraron dos tipos de fertilización con nitrógeno (+N), el cual en las primeras etapas del crecimiento de las leguminosas es necesaria la fertilización con nitrógeno, debido a que no se ha desarrollado la simbiosis entre leguminosas y *rhizobium*. Mientras que el otro tratamiento fue sin nitrógeno (-N), la fertilización de suelo se realizó al momento de preparar la siembra. Para el tratamiento -N se incorporó al suelo 54.0 kg ha<sup>-1</sup> de fosforo (P; Súper fosfato simple. FERTISA, Guayaquil, Ecuador) y 194.0, 86.0 y 44.0 kg ha<sup>-1</sup> de potasio (K; cloruro de potasio), azufre (S) y magnesio (Mg) (K-mag. FERTISA, Guayaquil, Ecuador).

Mientras que para el tratamiento +N se aplicaron 137.0 kg ha<sup>-1</sup> de N (Urea. FERTISA, Guayaquil, Ecuador), 81.0 kg ha<sup>-1</sup> de P (Fosfato Diamónico. FERTISA, Guayaquil, Ecuador), 137.0, 53.0 y 44.0 kg ha<sup>-1</sup> de K, S y Mg (K-mag), respectivamente, de acuerdo a las recomendaciones del manual de nutrición y fertilización de pastos (Bernal y Espinosa, 2003).

Además, durante el periodo de crecimiento de las plantas se realizaron fertilizaciones al pie de las mismas, quince días posteriores a la germinación y después cada 30 días; para -N se les aplicó 1.0 g de fertilizante K-mag, que correspondió a dosis de 297.0, 243.0 y 297.0 kg ha<sup>-1</sup> de K, S y Mg, respectivamente. Mientras que para el tratamiento +N, se adicionó 1.0 g de sulfato de amonio, que correspondió a una dosis de 284.0 kg ha<sup>-1</sup> de N.

## Variables de estudio

En el presente trabajo se midió: la longitud de la raíz (LR), desde el cuello hasta la cofia; número de nódulos (NN), sanos (color rosado) y vanos (grises); se extrajeron los nódulos en agua para evitar daños; peso de nódulos (PN); altura de planta (AP), desde la base del tallo hasta el ápice; número de ramas (NR); número de hojas (NH); longitud de ramas (Lr) y peso de materia seca total aérea (PMST). Las muestras fueron secadas en estufa

a 65 °C hasta obtener peso constante; área foliar (AF); utilizando la metodología sugerida por Rincón *et al.* (2012).

La eficiencia fisiológica de la planta (EFP), se determinó por medio del crecimiento en función del tiempo (semanas). Para hacer este tipo de análisis se utilizaron dos mediciones básicas, la producción en materia seca de la fracción aérea del material vegetal y el área foliar (Carranza *et al.*, 2009). Los parámetros utilizados para estimar la eficiencia fisiológica de la planta fueron: índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC); determinadas por las fórmulas establecidas por Hunt (1990); tasa de asimilación neta (TAN) y tasa relativa de crecimiento (TRC) determinadas por las fórmulas descritas por Tayeb (2012).

### **Análisis de regresión y diseño experimental**

Para estimar las curvas de crecimiento o líneas de tendencia en el tiempo de cada uno de los dos tratamientos de fertilización nitrogenada, se utilizó un análisis de regresión con 12 muestreos destructivos (un muestreo por semana posterior a la germinación) y cinco repeticiones dentro de cada muestreo (SAS, 2012).

Para el análisis de las variables continuas se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial (2 x 2) y se llevó a cabo una prueba de comparación de medias con la prueba de Tukey al 5% (SAS, 2012).

## **RESULTADOS**

En el presente trabajo no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en número de nódulos (NN), longitud de raíz (LR), peso de nódulos (PN), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de ramas (NR) y número de hojas (NH) en las dos variedades de Gandul; excepto ( $P < 0.05$ ) para longitud de ramas (Lr; tabla 2).

Similar situación se observó para el tratamiento de nitrógeno; las plantas que no recibieron fertilización (-N), mostraron mayor número de nódulos (82.0) que las plantas que recibieron nitrógeno (+N), donde se contaron 60.8 nódulos ( $P < 0.05$ ; tabla 2). Otra variable que mostró efectos ( $P < 0.05$ ) significativos de la fertilización fue la longitud de ramas (tabla 2).

El gandul (*Cajanus cajan*), mostró un crecimiento de la raíz mayor en el tratamiento sin fertilización en la variedad Negro (66.4 cm); mientras que el LR en el tratamiento con nitrógeno (+N) el crecimiento fue similar ( $P > 0.05$ ), en ambas variedades (Negro y EGV22) con 60.2 y 61.0 cm, respectivamente. De igual forma, para PN y NN se observó que los nódulos presentes en la variedad Negro con -N, fueron en mayor número (86) y más pesados (4 g); pero iguales ( $P > 0.05$ ) a lo encontrado para la variedad EGV22 con +N y -N, que estuvieron en un rango de 57 a 77 nódulos con un peso de 2 a 3 g, respectivamente.

**Tabla 2. Medias  $\pm$  desviación estándar de número de nódulos (NN), longitud de raíz (LR), peso de nódulos (PN), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de ramas (NR), longitud de ramas (Lr) y número de hojas (NH) en dos variedades de gandul y dos niveles de fertilización en Santo Domingo, Ecuador.**

Variedad	NN	LR (cm)	PN (g)	DT (mm)	AP (cm)	NR	Lr (cm)	NH
Negro	75.6 $\pm$ 41.7	63.3 $\pm$ 28.4	3.0 $\pm$ 2.5	6.1 $\pm$ 2.3	85.2 $\pm$ 49.0	0.7 $\pm$ 1.6	4.8 $\pm$ 9.2 <sup>a</sup>	18.0 $\pm$ 11.6
EGV22	67.1 $\pm$ 34.0	60.9 $\pm$ 22.6	2.7 $\pm$ 1.8	6.1 $\pm$ 2.1	91.7 $\pm$ 49.7	1.1 $\pm$ 1.8	9.0 $\pm$ 13.7 <sup>b</sup>	21.6 $\pm$ 15.3
Nitrógeno								
-N	82.0 $\pm$ 38.3 <sup>a</sup>	64.1 $\pm$ 27.0	3.7 $\pm$ 2.1	6.1 $\pm$ 2.1	93.9 $\pm$ 51.4	0.8 $\pm$ 1.4	5.4 $\pm$ 9.7 <sup>a</sup>	18.9 $\pm$ 11.1
+N	60.8 $\pm$ 35.2 <sup>b</sup>	60.1 $\pm$ 24.1	2.0 $\pm$ 1.8	6.0 $\pm$ 2.4	83.0 $\pm$ 46.9	1.1 $\pm$ 2.0	8.3 $\pm$ 13.6 <sup>b</sup>	20.6 $\pm$ 15.9

-N = sin nitrógeno; +N = con nitrógeno; \*Medias con a, b son diferentes estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ )

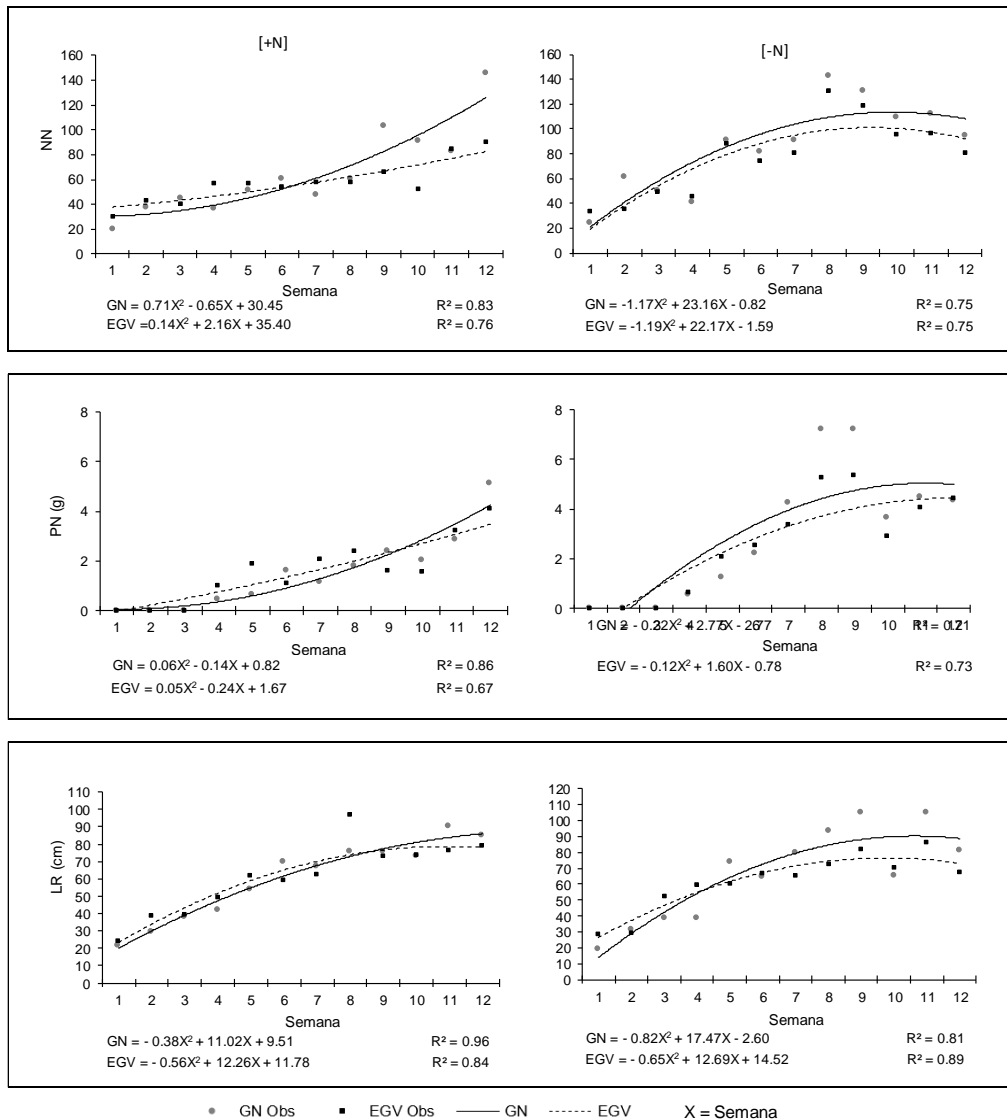
En la tabla 3 se puede observar que no se encontraron diferencias significativas para la interacción variedad por fertilización para NN ( $P = 0.90$ ), LR ( $P = 0.40$ ), PN ( $P = 0.18$ ) y diámetro del tallo ( $P = 0.37$ ). La tendencia de crecimiento para LR fue cuadrática con un menor desarrollo para la variedad EGV22 con -N a partir de la semana cinco de crecimiento posterior a la germinación. El NN y PN con +N tuvieron una tendencia lineal de crecimiento, por lo tanto la cantidad de NN y su peso fue incrementando gradualmente a lo largo de las semanas de estudio. Mientras que para las plantas con -N el NN y PN presentaron un crecimiento cuadrático, con una estabilización de la cantidad y peso de nódulos a partir de la octava semana; lo anterior revela que bajo las condiciones en las que se realizó el experimento el PN tuvo una relación directamente proporcional al NN, ya que a medida que se redujo su cantidad, su peso también lo hizo (figura 1). En promedio el NN y PN mostraron un decremento ( $P < 0.05$ ) al aplicar nitrógeno. Es importante mencionar que la tendencia observada para LR a partir de la octava semana de crecimiento pudo haber sido por la restricción de espacio, lo que impidió un mayor desarrollo y crecimiento del sistema radicular.

### Efecto del Nitrógeno en la parte aérea del gandul

Se encontró significancia estadística ( $P < 0.05$ ) para AP entre las variedades y efecto de fertilización, superando la variedad EGV22 en 7.3 cm  $p^{-1}$  a la variedad Negro; y para el efecto de fertilización el tratamiento -N, permitió obtener plantas más altas con promedio aproximado de 10.0 cm  $p^{-1}$  en comparación con el tratamiento +N; de manera contraria para la interacción de los tratamientos no se encontró significancia estadística ( $P > 0.05$ ).

En cuanto a la MST, se observó significancia estadística ( $P < 0.05$ ) en la interacción variedad por fertilización, donde la variedad Negro -N con 6181.6 kg  $ha^{-1}$  demostró tener mayor producción de biomasa; aunque estadísticamente similar a la variedad EGV22 con +N (6129.0 kg  $ha^{-1}$ ) y -N (5502.2 kg  $ha^{-1}$ ), llegando a superar con 1223.0 kg  $ha^{-1}$  a la

variedad Negro +N (tabla 4). El mismo comportamiento y resultado de MST fue obtenido en IAF, ya que tanto la variedad EGV22 con +N y Negro con -N, mostraron los mayores IAF con 6.29 y 5.76, respectivamente. En la figura 2, se observa el crecimiento inicial de la parte aérea de las leguminosas, las que presentaron un comportamiento de crecimiento positivo a través del tiempo (semanas).



**Figura 1. Largo de raíz (LR), número de nódulos (NN) y peso de nódulos (PN) para dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*; Negro y EGV22) con (+N) y sin (-N) fertilización nitrogenada en Santo Domingo, Ecuador.**

En AP durante todo el experimento la variedad EGV22 se posicionó por encima de la variedad Negro; mientras que la MST de las variedades de leguminosas se vio afectada por la incorporación o restricción de N, a partir de la sexta semana. Uno de los momentos

en el que se aplicó el tratamiento de fertilización, se observó que en el tratamiento con +N, la variedad EGV22 tuvo un mayor incremento de MST; de manera contraria la variedad Negro demostró tener más biomasa con el tratamiento -N, similar tendencia observada en MST se presentó en el IAF, donde la variedad EGV22 requirió de N para expresar una mayor área foliar, ya que en ausencia de N como se aprecia en la figura 2, a partir de la sexta semana el IAF empezó a declinar; mientras que en la variedad Negro la aplicación o restricción de N no infirió en la manifestación de área foliar ( $P > 0.05$ ).

**Tabla 3. Medias  $\pm$  desviación estándar para las variables número de nódulos, longitud de raíz, peso de nódulos y diámetro del tallo de acuerdo a la interacción de variedades de gandul y nivel de fertilización en Santo Domingo, Ecuador.**

Variedad	Nitrógeno	Número de nódulos	Largo de raíz (cm)	Peso de nódulos (g)	Diámetro del tallo (cm)
Negro	-N	86.2 $\pm$ 40.5	66.5 $\pm$ 31.2	3.9 $\pm$ 2.5	6.3 $\pm$ 2.4
	+N	65.0 $\pm$ 40.4	60.2 $\pm$ 25.2	2.0 $\pm$ 2.0	5.9 $\pm$ 2.3
EGV 22	-N	77.7 $\pm$ 35.8	61.8 $\pm$ 22.1	3.4 $\pm$ 1.7	6.0 $\pm$ 1.7
	+N	56.5 $\pm$ 28.6	60.0 $\pm$ 23.2	2.1 $\pm$ 1.6	6.2 $\pm$ 2.4

-N = sin nitrógeno; +N = con nitrógeno.

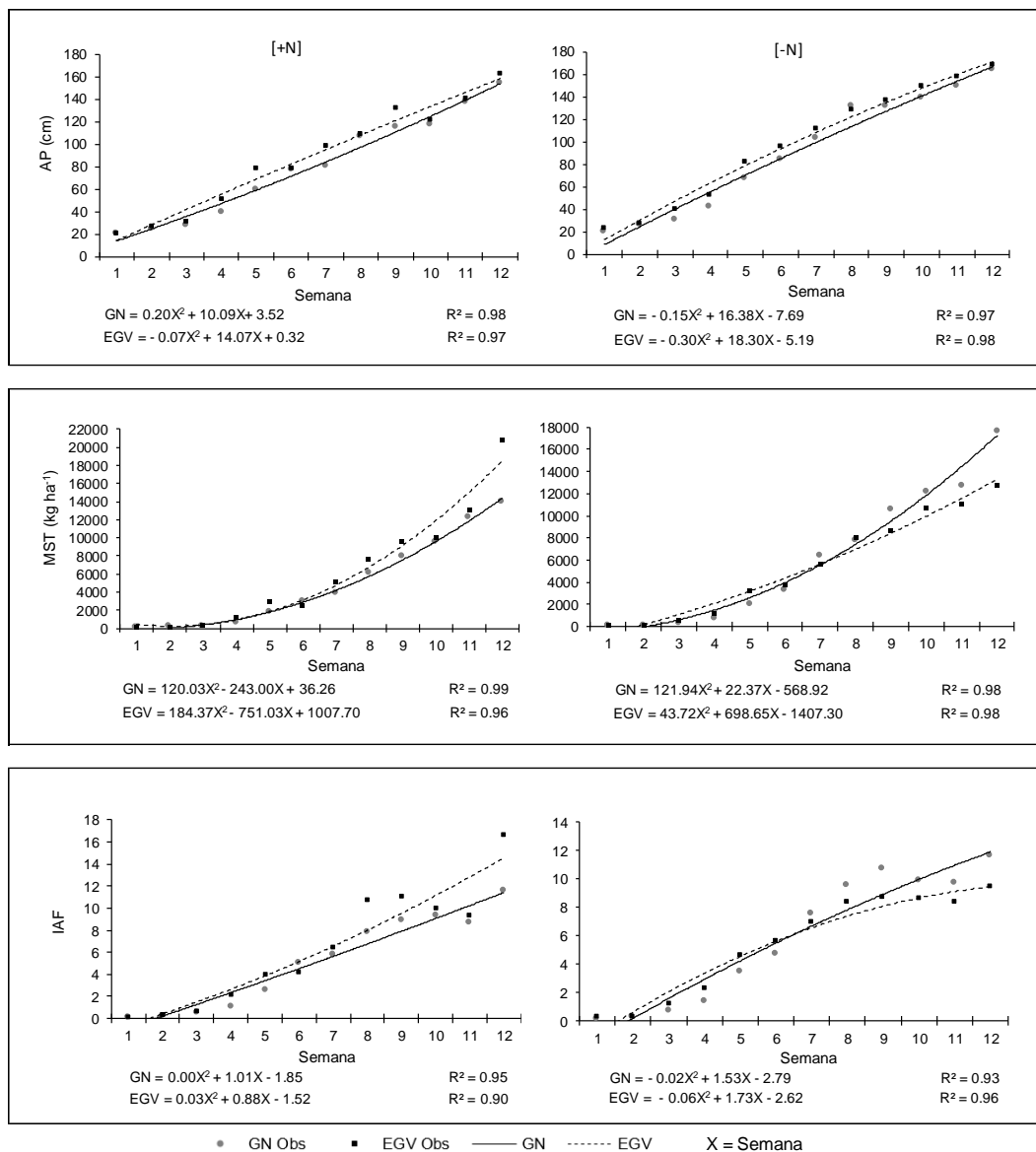
**Tabla 4. Medias  $\pm$  desviación estándar de peso de hojas en materia seca, peso de tallo en materia seca y peso de raíz en materia seca en dos variedades de gandul y en dos niveles de fertilización en Santo Domingo, Ecuador.**

Variedad	Peso de hojas en materia seca (g)	Peso de tallo en materia seca (g)	Peso de raíz en materia seca (g)	
Negro	5.41 $\pm$ 5.16	0.74 $\pm$ 1.60	4.07 $\pm$ 4.50	
EGV22	5.60 $\pm$ 4.93	1.14 $\pm$ 1.80	4.33 $\pm$ 4.72	
Nitrógeno	-N	5.57 $\pm$ 4.69	6.10 $\pm$ 6.41	4.52 $\pm$ 5.05
	+N	5.44 $\pm$ 5.39	5.54 $\pm$ 6.62	3.88 $\pm$ 4.10

-N = sin nitrógeno; +N = con nitrógeno.

### **Efecto del Nitrógeno para la eficiencia fisiológica del gandul**

En AFE no se encontró significancia estadística ( $P > 0.05$ ) para variedades, tratamientos de fertilización y su interacción; es decir que desarrollaron la misma área y diámetro foliar; las cuales no se vieron afectadas por la aplicación o restricción de N, a pesar que su tendencia en el tiempo fue negativa. En el tratamiento con +N la variedad Negro posterior a las dos primeras semanas de estudio hasta la séptima semana, presentó mayor disminución del AFE, para luego reivindicarse y superar a la variedad EGV22; mientras que en el tratamiento -N, las dos variedades presentaron similar tendencia.



**Figura 2. Altura de planta (AP), materia seca total (MST) e índice de área foliar (IAF), para dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*; Negro y EGV22) con (+N) y sin (-N) fertilización nitrogenada en Santo Domingo, Ecuador.**

En el caso de TAN solo se observó significancia estadística ( $P < 0.05$ ) entre variedades; siendo la variedad Negro ( $0.00043 \text{ g cm}^2 \text{ d}^{-1}$ ), la que mostró mayor eficiencia fotosintética desde el inicio del ciclo biológico, independientemente de la aplicación o restricción de N (figura 3).

Mientras, que para la TRC no se encontró significancia estadística ( $P > 0.05$ ) en ninguna de las fuentes de variación, la variedad Negro sin -N y con +N tuvo TRC de 0.058 y 0.052  $\text{g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente.

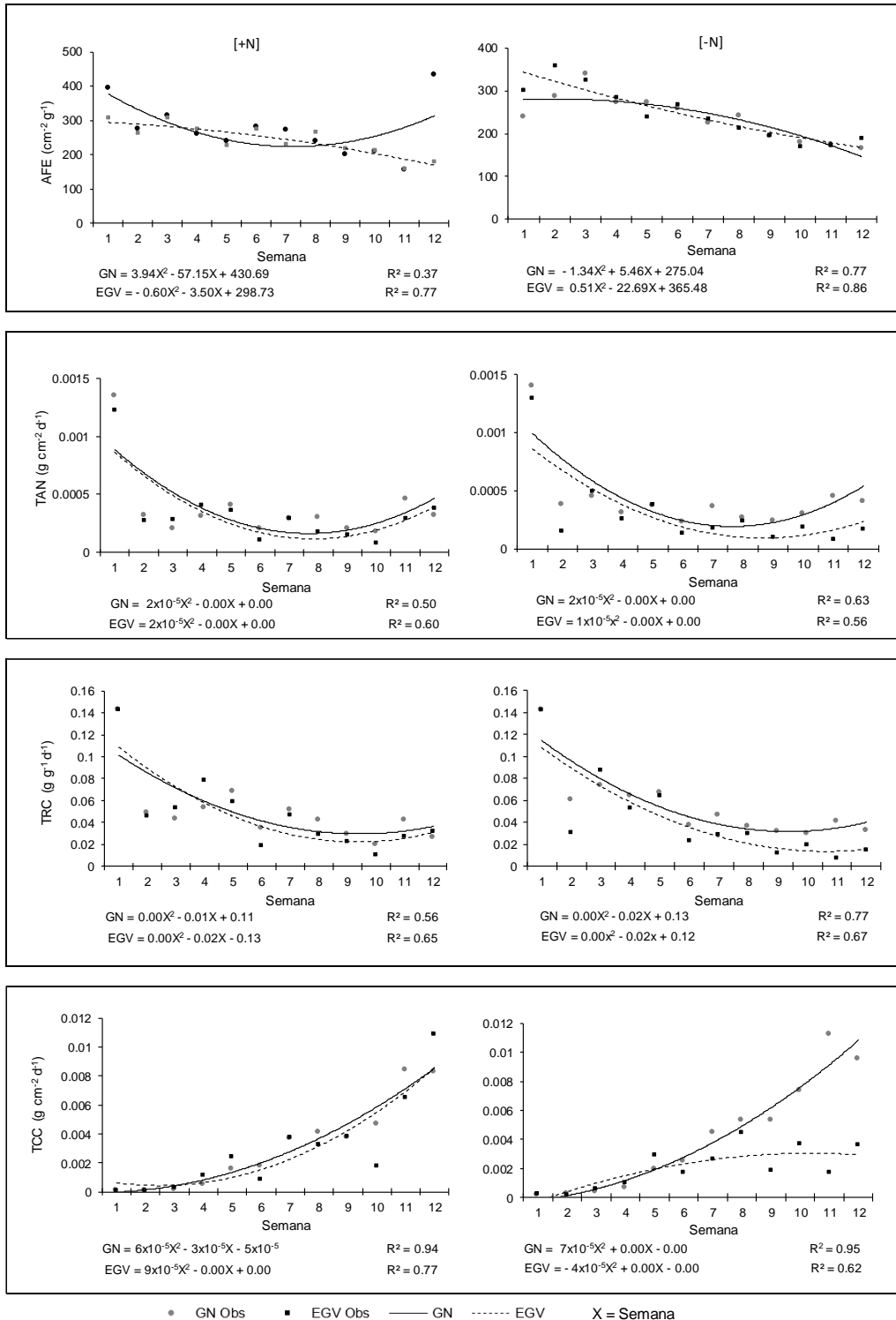


Figura 3. Área foliar específica (AFE), tasa de acumulación neta (TAN), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC), para dos variedades de gandul (*Cajanus cajan*; Negro y EGV22) con (+N) y sin (-N) fertilización nitrogenada en Santo Domingo, Ecuador.

De igual manera, en TCC la variedad Negro obtuvo en el tratamiento -N el mayor crecimiento ( $0.0036 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ), estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) a la variedad EGV22 -N ( $0.0020 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). La mayor TAN y TRC se observó en la primera semana del ciclo del cultivo, para posteriormente declinar gradualmente durante el resto de la investigación; lo que corrobora la relación inversamente proporcional que tienen con la TCC, producto del posible sombreado que presentan las láminas foliares entre ellas (figura 3).

En todas las variables de eficiencia la variedad Negro superó ( $P < 0.05$ ) a la variedad EGV22, especialmente en el tratamiento -N, donde aproximadamente a partir de la sexta semana la variedad EGV22 disminuyó TAN, TRC y TCC, observándose un comportamiento diferencial entre las variedades (figura 3). En la variedad EGV22 la aplicación de fertilizante nitrogenado mejoró ( $P < 0.05$ ) las variables de producción de biomasa y eficiencia del cultivo, permitiendo un adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas.

## DISCUSIÓN

Las plantas al estar en condiciones restrictivas de nitrógeno, pueden modificar el LR para encontrar nutrientes y tener una mayor supervivencia (Villar *et al.*, 2008). En relación al aumento de NN y PN los resultados del presente estudio son similares a lo reportado Mayz (2007), quien, al evaluar dosis de N y P en gandul, mencionó que un bajo contenido de nitrógeno inferior a  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  es benéfico para la nodulación. Según George y Singlenton (1992) mencionaron que, al inicio del crecimiento de las leguminosas, la nodulación tiende a retardarse y en ausencia de N la biomasa de la raíz aumenta; a este respecto, Díaz *et al.* (2011) señalaron que es importante conocer el punto óptimo de fertilización en leguminosas.

### **Efecto del Nitrógeno en la parte aérea del gandul**

Martínez *et al.* (2003) quienes evaluaron 25 líneas de *Cajanus cajan*, encontraron que las variedades más recomendadas para la producción de forraje son las de porte alto. Además, Mayz (2007) observó que leguminosas tratadas con nitrógeno tienden a tener mayor biomasa en etapas iniciales, ya que según Pliego *et al.* (2003) la aplicación de N puede cubrir las necesidades de las plantas, incrementando su biomasa total. Los resultados obtenidos en este trabajo son contrarios a los de Pliego *et al.* (2003), ya que la variedad EGV22 que presentó plantas más altas, sin obtener mayor MST.

Sin embargo, la aplicación de N en la variedad EGV22 fue indispensable para mejorar el IAF, pero el desarrollo dependerá de cada especie (Gómez-Carabalí *et al.*, 2011). Para Higuera *et al.* (2001) las diferencias en los componentes morfológicos de las plantas se deben a la duración de etapas fisiológicas de las leguminosas.

### **Efecto del Nitrógeno para la eficiencia fisiológica del gandul**

Para el AFE, la tendencia fue negativa sobre las semanas, lo que pudiera deberse a que con el paso del tiempo el espesor de la hoja se incrementa (Villar *et al.*, 2008). Según Grazia *et al.* (2001) la fertilización con nitrógeno afecta el desarrollo de la estructura foliar (área foliar, duración del área foliar y tasa de expansión foliar), pero no modifica el área foliar por unidad de masa.

Se observó una tendencia negativa en las semanas de estudio para TAN y TRC, estos mismos resultados fueron mencionados por Hoyos *et al.* (2009), lo que pudo deberse a la mayor acumulación de materia seca, en relación a la producción de fotoasimilados durante el crecimiento del cultivo. Mientras que el incremento de la TCC fue resultado de la constante división celular en los tejidos meristemáticos y la arquitectura de plantas (Hernández *et al.*, 1995).

En la interacción variedad por fertilización para TCC, según Villar *et al.* (2008) comentaron que la TCC está influenciada por las condiciones ambientales y componentes genéticos de cada especie. Hoyos *et al.* (2009) mencionaron que la TCC puede ser alterada con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

### **CONCLUSIÓN**

La aplicación de nitrógeno en *Cajanus cajan* influyó negativamente el número y peso de los nódulos. Para fines forrajeros, la variedad Negro -N, es una opción viable para ser utilizada en los sistemas de producción pecuarios; ya que tiene la capacidad de desarrollar mayor biomasa foliar durante el crecimiento inicial, bajo condiciones de restricción de fertilizante nitrogenado, demostrando su adaptación a las condiciones del trópico húmedo de Ecuador.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) sede Santo Domingo. En especial al Programa de Crianza de Ovinos de Pelo dirigido por la Dra. Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas.

### **LITERATURA CITADA**

BERNAL J, Espinosa J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito, Ecuador. p. 94. <http://nla.ipni.net/article/NLA-3058>

CARRANZA C, Lancho O, Miranda D, Chaves B. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Batavia cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 27(1):41-48. ISSN: 0120-9965. <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180314730006.pdf>

CARVAJAL-TAPIA JI, Martínez-Mamian CA, Truque-Ruiz NY. 2016. Digestibilidad de la harina de guandúl (*Cajanus cajan*) en alimentación de pollos de engorde. *Bioteología*

en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 14(1):87-94. ISSN: 1692-3561.  
DOI:10.18684/BSAA(14)87-94

DE LA FUENTE EB, Suarez SA. 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral* 18(2):239-252. ISSN: 1667-782X.  
<http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v18n3/v18n3a01.pdf>

DÍAZ JG, Rojas G, Him Y, Hernández N, Torrealba E, Rodríguez Z. 2011. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento en vivero de Cocuy (*Agave cocui Trelease*). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 28(1, Suppl 1):264-272. ISSN: 0378-7818.  
<http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/12499/12486>

GEORGE T, Singleton PW. 1992. Nitrogen assimilation traits and dinitrogen fixation, in soybean and common bean. *Agronomy Journal* 84(6):1020-1028. ISSN: 0002-1962.  
doi:10.2134/agronj1992.00021962008400060022x

GÓMEZ-CARABALÍ A, Rao IM, Beck RF, Ortiz M. 1998. Adaptación de una gramínea (C4) y dos leguminosas (C3) forrajeras a un Andisol ácido degradado de Colombia. *Pasturas Tropicales* 20(1):1-8. ISSN: 2346-3775.  
<http://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/pages/view/Pasturas>

GRAZIA J, Tiftonell PA, Chiesa A. 2001. Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). España. *Investigación Agraria. Producción Protección Vegetal* 16(3):355-365. ISSN: 0213-5000.  
[http://www.inia.es/gcontrec/pub/degra\\_1161156523015.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/degra_1161156523015.pdf)

HERNÁNDEZ MS, Casas AE, Martínez O, Galvis JA. 1995. Análisis y estimación de parámetros e índices de crecimiento del árbol de maraco (*Theobroma bicolor* H.B.K.) a primera floración. *Agronomía Colombiana* 12(2):182-191. ISSN: 0120-9965.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21442/22396>

HIGUERA A, Ferrer O, Boscán D, Canelón A, Montiel M, Castro C. 2001. Efecto de la altura y tiempo de corte sobre el contenido mineral de hojas y tallos de tres variedades quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. con fines de alimentación animal. *Revista Científica (FCV-LUZ)* 11(6):491-500. ISSN: 0798-2259.  
[http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista\\_cientifica/2001/06/articulo5.pdf](http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista_cientifica/2001/06/articulo5.pdf)

HOYOS V, Rodríguez M, Cárdenas-Hernández JF, Balaguera-López HE. 2009. Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 3(2):175-187. ISSN: 2011-2173.  
[http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1211/1210](http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1211/1210)

HUNT R. 1990. Basic growth analysis: Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman. London, England. p. 111. ISBN: 978-94-010-9117-6

MARTÍNEZ J, León L, Castellano G, Higuera A. 2003. Evaluación de 25 líneas de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. con fines de selección para su uso como leguminosa arbustiva forrajero. *Revista Científica (FCV-LUZ)* 13(3):173-181. ISSN: 0798-2259. [http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista\\_cientifica/2003/03/articulo2.pdf](http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista_cientifica/2003/03/articulo2.pdf)

MAYZ J. 2007. *Cajanus Cajan* L.: Fijación biológica de nitrógeno (FBN) en un suelo de sabana. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 24(Supl 1):312-317. ISSN: 0378-7818. [http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/supl\\_mayo\\_2007/v24supl43.pdf](http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/supl_mayo_2007/v24supl43.pdf)

MIRANDA K. 2010. Agenda zonal para el buen vivir, propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial. Monsalve Moreno. Ecuador. p. 95. ISBN: 978-9978-92-893-6. <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Agenda-Zonal-para-el-Buen-Vivir.pdf>

NIEUWENHUYSE A, Aguilar A, Mena M, Nájera K, Osorio M. 2008. La siembra de pastos asociados con maní forrajero, *Arachis pintoi*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). *Serie Técnica Manual Técnico No. 82*. Costa Rica. p. 75. ISBN: 978-99924-0-728-8. [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2806/La\\_siembra\\_de\\_pastos\\_asociados\\_con\\_mani\\_forrajero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2806/La_siembra_de_pastos_asociados_con_mani_forrajero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

OLIVERA Y, Machado R, Ramírez J, Cepero B. 2005. Evaluación de una colección de *Centrosema* spp en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes* 28(2):99-105. ISSN: 0864-0394. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121680002>

PETERS M, Horacio L, Schomidt A, Hincapié B. 2003. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p. 113. ISBN: 958-694-048-9. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=OxcbAyx8UFsC&oi=fnd&pg=PA47&dq=PETERS+M,+Horacio+L,+Schmidt+A,+Hincapi%C3%A9+B.+2003.+Especies+forrajeras+multiproposito&ots=M0K2cB\\_IJ\\_&sig=J8VIDa1Y\\_dFRk3BNYzrotZ02XTA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=OxcbAyx8UFsC&oi=fnd&pg=PA47&dq=PETERS+M,+Horacio+L,+Schmidt+A,+Hincapi%C3%A9+B.+2003.+Especies+forrajeras+multiproposito&ots=M0K2cB_IJ_&sig=J8VIDa1Y_dFRk3BNYzrotZ02XTA#v=onepage&q&f=false)

PETIT AJ, Casanova L, Solorio S. 2009. Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrientes. *Agricultura Técnica en México* 35(1):113-122. ISSN: 0568-2517. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n1/v35n1a11.pdf>

PLIEGO L, Ocaña A, Lluch C. 2003. Crecimiento, fijación de nitrógeno, acumulación y asimilación de nitratos con dosis de nitrógeno en frijol. *Terra Latinoamericana* 21(2):213-222. ISSN: 2395-8030. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57315595008.pdf>

RINCÓN GN, Olarte MA, Pérez JC. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 65(1):6399-6405. ISSN: 0304-2847. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30766/30887>

RUIZ TE, Febles G, Alonso J. 2015. Estudios con leguminosas, un aporte a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 49(2):233-241. ISSN: 0034-7485. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193039698013>

SAS (Statistical Analysis System). 2004. *SAS/STAT 9.1 User's guide: Basics*. Institute Statistical Analysis System. Cary, NC, USA. p. 5121. ISBN: 1-59047-243-8. [https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc\\_91/stat Ug\\_7313.pdf](https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat Ug_7313.pdf)

SINAGAP (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2012. III Censo Nacional Agropecuario de Ecuador. 6. Censos y encuestas. Reporte de resultados censo nacional. Número de UPAS y personas productoras por tamaños de UPA, según principales características. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Ecuador. <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/productos/censos-y-encuestas>

TAYEB S. 2012. Calculate and Analyze of Growth in *Vicia faba L.* Plant. *Life Science Journal* 9(1):850-852. ISSN: 0024-3205. [http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0901/123\\_8686life0901\\_850\\_852.pdf](http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0901/123_8686life0901_850_852.pdf)

TRÓMPIZ J, Ventura M, Esparza D, Higuera A, Padrón S, Aguirre J. 2001. Efecto de la sustitución parcial del alimento balanceado por harina de follaje de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) Millsp), sobre el comportamiento productivo en cerdos en etapa de engorde. *Revista Científica (FCV-LUZ)* 11(5):391-396. ISSN: 0798-2259. [http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista\\_cientifica/2001/05/articulo1.pdf](http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/revista_cientifica/2001/05/articulo1.pdf)

VILLAR R, Ruiz-Robleto J, Quero JL, Poorter H, Valladares F, Marañón T. 2008. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: Valladares F. (Ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S.A. Madrid, España. pp. 191-227. ISBN: 978-84-8014-738-5. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/47933/1/Tasas%20de%20crecimiento%20en%20especies%20le%C3%B1osas.pdf>

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 47-58. Recibido: 24/07/2017 Aceptado: 28/11/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.4>

## Preferencia del consumo de ensilado y su efecto sobre la actividad ovárica del *Pecari tajacu*

Preference on silage feed intake and its effect on ovarian activity in *Pecari tajacu*

**Montes-Pérez Rubén\*** [ruben\\_montes\\_p@hotmail.com](mailto:ruben_montes_p@hotmail.com), **Borges-Ventura David** [david.borges.v@gmail.com](mailto:david.borges.v@gmail.com) **Solorio-Sánchez Francisco** [ssolorio@correo.uady.mx](mailto:ssolorio@correo.uady.mx), **Sarmiento-Franco Luis** [luis.sarmiento@correo.uady.mx](mailto:luis.sarmiento@correo.uady.mx), **Magaña-Monforte Juan** [jmagana@correo.uady.mx](mailto:jmagana@correo.uady.mx)

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida. Yucatán, México. \*Autor responsable y de correspondencia: Montes-Pérez Rubén. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5, Mérida. Yucatán, México, CP. 97315.

### Resumen

El objetivo fue evaluar la preferencia del consumo de cuatro formulaciones de ensilado, y el efecto del consumo del ensilado preferido sobre la actividad ovárica de pecaríes de collar adultas sometidas a 35 días de consumo a libertad. Primer experimento, se utilizaron 12 hembras adultas *Pecari tajacu* no gestantes a las que se les ofrecieron cuatro mezclas de ensilajes, para medir la preferencia, mediante cuadro latino 4 x 4. En el segundo experimento, se ofrecieron durante 35 días a cinco hembras una dieta con ensilaje preferido, calabaza y maíz, otras cinco consumieron maíz y calabaza. Se midieron semanalmente los niveles de progesterona sanguínea de cada hembra. El primer experimento mostró que la mezcla de ensilado con 55 % de *B. alicastrum*, 40 % de *P. purpureum* y 5% de melaza es la preferida ( $P < 0.05$ ). Todas las hembras del grupo que consumió dieta con la formulación de ensilado preferido y de la dieta a base de maíz y calabaza mostraron de una a dos elevaciones de progesterona en todo el experimento. Se concluye que las hembras sometidas a dietas con ensilados de 40% de *Pennisetum purpureum*, 55% de *Brosimum alicastrum*, 5% de melaza, maíz y calabaza no muestran alteración de la ciclicidad ovárica durante 35 días.

**Palabras clave:** ensilado; ciclo estral; pecarí de collar; progesterona; zaino.

### Abstract

The objective of the current study was to evaluate the preference of the consumption of four silage formulations, and their effect of the preferred silage on the ovarian activity of adult collared peccaries subjected to 35 days of ad libitum feed intake. In the first experiment, 12 adults non-pregnant *Pecari tajacu* females were used to which they were offered four silage mixtures, to measure the preference, through a 4 x 4 Latin square design. In the second experiment, five females were offered a diet with the most preferred silage, pumpkin, and corn, and five others consumed corn and squash. The blood progesterone levels of each female were measured weekly. The first experiment showed that the silage mixture with 55% of *Brosimum alicastrum*, 40% of *Pennisetum purpureum* and 5% of molasses was preferred ( $P < 0.05$ ). All the females in the group that consumed the diet with the preferred silage formulation and the corn-and-pumpkin-based diet showed one to two peaks of progesterone throughout the experiment. It is concluded that females submitted to diets with 40% silage of *P. purpureum*, 55% of *B. alicastrum*, 5% of molasses, corn, and pumpkin do not show alteration of the ovarian cyclicity during 35 days.

**Keywords:** collared peccary; estrous cycle; silage; progesterone; zaino.

## INTRODUCCIÓN

En México a partir de 1997, el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural (SEMARNAP, 1997) valoró la importancia del aprovechamiento de fauna silvestre en el país, identificando los mercados legales para efectuar el aprovechamiento de animales vivos, carne y subproductos de éstos, especialmente de varias especies de artiodáctilos; algunos de éstos son los venados (*Odocoileus virginianus*, *Mazama americana*) y pecarí de collar (*Pecari tajacu*) (Briceño 2011; Montes et al., 2018). En Perú y Brasil, también se han efectuado este tipo de estudios, sus avances demostraron que especialmente el *P. tajacu* tiene los rasgos biológicos y productivos para ser integrado a sistemas de producción animal, porque generan carne para consumo humano y piel para la industria peletera (Rengifo, 2008). Jori et al. (2004) reportaron que un sistema de producción en poblaciones grandes de *P. tajacu*, tienen viabilidad económica, porque generan ingresos brutos de \$32 USD por animal. La variable principal que limita generar mayores ingresos netos es el costo de alimentación, que representa el 77% del total, debido al empleo de maíz, hojas de papaya y Opuntia. Con base en esta variable, se han efectuado varias investigaciones para sustituir insumos en la alimentación, especialmente granos para consumo humano por forrajes frescos y enriquecidos con urea (Montes-Pérez et al., 2012a; Oliveira et al., 2009). En este sentido, es necesario probar el forraje de especies nativas como alimento para *P. tajacu*, una característica principal, es que este tipo de alimento es de bajo costo, comparado con el uso de alimento comercial que se usa para cerdo; los forrajes nativos representan una opción que podría superar esta limitante (Ramírez, 2009).

Los pecaríes de collar tienen la capacidad de consumir forraje fresco, porque generan ácidos grasos volátiles a partir de la fermentación de la fibra del forraje (Montes-Pérez et al., 2012a); el uso de forraje conservado es una alternativa idónea en situaciones cuando la baja disponibilidad de éste se presenta de manera periódica, tal como sucede en regiones con climas cálidos subhúmedos, con vegetación nativa de selva baja caducifolia, donde hay escasez de forraje en la época de sequía (Durán y García, 2010; Flores et al., 2010). Un método de conservación de bajo costo y que permite mantener los nutrimentos del forraje es el ensilaje (Reyes et al., 2009); hay poca información sobre la utilización de forraje ensilado para la alimentación de *P. tajacu* (Borges-Ventura et al. 2014), y tampoco existen reportes del efecto que tiene su consumo sobre la función reproductiva, aspecto que es importante evaluar en poblaciones cautivas alimentadas con forraje conservado en microsilos.

La evaluación del efecto de dietas basadas en forraje ensilado sobre la actividad ovárica en *P. tajacu*, permitirá determinar su efecto sobre la actividad reproductiva, como estrategia de alimentación animal a nivel de agroecosistemas, especialmente para

pequeños productores en épocas críticas o para el establecimiento de nuevos sistemas productivos de fauna silvestre en cautiverio.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la preferencia del consumo de forraje ensilado con diferentes porcentajes de inclusión a base de *Leucaena leucocephala*, *Pennisetum purpureum* y *Brosimum alicastrum* y, el efecto del consumo de ensilaje preferido sobre la actividad ovárica del *Pecari tajacu*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sitio de los experimentos

Los experimentos fueron realizados en la Unidad de Manejo y Conservación de Vida Silvestre Xmatkuil de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Localizada a 20° 51' 20" latitud Norte y 89° 36' 55" longitud Oeste, a 10 metros sobre el nivel del mar. El clima es tipo cálido subhúmedo clasificación Awo, con lluvias en verano e inicio de invierno y época de sequía el resto del año (Montes-Pérez *et al.*, 2018).

### Elaboración de los tratamientos de ensilado para la prueba de preferencia

Las dietas fueron formuladas a partir de los requerimientos de proteína cruda (PC), mayores al 10 % reportados por Sowls (1997) para *P. tajacu*.

Se realizó la determinación bromatológica de los ingredientes de las formulaciones para la alimentación ofrecida, según las técnicas AOAC (1990), incluyeron el análisis de Proteína Cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y materia seca (MS).

Los forrajes de *Pennisetum purpureum* (de aquí en adelante denominado por su nombre común pasto Taiwán), *Leucaena leucocephala* (denominado Huaxin) y *Brosimum alicastrum* (denominado Ramón) fue procesado en fresco con una picadora mecánica; posteriormente, se realizó la mezcla de los ingredientes según los tratamientos a ensayar (Tabla 1). A todos los ensilajes se les agregó 5 % de melaza, de acuerdo a lo reportado por Valencia *et al.* (2011).

**Tabla 1. Composición de los tratamientos que muestran los valores de inclusión de cada ingrediente.**

Tratamiento	Forrajera (% de inclusión)	Gramínea (% de inclusión)
T1	Ramón (45)	Pasto Taiwán (50)
T2	Ramón (55)	Pasto Taiwán (40)
T3	Huaxín (25)	Pasto Taiwán (70)
T4	Huaxín (30)	Pasto Taiwán (65)

Todos los tratamientos contienen 5% de melaza

Los microsilos de 20 kg de capacidad, fueron abiertos a los 90 días posteriores a su elaboración para ser utilizados en el periodo de adaptación, la prueba de preferencia y el consumo a libertad durante 35 días para evaluar su efecto sobre la ciclicidad ovárica.

### Periodo de adaptación

Previo al experimento de preferencia, los ensilados fueron ofrecidos durante un periodo de adaptación de siete días a 12 hembras adultas, edad promedio de 4.5 ( $\pm$  1.5) años y peso de 17.5 ( $\pm$  0.6) kg; los diferentes tratamientos fueron ofertados durante un lapso de cuatro horas diarias, antes de entregar el alimento cotidiano basado en frutas y verduras de la temporada (papaya, calabaza o pepino y eventualmente maíz).

### Primer experimento o prueba de preferencia

Se utilizaron las mismas hembras adultas no gestantes separadas en dos grupos de seis, alojadas en corrales de 100 m<sup>2</sup>. El alimento se suministró por separado empleando contenedores de plástico. Se aplicó un diseño de cuadro latino 4 x 4 (Tabla 2) ofreciendo en los dos corrales los cuatro tratamientos de ensilados en cuatro posiciones distintas durante cuatro días. Se ofertó 4 kg de cada tratamiento durante cuatro horas, el rechazo fue pesado para calcular el consumo diario por animal en base seca. Transcurrido este tiempo los animales recibieron la dieta base antes descrita. Se practicaron cuatro réplicas del experimento usando las mismas condiciones.

**Tabla 2. Diseño de cuadro latino 4x4 mostrando la colocación de las posiciones por corral, los días y los tratamientos mencionados en la Tabla 1.**

Día	Posición			
	Norte	Sur	Este	Oeste
1	T1	T2	T3	T4
2	T2	T3	T4	T1
3	T3	T4	T1	T2
4	T4	T1	T2	T3

La variable de respuesta fue el consumo promedio por individuo de ensilado en base seca por animal al día. Se analizaron los resultados mediante el ANOVA para un diseño de cuadro latino; la comparación múltiple de medias se realizó con la prueba de Tukey, con el software Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies, Inc., 2013) para evaluar los resultados.

### Segundo experimento

Se ofrecieron a los animales a dos dietas por 35 días: dieta testigo (tr1, n=5) a base de 76.4% de calabaza local y 23.6% de maíz molido; dieta a base de ensilado (tr2, n=5) compuesta por 50% de la mezcla de calabaza y maíz, con 50% de ensilado de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y Ramón (*Brosimum alicastrum*). El ensilado estuvo constituido por 55% Ramón, 40% Taiwán y 5% melaza. Se midió el consumo promedio individual a la semana de cada grupo de tratamiento.

### Composición bromatológica del ensilado preferido y de la dieta testigo

La Tabla 3 muestra las cantidades de los nutrimentos en los dos tratamientos. La cantidad de PC que aportó cada tratamiento tr1 (calabaza y maíz) y tr2 (calabaza, maíz y ensilado), fue mayor a 10 %, que es el requerimiento mínimo para *P. tajacu* (Sowls 1997).

**Tabla 3. Contenido bromatológico de los tratamientos tr1 y tr2**

Tratamiento	PC (%MS)	FDN (%MS)	MS (%)
tr1 (calabaza y maíz)	10.52	7.64	26.48
tr2 (ensilado, calabaza y maíz)	11.49	21.54	36.95

PC es proteína cruda, FDN es fibra detergente neutro, MS es materia seca

Durante los 35 días de duración del ensayo se tomaron muestras de 1 ml de sangre cada 7 días por animal, previa contención física y química (Montes-Pérez et al. 2014). Las muestras de sangre fueron colocadas en tubos de ensayo con solución acuosa de EDTA al 10 %, se centrifugaron a 3000 X G (HERMLE, USA) durante 3 minutos. El plasma se almacenó a -12 °C hasta la determinación de los niveles de progesterona. Las muestras de sangre fueron procesadas de acuerdo a Montes-Pérez et al. (2014), usando el kit Coat-A-Count, Siemens, USA (TKPG1), para estimar los niveles de progesterona sanguínea.

Los niveles de progesterona sanguínea de cada animal fueron graficados contra el periodo de muestreo. Las variables de respuesta fueron: consumo promedio individual en materia seca por semana, niveles de progesterona sanguínea por animal durante 35 días y cantidad de animales que ciclaron y por tanto mostraron elevaciones de progesterona sanguínea por arriba de 10 ng/ml durante al menos un muestreo (Montes-Pérez et al. 2012b).

Se aplicó la prueba exacta de Fisher para evaluar las diferencias en la cantidad de hembras que mostraron ciclo ovárico entre tratamientos, se utilizó la prueba t-student para evaluar la diferencia de las medias de los niveles de progesterona entre tratamientos. La prueba de Kolmogorov-Smirnov se utilizó para calcular la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de los niveles de progesterona sanguínea entre los dos grupos. Se utilizó Statgraphics Centurion (Statpoint 2013) para evaluar la significancia de las diferencias.

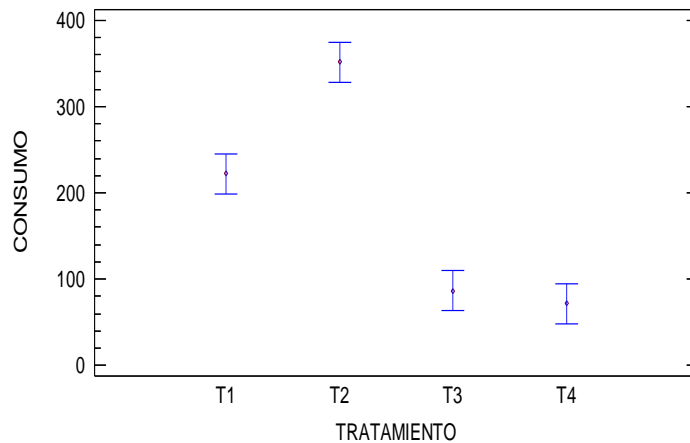
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Preferencia del consumo de las cuatro formulaciones de ensilado

El análisis de varianza del consumo en materia seca entre las cuatro mezclas de ensilaje, mostró diferencias significativas. Los intervalos de confianza al 95 % entre los tratamientos se muestran en la figura 1. Existe diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) entre T1

y T2 y de éstos respecto del resto; excepto entre T3 y T4 ( $p > 0.05$ ). El tratamiento de ensilado que mayor consumo mostró por parte de los pecaríes fue T2.

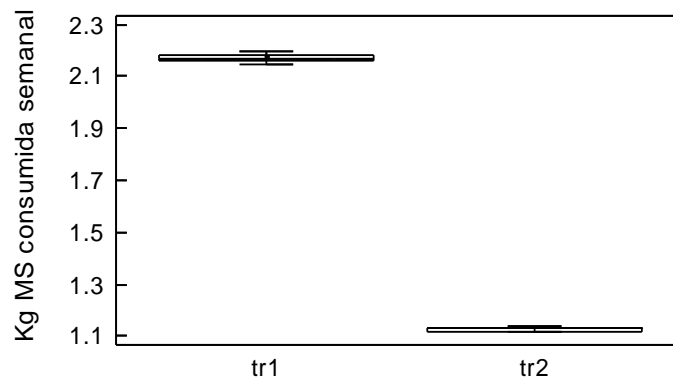
Se eligió el T2, ensilaje que contiene: Ramón (55 %), Pasto Taiwán (40%) y con Melaza (5 %); para someter a prueba de consumo *ad libitum* durante 35 días sobre la respuesta en los niveles de progesterona sanguínea, desde este momento se denomina tr2.



**Figura 1. Consumo diario de materia seca por animal (g), medias e intervalos de confianza en los diferentes tratamientos aplicados**

### Valores de consumo en materia seca de los dos tratamientos probados en 35 días

Existen diferencias significativas entre los consumos de los tratamientos promedio totales semanales en materia seca entre el tr1 y tr2 (Fig. 2) ( $p < 0.01$ ).



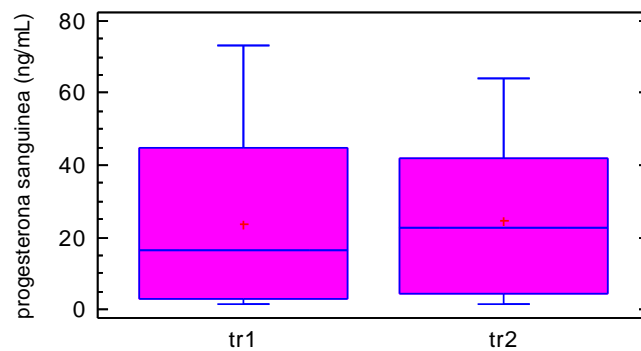
**Figura 2. Consumo promedio individual por semana en kg de materia seca (Kg MS consumida) de tr1 (dieta a base de maíz y calabaza), tr2 (ensilado, calabaza y maíz).**

### Niveles de progesterona sanguínea en los dos grupos de tratamiento

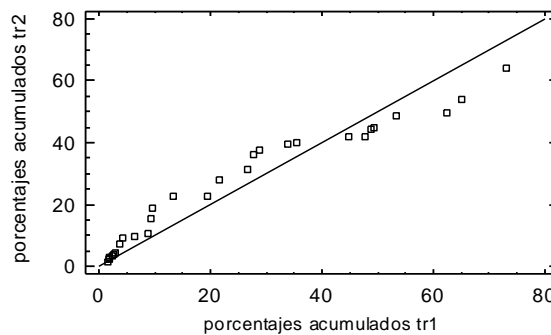
Los niveles de progesterona sanguínea menores fluctuaron entre 1 a 9 ng/ml, y los mayores de 10 a 70 ng/ml. La Figura 3 muestra los niveles de progesterona sanguínea totales de las hembras sometidas a los dos tratamientos, que no presentaron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). La prueba exacta de Fisher mostró que no existe diferencia

significativa ( $p > 0.05$ ) en las cantidades de animales que ciclaron entre los dos tratamientos.

La figura 4 muestra el resultado del contraste de Kolmogorov-Smirnov, que es la distribución de los porcentajes acumulados de los niveles de progesterona en ambos tratamientos, que fluctúan a lo largo de una relación lineal, cuya distancia máxima entre ellas es igual a 0.1667 ( $p > 0.05$ ); por tanto, indica similitud de las tendencias en los niveles de progesterona sanguínea en los animales sometidos a los dos tratamientos durante el periodo de estudio. Todas las hembras del grupo tr1 (figura 5) y tr2 (figura 6), mostraron al menos una fase lútea, caracterizada por al menos una elevación de progesterona sanguínea mayor a 10 ng/ml.



**Figura 3. Niveles de progesterona sanguínea de las hembras de *P. tajacu* sometidas a los tratamientos tr1 y tr2**



**Figura 4. Cuantil de los porcentajes acumulados de niveles de progesterona sanguínea en los animales de los dos tratamientos, que muestra la distribución entre ellos, y cuyo valor de significancia es  $p > 0.05$**

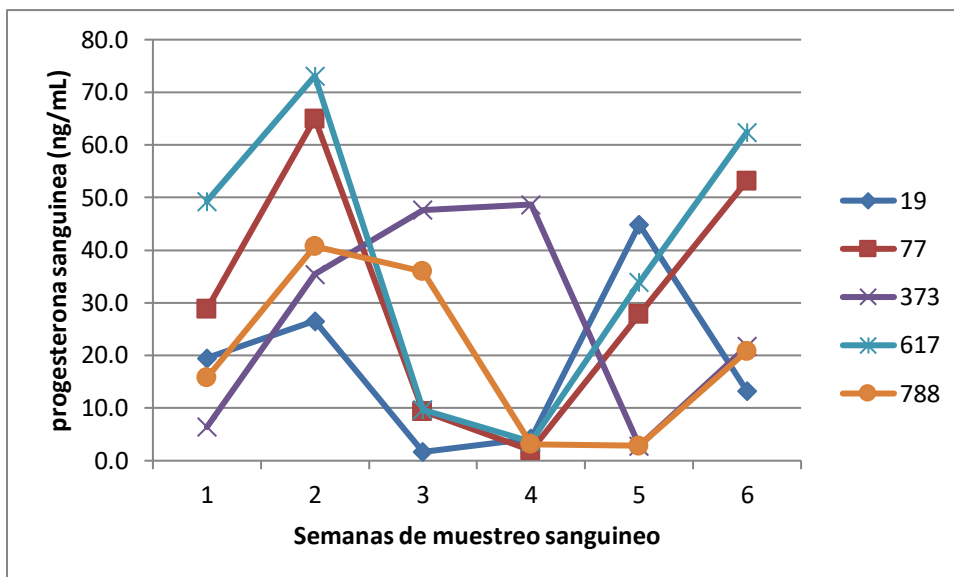


Figura 5. Perfiles de los niveles de progesterona sanguínea de pecaríes hembras sometidas al consumo de tr1.

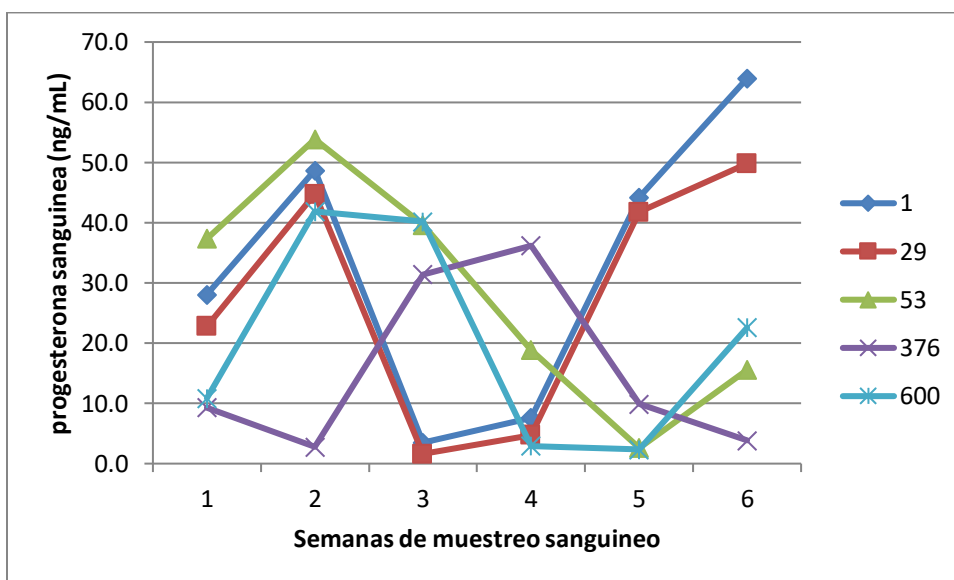


Figura 6. Perfiles de los niveles de progesterona sanguínea de pecaríes hembras sometidas al consumo de tr2.

### Discusión general de los resultados

Se ha reportado que los pecaríes de collar prefieren consumir forraje fresco de *B. alicastrum* y en menor cantidad *P. purpureum* (Montes-Pérez *et al.* 2012a), debido a que *B. alicastrum* posee mayor cantidad de PC (15.9 vs 12.2 %) y mayor digestibilidad (70.8 vs 58.7 %) (Plata *et al.* 2009). También se ha informado (Di Marco 2011) que los forrajes con valores menores al 50 % de FDN y PC mayores al 15%, son de alta calidad nutricional, y los que contienen más de 65% de FDN y menos del 8 % de PC son de baja

calidad. En este trabajo se cumplen las condiciones para que los alimentos probados sean considerados de alta calidad.

Los resultados de la preferencia del consumo de la formulación de ensilado de *B. alicastrum* (55 %), *P. purpureum* (40 %) y melaza (5 %) que corresponde a T2, es congruente con los resultados de Montes-Pérez *et al.* (2012a) para forraje fresco, puesto que esta formulación es la que contiene la mayor proporción de *B. alicastrum*; por tanto, la preservación del forraje ensilado permite conservar las características nutricionales que contiene el forraje fresco, según Mendoza y Martínez (2010) reportan una pérdida de 1 a 2 % en los nutrimentos de forraje ensilado, cuando el método se aplica adecuadamente.

Los consumos de la dieta con ensilado en el segundo experimento son significativamente menores a la dieta testigo, este resultado es importante, porque muestra que a pesar de que el ensilado cumple con los valores necesarios en PC, la palatabilidad es baja comparada con la dieta testigo. Sin embargo, el bajo consumo de dieta formulada con ensilado aparentemente no afecta la actividad ovárica de las hembras, porque la ciclicidad mostrada por la presencia de una a dos elevaciones de progesterona sanguínea con valores mayores a 10 ng/ml indican ovulaciones y por tanto crecimiento y maduración de folículos ováricos hasta convertirse en folículos preovulatorios, en periodos de tiempo normales para lo reportado para esta especie que es entre los 18 a 36 días (Montes-Pérez *et al.*, 2014).

Cuatro hembras (80%) del tr1 presentaron dos elevaciones de progesterona sanguínea, al igual que en tr2, y los valores máximos de progesterona en ambos grupos fueron similares, lo que indica que el tejido luteal en las hembras de ambos grupos tienen las mismas capacidades endócrinas para sintetizar y liberar esteroides ováricos. Además, los descensos de progesterona alcanzaron valores basales entre 2 y 9 ng/ml, que indica proceso luteolítico posteriores a las elevaciones cíclicas, que permiten el crecimiento y maduración de folículos preovulatorios al final de cada etapa del diestro y durante la fase folicular del ciclo ovárico (Montes-Pérez *et al.*, 2014).

Las ovulaciones son el producto del adecuado funcionamiento ovárico cuando el aporte de nutrimentos es también adecuado, puesto que al menos el requerimiento de proteínas y energía están cubiertos, de lo contrario el déficit en alguno de estos requerimientos detiene o altera la actividad ovárica, como un mecanismo compensatorio del organismo para mantener la homeostasis en condiciones de estrés nutricional (Campos y Hernández, 2008). A partir de estos resultados, es necesario plantear una segunda etapa de investigación, que sería efectuar este estudio en el largo plazo y en diferentes sistemas de crianza, con otras fuentes de forrajes.

## CONCLUSIÓN

Hembras adultas no gestantes de *P. tajacu* prefieren consumir formulación de ensilado que contiene 55 % de *B. alicastrum*, 40 %, *P. purpureum* y 5 % de melaza; la prueba de consumo *ad libitum* de dietas con ensilado durante 35 días, no afectó la actividad ovárica durante el periodo de tratamiento de ambos grupos ( $p > 0.05$ ); tampoco hubo diferencias significativas en los niveles de progesterona sanguínea y su correspondiente distribución acumulada entre los dos grupos de tratamiento ( $p > 0.05$ ).

## LITERATURA CITADA

AOAC Association of Official Analytical Chemist. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th Edition. Arlington, Virginia USA: Association of Official Analytical Chemists. 680 p. ISBN: 0-935584-87-0.

BORGES-VENTURA DI, Montes-Pérez R, Sarmiento-Franco L y Solorio-Sánchez F. 2014. Efecto de la suplementación de ensilado de pasto taiwan (*Pennisetum purpureum*) y ramón (*Brosimum alicastrum*) sobre el cambio de peso corporal y variables hemáticas del pecarí de collar (*Pecarí tajacu*) en cautiverio. *Tropical & Subtropical Agroecosystems*. 17: 277-279. ISSN 1870-0462. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/2032/885>.

BRICEÑO MMA., Montes PR., Aguilar CW., y Pool CA. 2011. Cacería del pecarí de collar (*Pecarí tajacu*) (Artiodactyla:Tayassuidae) en Tzucacab, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 15:8-18. [https://www.researchgate.net/publication/290605971\\_Caceria\\_del\\_pecari\\_de\\_collar\\_Pecari\\_tajacu\\_Artiodactyla\\_Tayassuidae\\_en\\_Tzucacab\\_Yucatan\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/290605971_Caceria_del_pecari_de_collar_Pecari_tajacu_Artiodactyla_Tayassuidae_en_Tzucacab_Yucatan_Mexico).

CAMPOS RG, Hernández EA. 2008. Relación Nutrición Fertilidad en bovinos. Un Enfoque Bioquímico y Fisiológico. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 57 pp. <http://www.bdigital.unal.edu.co/3656/1/romulocamposgaona2008.pdf>

DURÁN GR, García CG. 2010. Distribución especial de la vegetación. En: Durán R. y M. Méndez, *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Mérida, Yucatán: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 p. ISBN 978-607-7823-05-6.

DI MARCO O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. Sitio Argentino de Producción Animal. [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45-calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf).

FLORES GJS, Durán GR, Ortíz DJJ. 2010. Comunidades vegetales terrestres. En: Durán R. y M. Méndez, *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Mérida, Yucatán: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 p. ISBN 978-607-7823-05-6.

JORI F, Nogueira-Filho S, Nogueira SSC. 2004. A Large-scale commercial farming of collared peccary (*Tayassu tajacu*) in North-Eastern Brazil. *Game and Wildlife Science*. 21 (3): 413-420. ISSN 1622-7662. <http://agritrop.cirad.fr/529908/>

MENDOZA EMV, Martínez OIA. 2010. Elaboración de ensilaje líquido a base de yuca *Manihot sculenta* crantz, papa *Solanum tuberosum* y apio *Arracacia xanthorrhiza*, como una alternativa de alimentación en la época de verano para ovinos y caprinos del Centro de Investigación Pecuaria Guatiguara. Colombia. <http://es.scribd.com/doc/36867018/Articulo-Cientifico-Cica-Ensilaje-Liquido-Vers-2#scribd>.

MONTES-PEREZ RC, Mora CO, Mukul YJM. 2012a. Forage intake of the collared peccary (*Pecari tajacu*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25:586-591. ISSN 0120-0690. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902012000400006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000400006).

MONTES-PEREZ RC, Kuri ML, Mukul YJM, Segura CJC, Centurión CFG. 2012b. Efecto del espacio por animal sobre los niveles de cortisol, conductas agonísticas y su relación con el ciclo ovárico del pecarí de collar (*Pecari tajacu*) en cautiverio. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 20: 77-83. ISSN 1022-1301. <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=db1a4e3f-db75-46ab-896c-d1882a36b379%40sessionmgr102>.

MONTES-PEREZ RC, Centurión CFG, Segura CJC, Magaña MJG y Aké LJR. 2014. Perfiles sanguíneos de progesterona y estradiol del *Pecari tajacu* en cautiverio. *Archivos de Zootecnia*. 63: 393-396. ISSN 1885-4494. DOI: <http://dx.doi.org/10.21071/az.v63i242.557>.

MONTES-PEREZ RC., Ek-May P., Aguilar-Cordero W., Magaña-Monforte J., Montes-Cruz F. 2018. Cacería de venados *Odocoileus virginianus*, *Mazama americana* (Artiodactyla: Cervidae) en tres comunidades de Yucatán. *Abanico Veterinario*. 8:91-101. ISSN 2448-6132. <http://sisupe.org/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/153>.

OLIVEIRA EG, Santos ACF, Días JCT, Rezende R.P.; Nogueira-Filho SLG, Gross E. The influence of urea feeding on the bacterial and archaeal community in the forestomach of collared peccary (*Artiodactyla, tayassuidae*). *Journal of Applied Microbiology*. 2009; 107:1711-1718. ISSN 1364-5072. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2009.04357.x.

PLATA FX, Ebergeny S, Resendiz JL, Villarreal O, Bárcena R, Viccon JA, Mendoza GD. 2009. Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). *Archivos de Medicina Veterinaria*. 41:123-129. ISSN 0301-732X. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2009000200005>.

RAMÍREZ LRG. 2009. Forrajes nativos. Una alternativa sustentable en la alimentación de rumiantes. *Ciencia UANL* XII: 4-5. <http://www.redalyc.org/pdf/402/40212101.pdf>

RENGIFO PME, Navarro TD, Rojas RPE, Gamarra RJ. 2008. Producción intensiva del Sajino o Pecari de collar (*Tayassu tajacu*, Linnaeus 1758) en la Amazonia Peruana (LORETO, PERU). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana-UNAP, Consejo de ciencia y Tecnología –CONCYTEC. <http://www.unapiquitos.edu.pe/investigacion/oginv/descargas/2008/ARTICULO-MARTHARENGIFO.pdf>

REYES N, Mendieta B, Fariñas T, Mena M, Cardona J, Pezo D. 2009. Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. Serie técnica Manual técnico No. 91. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua, Nicaragua. ISBN 978-99924-968-1-7. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2742e/A2742e.pdf>.

SOWLS LK. 1997. *Javelinas and the other peccaries, their biology, management and use*. Second edition. Tucson, Arizona: Texas A&M University Press. 325 p. ISBN: 0-89096-717-2.

VALENCIA CA, Hernández BA, López de Buen L. 2011. El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve? *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. 24(2):1-2. ISSN: 0187-8786. <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num2/articulos/ensilaje>

SEMARNAP Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1997. Programa de Conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural. 1997-2000. México D.F.: SEMARNAP, 207 p. Disponible: <http://legismex.mty.itesm.mx/progs/pcvs.pdf>

STATPOINT Technologies, Inc. 2013. The Plains, Virginia STATGRAPHICS Centurion (XVI) 16.2.04. Disponible: <http://www.statgraphics.com/download-statgraphics-centurion-xvi>

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 59-67. Recibido: 21/01/2018 Aceptado: 02/03/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.5>

## Aprovechamiento de subproductos avícolas como fuente proteica en la elaboración de dietas para rumiantes

Use of poultry by-products as a protein source in the preparation of ruminant diets

Cabrera-Núñez Amalia\* [amacabrera@uv.mx](mailto:amacabrera@uv.mx) Daniel-Renteria Iliana [ilidaniel@uv.mx](mailto:ilidaniel@uv.mx)  
Martínez-Sánchez César [cesamartinez@uv.mx](mailto:cesamartinez@uv.mx) Alarcón-Pulido Sara  
[saalarcon@uv.mx](mailto:saalarcon@uv.mx) Rojas-Ronquillo Rebeca [reb Rojas@uv.mx](mailto:reb Rojas@uv.mx) Velázquez – Jiménez  
Saw [velazquez@uv.mx](mailto:velazquez@uv.mx)

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Tuxpan, México. \*Autora responsable y de correspondencia: Cabrera – Núñez Amalia. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana; Carretera Tuxpan-Tampico Km. 7.5, Colonia universitaria, Tuxpan, Veracruz, México, CP 92890.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los subproductos avícolas, sobre la ganancia de peso y rendimiento de la canal, bajo un sistema de estabulación. Se emplearon 30 novillonas Cebú x Suizo, con un peso aproximado de 300 kg y 30 meses de edad, que fueron asignadas, bajo un diseño completamente aleatorio en tres tratamientos. T1 (testigo) concentrado energético; T2 concentrado energético+ 30% pollinaza y T3 concentrado energético + 30% de harina de ave. La composición del concentrado energético se basó en sorgo molido, maíz en grano, salvado de trigo, paca molida y sal mineral. Cada tratamiento se ofreció dos veces al día a razón del 3% del peso vivo durante 90 días. El promedio de ganancia diaria de peso ( $p \leq 0.05$ ) fue 0.964, 1.04, 1.15 kg/animal, respectivamente. Se observó un efecto significativo ( $p \leq 0.05$ ) sobre el porcentaje de rendimiento de la canal de 47.02; 49.08 y 52.03 %, para T1, T2 y T3, respectivamente. Los resultados indican que la suplementación a base de harina de ave promovió un mayor rendimiento productivo en las novillonas suplementadas bajo un sistema de estabulación.

**Palabras clave:** subproductos avícolas, dietas, proteína, rumiantes.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of poultry by-products, on the weight gain and yield of the carcass, under a stabling system. 30 Cebu x Swiss heifers, weighing approximately 300 kg and 30 months of age were used, which were assigned, to a completely randomized design in three treatments. T1, (control) energy concentrate; T2, energy concentrate + 30% Poultry manure and T3, energy concentrate + 30% poultry meal. The composition of the energy concentrate was based on ground sorghum, corn grain, wheat bran, ground bales and salt blocks of minerals. Each treatment was offered twice a day at a rate of 3% of the live weight for 90 days. The average daily weight gain ( $p \leq 0.05$ ) was .964, 1.04, 1.15 kg / animal, respectively. A significant effect ( $p \leq 0.05$ ) was observed on the percentage of yield of the channel of 47.02; 49.08 and 52.03%, for T1, T2, and T3, respectively. The results indicate that supplementation based on poultry meal promoted a higher productive-yield in heifers supplemented under a stabling system.

**Keywords:** poultry by-products, diets, protein, ruminants.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores que contribuyen hoy en día a mantener la calidad del medio ambiente, es el aprovechamiento de subproductos de origen animal; por lo que

resulta prioritario buscar fuentes alternativas nutricionales que permitan reducir costos sin afectar de manera adversa la producción. Las actividades agroindustriales generan desperdicios que pueden ser reincorporados a la cadena alimenticia, previo tratamiento físico-químico (Castañeda *et al.*, 2010).

Dentro del último reporte realizado por INEGI-México (2010), se analizó que de los subproductos pecuarios (Tabla 1) los que se obtienen de bovinos reporta una producción anual de 665 mil tons./año, principalmente en algunas regiones en donde la ganadería que se practica es de tipo intensivo; una parte de los subproductos obtenidos es destinada a la exportación, debido principalmente a la alta calidad del producto (Abdul-Kalil *et al.*, 2006). El ganado porcino se produce en 28 estados del país a través de explotaciones intensivas y extensivas; así como 500 mil toneladas de subproductos de esta especie, que se canalizan anualmente para el consumo nacional. Con respecto a las ovejas y cabras, la producción nacional promedio es de 10.000 y 11.000 tons./año respectivamente, en este caso las explotaciones son extensivas y se llevan a cabo en 28 de las 32 entidades del país; existiendo solamente un ligero déficit en la producción de caprinos, que es cubierto con la importación. La producción nacional de aves de consumo representa de 30.000 a 40.000 tons./año, siendo una de las más tecnificadas en el país; la mayoría de estas explotaciones se encuentran ubicadas en áreas cercanas a centros urbanos que son los que consumen la mayor parte de esta producción (Gutiérrez *et al.*, 2013).

**Tabla 1. Subproductos pecuarios en México**

Especie Animal	Subproducto	Utilización
Aves comerciales	Heces, vísceras, plumas, huesos	pollizana, harina, gallinaza
Bovinos	Heces, leche	Bovinaza, fertilizante, sueros
Ovinos	Heces	Borregaza, fertilizante
Conejos	Heces	Conejaza, fertilizante
Peces	huesos, Piel	Harina

Por otro lado, el déficit existente en la producción de granos y la relativa abundancia en esquilmos agrícolas, hacen que estos junto con otros desechos orgánicos y subproductos pecuarios se conviertan en una alternativa nutricional aceptable y a bajo costo, que puedan ser utilizados en la alimentación de rumiantes como fuente de proteína no degradable en rumen (Gómez, 2006).

Una respuesta a esta situación se encuentra en la industria avícola, la cual es fuente de una gran miscelánea de subproductos con un enorme potencial nutritivo, el cual queda

de manifiesto siempre y cuando las tecnologías de transformación aplicadas propicien la biodisponibilidad de sus nutrientes. Así el aprovechamiento de los desechos orgánicos generados por esta industria puede contribuir a la disminución del costo del nutriente dentro de los alimentos balanceados para la elaboración de dietas en rumiantes (Ockerman *et al.*, 2005)

### **Pollinaza**

Los establecimientos intensivos de producción avícola tienen una alta producción de desechos avícolas que son comúnmente utilizados como fertilizantes. En la actualidad se ha difundido el uso de dichos excrementos (pollinaza) para la alimentación de rumiantes. Se entiende por pollinaza al conjunto de heces fecales y orina de las aves, más restos de alimentos, plumas, huevos y material absorbente. Se caracterizan por ser materiales de bajo valor energético y alto en proteínas, fibra y minerales. La proteína se presenta con una alta proporción de nitrógeno no proteico, por lo que su uso se destina exclusivamente a la alimentación de rumiantes (Brunton, 2012).

Existen diferencias substanciales en la composición química de estos materiales en función de su origen, siendo necesario un análisis químico previo a la utilización. La información relacionada con el uso de la pollinaza para animales de carne, indica que estas podrían participar en la dieta en niveles de hasta un 30-40%, aunque existen antecedentes de inclusiones de 60-70% en animales de menores requerimientos.

Por su parte, el ganado lechero con producciones intermedias a bajas, no deberían sobrepasar un 25-30% del consumo, disminuyendo factores a 10-15% en hembras de alta producción. Además de lo mencionado, se debe considerar por un lado la probable contaminación de estos productos con sustancias químicas (anabólicos, antibióticos, etc.); y por otro lado, la posibilidad de contaminación con organismos patógenos, principalmente *Salmonella ssp.* Al respecto, las recomendaciones de distintas fuentes bibliográficas indican la posibilidad del ensilado de este tipo de material, con las siguientes ventajas: bajo costo, disminución de organismos potencialmente patógenos, mayor palatabilidad y disminución de preparar aromas no deseables (Pearson y Dutson, 2008).

### **Harina de ave**

En este contexto la harina de ave, es un subproducto avícola considerada una fuente de proteína con alto valor biológico, un coeficiente de digestibilidad del 82% y composición química adecuada; además de proporcionar minerales y vitaminas, principalmente B12; logrando aportar algunos aminoácidos marcadamente deficientes en las proteínas vegetales (Wisman *et al.*, 2006). Considerando sus características nutricionales, su reducido costo (la harina de ave solo cuesta aproximadamente dos tercios del costo de otras proteínas animales) y su disponibilidad en gran cantidad. La inclusión de esta fuente de proteína en dietas comerciales para rumiantes, contribuiría a una reducción

significativa del precio de producción, permitiendo al mismo tiempo la utilización de un subproducto de buena calidad (Bishop *et al.*, 1995).

La harina de aves que se obtiene de subproductos de matadero de aves, es un producto original, que incluye en mayor o menor medida vísceras y digestivo, huesos, sangre, cabezas y tejidos magros y grasa. Las harinas se obtienen por calentamiento, molturación y desecación de animales terrestres de sangre caliente y subproductos de matadero, salas de desperdicio y supermercados a los que se suele extraer parte de la grasa; debiendo estar prácticamente exento de pelos, plumas, cerdas, cuernos, cascos y contenidos digestivos. Dicho proceso de fabricación incluye i) molturación para facilitar un procesado térmico homogéneo, ii) cocción (a 133°C durante 20' a 3 bares de presión) para esterilizar el producto y fundir la grasa y iii) sedimentación y separación de parte de la grasa.

La mayor parte de las industrias extraen la grasa por presión, por lo que el contenido medio en la harina (12-15%) es bastante elevado, similar al de las harinas de origen de Estados Unidos de Norteamérica; pero superior a las de origen francés, donde la grasa se extrae casi completamente con disolventes orgánicos. La harina desengrasada es más palatable y fácil de conservar, pero tiene un valor energético notablemente inferior (del orden de 600 kcal/kg). Además, y en función del proceso utilizado, la digestibilidad péptica de estas harinas desengrasadas puede verse comprometida (Orskov, 1995).

La harina de ave es una materia prima muy utilizada en dietas para ganado de engorda, reduciendo los costos de formulación de dietas. La harina de carne y hueso se considera una de las primeras opciones como fuente de fósforo, debido al alto costo de las fuentes inorgánicas de este mineral. El contenido de la harina de ave aporta fósforo y calcio, contribuyendo al suministro de minerales necesarios para la dieta de bovinos, presentando una considerable variabilidad en su composición química, basada en proteína, grasa y cenizas (Gómez, 2009).

Los principales factores de variación del producto final son la heterogeneidad del producto inicial, la comercialización de mezclas procedentes de carne de distintas especies y el sistema de extracción de grasa. Las harinas de ave son buenas fuentes proteicas y de aminoácidos esenciales con una adecuada relación calidad y precio; sin embargo, tienen un bajo contenido en triptófano, que además es poco disponible. El sobrecalentamiento (> 140°C) reduce la disponibilidad de los aminoácidos, especialmente de la lisina, y puede reducir el valor energético de la grasa.

Alrededor del 50% de la proteína se considera indegradable en el rumen, pero la variabilidad es muy elevada. Como norma internacional se considera que una harina es de buena calidad cuando está por encima del 65 % de proteínas (pero también es comercial la del 50 %), con una humedad que oscila entre 6-12 % (a humedades mayores fermenta y produce aflatoxinas, y por debajo afecta a la calidad de las proteínas) y un

contenido en grasas por debajo del 12 %. Con referencia a la sal, para las calidades óptimas el máximo es del 3% (Ockerman y Hanen, 2005).

Entre los principales inconvenientes para su utilización se encuentran su gran variabilidad, baja palatabilidad en caso de enranciamiento de la grasa, el elevado riesgo de contaminación microbiana y posibilidad de adulteraciones. Harinas con alto contenido en grasa o molturadas muy finamente presentan problemas de apelmazamiento, por lo que fluyen con dificultad por las tolvas, se acumulan en zonas muertas de los transportadores y se apelmazan en silos y celdas. Por el contrario, moliendas groseras con presencia de trozos de huesos y otras partículas groseras, pueden reducir la utilización del fósforo y posiblemente del calcio y dificultan el muestreo, a la vez que empeora el aspecto y la calidad del gránulo (Williams *et al.*, 2007). El problema que presenta este producto generalmente se asocia con la rancidez y palatabilidad.

Por otro lado, el control de calidad debe permitir detectar fraudes y clasificar a los proveedores. Es también importante controlar la humedad, cenizas insolubles en HCl, calidad de la grasa y de la proteína (digestibilidad en pepsina); así como la frescura de la materia prima original (aminas biógenas, nitrógeno amoniacal), la bacteriología y el grado de tratamiento térmico recibido (solubilidad de la Proteína Bruta). Niveles altos de proteína indican mayor proporción de carne y menor de hueso y, como consecuencia, mayor calidad proteica (Castañeda *et al.*, 2010).

El objetivo de este estudio fue realizar una investigación para evaluar la respuesta a la adición de un subproducto aviario a dietas integrales destinadas a novillonas de engorda estabuladas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en un rancho comercial del Norte del estado de Veracruz, en el municipio de Platón Sánchez, geográficamente localizado en los meridianos 21° 16" latitud norte y 98° 22" longitud oeste, a una altura de 60 metros sobre el nivel del mar (msnm) y temperatura media anual de 19-36° C.

Se emplearon 30 novillonas Cebú x Suizo, con un peso aproximado de 300 kg y 30 meses de edad, que fueron asignados bajo un diseño completamente aleatorio en tres tratamientos. T1 (testigo) concentrado sin subproducto aviario; T2 concentrado + 30% de pollinaza y T3 concentrado + 30% de harina de ave. La composición del concentrado energético se basó en sorgo molido, maíz en grano, salvado de trigo, paca molida, sal mineral con un 11% de proteína cruda y 70% de NDT. Los valores nutricionales fueron analizados por el método de Van Soest y Wine (Ockerman y Hanen 1995).

El concentrado energético se revolvía diariamente según tratamiento en las siguientes proporciones (T1 = 100% concentrado), (T2 = 70% concentrado + 30% pollinaza) y (T3 =

70% concentrado + 30% harina de ave). Este era suministrado en materia seca dos veces al día a razón del 3% del peso vivo (NRC, 2007) durante los 90 días que se desarrolló el experimento; los consumos de alimento correspondieron en promedio a 10.5 kg/animal. Las raciones se ofrecieron en 3 etapas, que fueron iniciación, transición y finalización. La etapa de iniciación duró 8 días y la ración estuvo conformada por 21% de forraje proveniente de heno de zacate estrella (*Cynodon plectostachium*) molido y 79% de alimento concentrado. La etapa de transición duró 8 días y se conformó por 15% de forraje y 85% de concentrado; mientras que, para la etapa de finalización de 74 días, se suministró un 11% de forraje y un 89% de concentrado. El manejo de los animales consistió en vacunación, desparasitación, identificación y aplicación de vitaminas A, D y E por vía intramuscular. Las variaciones en el peso de los animales se registraron en periodos quincenales. Una vez finalizado el periodo de engorda, los animales fueron sacrificados en el frigorífico TIF (Rastro de Inspección Federal) determinándose el rendimiento de la canal fría (RCF).

Los datos fueron procesados en el paquete estadístico SPSS versión 10, mediante el análisis de varianza y las diferencias entre tratamientos se detectaron por la prueba de Duncan. El nivel de significación fue 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores nutricionales analizados (Tabla 2) por el método de Van Soest y Wine (1994), cumplieron con las recomendaciones nutricionales indicadas por la National Research Council (NRC, 2007), con un 11-18% de Proteína Cruda (PC) y 70% de Total de Nutrientes Digestibles (TND) para novillonas estabuladas con pesos entre 300-350 Kg. Determinándose que las raciones experimentales elaboradas a base de subproductos aviarios en el presente trabajo contenían diferentes niveles de proteína (pollinaza y harina de ave), que hicieron esperar un crecimiento desigual de los animales de acuerdo al tratamiento.

**Tabla 2. Composición nutrimental de las dietas empleadas en las novillonas estabuladas**

Indicador (%)	T1	T2	T3
Proteína cruda	11.0	18.3	18.5
Extracto Etéreo	1.2	1.3	1.0
Extracto libre de Nitrógeno	65.58	63.52	65.26
Fibra Cruda	6.6	5.6	5.4
Cenizas	6.22	5.24	5.32
Total de Nutrientes Digestibles	70.10	70.13	70.25

El comportamiento productivo de los animales en los distintos tratamientos (Tabla 3), en relación con la ganancia total de peso/día, fue significativamente superior ( $p \leq 0.05$ ) en los grupos que recibieron subproductos aviarios con respecto al control (.964; 1.04 y 1.15 kg, para T1, T2 y T3, respectivamente). Asimismo, las novillonas del estudio que recibieron únicamente el suplemento a base de nutrientes energéticos, presentaron

menor ganancia de peso acumulada; en comparación con los tratamientos suplementados a base de subproductos aviaros (T2 y T3), los que tuvieron una respuesta significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) a la adición de pollinaza y harina de ave (86.8; 94.3 y 104.0 kg, para T1, T2 y T3, respectivamente).

La diferencia en el consumo de alimento, arrojó como resultado que los animales del T1 consumieran 14.6 Mcal. de energía metabolizable/día; mientras que los animales del tratamiento de suplemento + harina de ave (T3) consumieron 23.8 Mcal, equivalente a una diferencia de 40% que se refleja en la misma proporción sobre la ganancia de peso vivo entre tratamientos. Estas diferencias se debieron a un mejor aporte nutricional y al efecto que tiene en el rumen la inclusión de una fuente de proteína verdadera, con un adecuado balance de aminoácidos sobre el consumo de alimento y la ganancia de peso vivo (Stewart y Bryant, 2008).

**Tabla 3. Parámetros productivos en novillonas estabuladas y suplementadas con subproductos aviaros**

Indicador (%)	T1	T2	T3
Peso inicial (Kg)	291.3 a	309.7 a	307.2 a
Peso final (Kg)	378.1 a	404.0 b	411.2 b
Kg. ganados/animal 90 días/grupo	86.8 a	94.3 b	104.0 b
Ganancia de peso/día (Kg)	.964 a	1.04 b	1.15 b
Consumo del concentrado (Kg)	11.343 a	12.120 a	12.336 a

La edad a la cual fueron sacrificadas las novillonas (Tabla 4) y la calidad en la suplementación alimenticia influyeron en la mayoría de las características de la canal; este comportamiento fue observado en el presente estudio, registrándose para los rendimientos de la canal caliente un 52.03%, la cual resultó superior por el efecto de la adición del 30% de la harina de ave a la dieta diaria suministrada (T3).

**Tabla 4. Características de la canal en novillonas estabuladas y suplementadas con subproductos aviaros**

Indicador (%)	T1	T2	T3
Edad al sacrificio (Meses)	30 a	30 a	30 a
Peso al sacrificio (Kg)	378.1 a	404.0 b	411.2 b
Peso de la canal caliente (Kg)	177.96 a	198.1 b	214.08b
Rendimiento de la canal caliente (%)	47.02 a	49.08 b	52.03 b
Grado de clasificación	Comercial	Estándar	Selecta
Distribución de la grasa (marmoleo)	Poco cubierto	Cubierto	Graso
Color de la canal	Rojo oscuro	Rojo claro	Rojo cerezo
Puntuación para la clasificación	4	3	2

En las evaluaciones de las canales realizadas visiblemente y al tacto (Tabla 4), se determinó que la distribución de la grasa sobre la superficie de la canal y grosor en el

área del ojo del lomo, fueron ligeramente moderadas en aquellas hembras que recibieron una suplementación a base de pollinaza y harina de ave, alcanzando un grado de clasificación de la canal de estándar y selecta (T2 y T3). Con respecto al marmoleo, se ubicó en el nivel poco cubierto, cubierto y graso para los T1, T2 y T3 respectivamente; mientras que el color de la canal se mantuvo con un color rojo oscuro, claro y cerezo. La muscularidad (perfil muscular y área del ojo costal) no mostraron diferencias estadísticas a favor de un tratamiento, aunque los animales suplementados denotaron una mejor silueta (perfiles rectos vs. ligeramente cóncavo del control).

## CONCLUSIONES

La suplementación a base del 30% de subproductos aviarios (pollinaza y harina de ave), promovió un mejor comportamiento productivo en novillonas estabuladas, al lograr ganancias de peso hasta de 1.0 kg/día. De igual manera la suplementación equilibrada con niveles óptimos de proteína y energía en la dieta, mejoró significativamente la calidad de la canal, obteniendo rendimientos mayores al 52.30%, superando al testigo y otorgándole un grado de clasificación selecta. En este contexto la harina de ave, es un subproducto avícola considerada una fuente de proteína con alto valor biológico. Tomando en cuenta sus características nutricionales y su disponibilidad en gran cantidad; la inclusión de esta fuente de proteína en dietas comerciales para rumiantes, contribuiría a una reducción significativa del precio de producción; permitiendo al mismo tiempo la utilización de un subproducto aviario de buena calidad.

## LITERATURA CITADA

- ABDUL-KALIL HPS, Siti-Alwani M, Mohd-Omar AK. 2006. Chemical composition, anatomy, lignin distribution and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers. *BioResources* 1(2):220-232.  
[http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes\\_01\\_2\\_220\\_232\\_AbdulKahlil\\_SM\\_Chemical\\_Composition\\_Malaysian\\_Plant\\_Fibers/128](http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_01_2_220_232_AbdulKahlil_SM_Chemical_Composition_Malaysian_Plant_Fibers/128)
- BISHOP CD, Angus RA, Watts SA. 1995. The use of feather meal as a replacement for fishmeal in the diet of *Oreochromis niloticus* fry. *Bioresource Technology*. 54: 291-295.  
[https://doi.org/10.1016/0960-8524\(95\)00146-8](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00146-8)
- BRUNTON EW. 2012. Animal waste management an industry perspective. *American Society of Agricultural*. ISSN 2151-0040; DOI: 10.13031/ISSN.2151-0032.
- CASTAÑEDA FEA, Monrroy AVJ. 2010. Métodos de procesamiento de subproductos agrícolas para elevar su valor nutricional. Centro de ganadería, Colegio de posgraduados. Chapingo, México. ISBN 978-607-715-083.
- GÓMEZ AR. 2006. Harinas de origen animal. En: Shimada AS, Rodríguez FG, Cuaron JA (Ed.). Engorda de ganado bovino en corral. Consultores en Producción Animal, S. C. México. ISBN 6071701228.

GÓMEZ AR. 2009. Harinas de origen animal. En: Shimada AS, Rodríguez FG, Cuaron JA (Ed.). Engorda de ganado bovino en corral. Consultores en Producción Animal, S. C. México. ISBN 6071701228.

GUTIÉRREZ F, Rojas A, Dormond H, Poore H, WingChing R. 2013. Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agron. Costarricense* 27(1):79-89. ISSN 2215-3608.

INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario Estadístico por entidad federativa, México. ISBN-13: 978-0309317023.

MADRID A. 1999. Aprovechamiento de los subproductos cárnicos. 1ª ed. Madrid España. Edit. Acribia, pp. 35-43. ISBN 978-84-200-0856-1.

NACIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2007. Requerimientos Nutritivos para rumiantes en Engorda. 7th Edition Natl. Acad. Washington. D.C. p. 11-34. ISBN 13: 978-0309317023.

OCKERMAN HW, Hanen CL. 2005. Industrialización de subproductos de origen animal. Editorial Acribia. Zaragoza; España. p.123-234. ISBN: 9788420007519

ORSKOV ER. 1995. In: Better utilization of crop residues and byproducta in animal feeding: Research Guidelínes. 1. State of Knowledge (Preston TR, Kossila VL, Goodwin J, Reed S, eds.). FAO Animal Production and Health No 50, pag. 163-184. ISBN 978-92-5-107452-7.

PEARSON AM, Dutson TR. 2008. Edible Meat By-products Advances in meat research. *Elsevier Applied Science*. Vol. 8. ISSN 2076-3417.

RIQUELME VE. 1994. Suplementación estratégica con subproductos alimenticios. Acribia, España. ISBN: 978-84-200-0897-4.

STEWART CS, Bryant MP. 2008. The rumen bacteria. In: The rumen Microbial Ecosystem. Edited by P.N. Hobson. Elsevier Science Publishers Ltd. London, England. P 21-76.

VAN SOEST PJ. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminants. Second Ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, 476 pag. ISBN 080142772X.

WILLIAMS SE, Tatum JD, Stanton TL. 2007. The effects of muscle thickness and time on feed on hot fat trim yields, carcass characteristics and boneless subprimal yields. *Journal of Animal Science*; 67 (10): 2669-2676. ISSN 0021-8812.

WISMAN EL, Holmes CE, Engel RW. 2006. Utilization of poultry by-products in poultry rations. *Poultry Science*. 37: 834-838. ISSN 0032-5791. DOI: 10.3382/ps.0370834.

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 68-80. Recibido: 27/02/2018 Aceptado: 28/03/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.6>

## Método de suplementación de zinc orgánico y respuesta productiva de cerdos en etapa de iniciación en clima cálido

Method of supplementation of organic zinc and productive response of pigs in initiation stage in warm weather

Romo-Valdez Juan [romo\\_14@hotmail.com](mailto:romo_14@hotmail.com), Barajas-Cruz Rubén [rubar@uas.edu.mx](mailto:rubar@uas.edu.mx), Silva-Hidalgo Gabriela [gabsilhid@uas.edu.mx](mailto:gabsilhid@uas.edu.mx), Enríquez-Verdugo Idalia [idaliaenver@yahoo.com](mailto:idaliaenver@yahoo.com), Güémez-Gaxiola Héctor [hectorguem@gmail.com](mailto:hectorguem@gmail.com), \*Romo-Rubio Javier [romo60@uas.edu.mx](mailto:romo60@uas.edu.mx)

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. México. \*Autor responsable y de correspondencia: Romo-Rubio Javier. Boulevard San Ángel s/n, Colonia San Benito, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80246. [romo60@uas.edu.mx](mailto:romo60@uas.edu.mx)

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta productiva de cerdos en etapa de iniciación bajo condiciones de alta carga de calor ambiental a la suplementación adicional con zinc orgánico, se usaron 816 lechones (21 días de edad y  $6.280 \pm 0.817$  kg de peso corporal), nacidos de madres que fueron suplementadas con 0 ó 100 mg Zn/kg de dieta durante la gestación y lactación, bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial  $2 \times 2 \times 2$ . El experimento se realizó en dos periodos: 1) Mayo-julio y 2) Septiembre-noviembre; cada uno con una duración de 49 días. En cada periodo, 408 lechones fueron agrupados por peso en 3 grupos uniformes, distribuidos en 12 corraletas (6 repeticiones/tratamiento). Los niveles de suplementación adicional probados fueron de 0 y 100 mg Zn/kg de dieta y los tratamientos consistieron en: 1) Madres no suplementadas-lechones no suplementados (Testigo); 2) Madres no suplementadas-lechones suplementados (ZnC); 3) Madres suplementadas-lechones no suplementados (ZnGL) y 4) Madres suplementadas-lechones suplementados (ZnGL + ZnC). Los cerdos se alimentaron con dietas que cubrieron sus requerimientos nutrimentales durante el experimento. El THI promedio fue de  $78.19 \pm 2.9$  durante el periodo de prueba. No existió interacción entre tratamientos sobre las variables evaluadas. El suplementar Zn orgánico durante el periodo de gestación-lactación tendió ( $P=0.06$ ) a disminuir la mortalidad; sin embargo, el continuar con la suplementación adicional durante la fase de iniciación no ofreció ventaja. No existieron diferencias en las otras variables evaluadas en el grupo suplementado debido al método de suplementación. Se concluye que la suplementación adicional con 100 mg de Zn a partir de Metionina de Zinc durante la fase de gestación-lactación ayuda a disminuir la mortalidad en la etapa de iniciación, en lechones criados en clima cálido.

**Palabras clave:** Metionina de Zinc, lechones, mortalidad, desempeño productivo.

### ABSTRACT

In order to evaluate the productive response of pigs in initiation under conditions of high environmental heat load to organic zinc additional supplementation, 816 piglets (21 days of age and  $6.280 \pm 0.817$  kg of body weight) were used, born of mothers who were supplemented with 0 or 100 mg Zn / kg of diet during pregnancy and lactation, under a randomized complete block design with a  $2 \times 2 \times 2$  factorial arrangement. The experiment was carried out during two periods: 1) May-July and 2) September-November; each with duration of 49 days. In each period, 408 piglets were grouped by weight in 3 uniform groups, distributed in 12 pens (6 repetitions / treatment). The levels of additional supplementation tested were 0 and 100 mg Zn / kg of diet and the treatments were: 1) Mothers not supplemented-piglets not supplemented (Control); 2)

Mothers not supplemented-supplemented piglets (ZnC); 3) Mothers supplemented-piglets not supplemented (ZnGL) and 4) Mothers supplemented-piglets supplemented (ZnGL + ZnC). The pigs were fed diets that met their nutritional requirements during the experiment. The average THI was  $78.19 \pm 2.9$  during the test period. There was no interaction between treatments on the variables evaluated. Supplementing Zn during the gestation-lactation period tended ( $P = 0.06$ ) to decrease mortality; however, continuing with additional supplementation during the initiation phase offered no advantage. There were no differences in the other variables evaluated in the supplemented group due to the supplementation method. It is concluded that additional supplementation with 100 mg of Zn from Zn during the gestation-lactation phase help to reduce the mortality in the initiation stage, in piglets bred in warm weather.

**Keywords:** Zinc methionine, piglets, mortality, productive performance.

## INTRODUCCIÓN

El estrés calórico induce alteraciones en el sistema metabólico (Baumgard y Rhoads, 2013), que incluye la disminución en la liberación de hormona del crecimiento y tiroidea, provocando una reducción de la tasa metabólica basal (Aggarwal y Upadhyay, 2013), afectando la expresión de genes y proteínas involucradas en el metabolismo de la energía y nutrientes (Sanz *et al.*, 2015). El Zinc en la forma de ión metálico divalente,  $Zn^{2+}$ , es nutricionalmente esencial para todos los organismos vivos (Maret, 2013); es una mineral traza con probada importancia para la función de más de 300 enzimas (Chasapis *et al.*, 2012). La acción metabólica del Zn incluye el metabolismo energético, síntesis de proteína, metabolismo de ácidos nucleicos, integridad del tejido epitelial, reparación y división celular, transporte y utilización de vitamina A y absorción de vitamina E (Borah *et al.*, 2014).

Se ha sugerido que el Zn es requerido por el feto para apoyar la proliferación celular, y la diferenciación de tejidos en los órganos en desarrollo (Terrin *et al.*, 2015). La suplementación con Zn en la dieta de la cerda durante la gestación y lactancia reduce la mortalidad predestete (Payne *et al.*, 2006; Romo *et al.*, 2017), mejora la condición de los lechones durante la lactancia (Caine *et al.*, 2009) y la función inmune de los lechones (Romo *et al.*, 2017). También se ha sugerido, que la adición de Zn a la dieta previene la reducción y mejora la integridad intestinal durante el estrés calórico (Sanz *et al.*, 2014), disminuye la permeabilidad intestinal en los lechones durante el destete (Zhang y Guo, 2009), promueve la restauración del epitelio intestinal (Song *et al.*, 2015) y mejora el metabolismo proteico en los cerdos (Pearce *et al.*, 2015).

Debido a que los requerimientos de Zn se incrementan durante el estrés por calor (Lagana *et al.*, 2007), se ha sugerido que la adición de Zn a la dieta alimenticia puede ser usada para atenuar la disminución sérica de Zn durante periodos con temperaturas ambientales elevadas (Li *et al.*, 2015). Las dietas para cerdos son generalmente suplementadas con Zn inorgánico ( $ZnSO_4$  o  $ZnO$ ) para asegurar el consumo requerido; siendo el  $ZnSO_4$  la fuente inorgánica con más alta biodisponibilidad (NRC, 2012). En años recientes, el uso de fuentes orgánicas se ha explorado debido a su mayor biodisponibilidad (Star *et al.*, 2012).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación adicional de zinc orgánico en la respuesta productiva de cerdos en iniciación, bajo condiciones de alta carga de calor ambiental, nacidos de madres suplementadas o no con Zn orgánico durante la gestación y lactación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la granja porcina “La Huerta”, localizada en la Sindicatura de Culiacancito, Culiacán, Sinaloa., con coordenadas geográficas: 24° 49' 38' latitud Norte y 107° 22' 47' longitud Oeste. El lugar cuenta con una altitud de 60 metros sobre el nivel del mar (msnm); el clima se clasifica como semiseco muy cálido (BS1(h')), con temperatura media anual de 24.9 °C, con máximas de 45°C en los meses de julio y agosto y mínimas de 7°C en diciembre y enero. La precipitación pluvial promedio es de 671.4 mm, con precipitaciones máximas en los meses de julio, agosto y septiembre.

El trabajo se realizó durante los meses de mayo-julio (primer periodo) y de septiembre a noviembre de 2015 (segundo periodo); la temperatura promedio durante estos periodos fue de 28.68 °C y humedad relativa del 63% (CIAD, 2015). Durante el periodo de prueba los cerdos estuvieron expuestos a un índice de temperatura y humedad (THI) de  $78.19 \pm 2.9$ , de acuerdo con Mader *et al.* (2006).

**Diseño experimental.** Se utilizaron 816 lechones con una edad promedio de 21 días y  $6.280 \pm 0.817$  kg de peso corporal, provenientes de un estudio previo (Romo *et al.*, 2017), realizado en cerdas que recibieron o no alimento adicionado con 100 mg de Zn orgánico a partir de metionina de zinc (MetZn)/kg de alimento a partir de los 35 días de gestación hasta el momento del destete. Los lechones fueron asignados a uno de cuatro tratamientos en un diseño experimental de BCA con arreglo factorial 2 x 2 x 2, para recibir o no, alimento suplementado adicionalmente con 100 mg de Zn/kg; donde los factores fueron: el método de suplementación (1. suplementación en gestación-lactancia y 2. Suplementación durante el periodo de iniciación), el nivel de suplementación adicional de Zn (0 y 100 mg/kg de alimento) y el periodo de estudio (1. mayo-julio y 2. septiembre-noviembre).

Los tratamientos fueron: 1) Madres no suplementadas-lechones no suplementados (Testigo; n = 204); 2) Madres no suplementadas-lechones suplementados (ZnC; n = 204); 3) Madres suplementadas-lechones no suplementados (ZnGL; n = 204) y 4) Madres suplementadas-lechones suplementados (ZnGL + ZnC; n = 204). Durante las dos primeras semanas posdestete los cerdos recibieron alimento comercial, Vimifos Fase 1® y Vimifos Fase 2®, a los que se le adicionaron 100 mg Zn orgánico/kg; las dietas de pre-iniciación e iniciación fueron elaboradas en la granja a base de maíz-pasta de soya. Las dietas contenían el aporte nutrimental para cada etapa fisiológica (ver Tablas 3 y 4).

**Manejo de los animales.** En cada periodo de estudio, los lechones previamente pesados e identificados, fueron alojados en 12 corraletas, cada una con un espacio de 12 m<sup>2</sup> (8 x 1.5 m); la corraleta estuvo dividida con un comedero de acero tipo tolva al centro, de tal

forma que en una de las mitades (4 x 1.5 m) se alojaron 17 hembras y en la otra 17 machos. La corraleta tuvo piso de rejilla de acero, en salas cerradas totalmente techadas y con ventilación forzada. Cada una de las divisiones tuvo dos bebederos de chupón metálico. Los cerdos tuvieron acceso permanente a agua de bebida y alimentación a libre acceso. El día 49 después de iniciado el estudio los cerdos fueron pesados. La unidad experimental fue la corraleta completa.

**Mediciones.** Se registró el alimento servido en cada corraleta. Al final de cada periodo de prueba se pesaron los cerdos de cada corral y con la información de consumo de alimento y ganancia de peso se obtuvo el promedio de ganancia diaria de peso y consumo diario de alimento, así como la conversión alimenticia. También se registró la mortalidad durante cada periodo de estudio.

**Análisis estadístico.** A las variables de consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, se le aplicó un análisis de varianza para un diseño por bloques completos al azar con arreglo factorial 2 x 2 x 2. Los valores de número de muertos y mortalidad fueron analizados por estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis. Se realizó análisis de contrastes para determinar el efecto del método de suplementación sobre las variables en estudio; los contrastes realizados fueron: Testigo vs. Tratamiento 2 (Madres no suplementadas-lechones suplementados) y Tratamiento 4 (Madres suplementadas-lechones suplementados) y Testigo vs. Tratamiento 3 (Madres suplementadas-lechones no suplementados) y Tratamiento 4 (Madres suplementadas-lechones suplementados). El alfa para aceptar diferencia estadística fue  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones de clima durante el experimento se muestran en las Tablas 1 y 2. El THI máximo diario excedió el valor termo neutral límite para los cerdos, que es de un THI de 74 (Mader *et al.*, 2006) para cada día del estudio. Durante el periodo 1 (mayo-julio) los cerdos estuvieron expuestos a una temperatura ambiental promedio de 29.66 °C y humedad relativa del 54.45%; lo que de acuerdo con Mader *et al.* (2006), estuvieron en un THI promedio de 78.49, que indica un estado de alerta fisiológica; sin embargo, durante la mayor parte del tiempo que duró el experimento estuvieron en un THI superior a 80; lo que indica que los cerdos estuvieron expuestos a estrés calórico. Durante el periodo 2 (septiembre-noviembre), los cerdos estuvieron expuestos a una temperatura ambiental promedio de 27.7 °C y humedad relativa del 70.39 % (THI = 77.9; alerta fisiológica).

En los cerdos en crecimiento, la exposición constante al estrés calórico aumenta notablemente las tasas de respiración y la temperatura corporal, disminuye las ganancias de peso corporal y reduce significativamente el consumo de alimento (Pearce *et al.*, 2013b); asimismo, provoca una redistribución de la sangre a la periferia en un intento por maximizar la disipación del calor radiante; mientras que a nivel gastrointestinal ocurre una vasoconstricción para redefinir el flujo sanguíneo (Lambert, 2008); en consecuencia, la

reducción del flujo sanguíneo y de nutrientes al epitelio intestinal, compromete la integridad de la barrera intestinal (Yan *et al.*, 2006). Pearce *et al.* (2013a) indicaron que tanto el estrés calórico como el consumo reducido de alimento disminuyen la integridad intestinal y aumentan la permeabilidad a las endotoxinas.

**Tabla 1. Promedio semanal de humedad relativa, temperatura ambiente y THI para el periodo 1 (mayo-julio de 2015) del experimento.**

Semana	Prom. HR	Prom.T (°C)	Min T (°C)	Max T (°C)	Prom. THI <sup>1</sup>	Min THI	Max THI
1	52.52	26.48	17.36	37.69	73.92	61.83	88.77
2	47.67	26.89	16.31	38.56	73.88	60.44	88.68
3	57.05	30.60	24.17	39.14	80.13	71.32	91.83
4	56.14	30.84	24.66	39.00	80.31	71.90	91.41
5	55.24	30.81	23.79	39.59	80.12	70.69	91.97
6	55.24	30.81	23.79	39.59	80.12	70.69	91.97
7	57.29	31.20	25.14	39.57	80.94	72.64	92.42
Promedio	54.45	29.66	22.17	39.02	78.49	68.50	91.01

<sup>1</sup>Índice de temperatura y humedad (THI) =  $0.8 \times \text{Temperatura ambiente} + [(\% \text{ humedad relativa} \div 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ . THI rangos (normal THI <74; alerta 75 a 79; peligro 79 a 84; y emergencia >84).

**Tabla 2. Promedio semanal de humedad relativa, temperatura ambiente y THI para el periodo 2 (septiembre-noviembre de 2015) del experimento.**

Semana	Prom. HR	Prom.T (°C)	Min T (°C)	Max T (°C)	Prom. THI <sup>1</sup>	Min THI	Max THI
1	71.84	30.68	25.51	38.80	82.63	74.81	94.97
2	77.41	27.20	23.16	33.91	77.89	71.60	88.36
3	75.56	28.02	23.50	34.89	79.06	72.05	89.73
4	67.60	28.97	23.16	37.43	79.46	70.89	91.94
5	65.16	27.17	21.00	35.70	76.46	67.55	88.80
6	65.16	27.17	21.00	35.70	76.46	67.55	88.80
7	70.02	24.70	19.57	33.03	73.37	65.69	85.81
Promedio	70.39	27.70	22.41	35.64	77.90	70.02	89.77

<sup>1</sup>Índice de temperatura y humedad (THI) =  $0.8 \times \text{Temperatura ambiente} + [(\% \text{ humedad relativa} \div 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ . THI rangos (normal THI <74; alerta 75 a 79; peligro 79 a 84; y emergencia >84).

El zinc es esencial para la función normal de la barrera intestinal y para la regeneración del epitelio intestinal dañado (Zhong *et al.*, 2010); la suplementación con zinc reduce la permeabilidad intestinal de los lechones durante el destete (Zhang y Guo, 2009). Además, el Zn participa en el sistema de defensa antioxidante del organismo animal y la deficiencia de Zn incrementa el daño oxidativo en la membrana celular, causado por los radicales libres (Waeytens *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2013).

El efecto del consumo de alimento adicionado con metionina de Zn durante la etapa de gestación y lactancia (GL), por parte de la cerda y de los lechones durante la etapa de iniciación, se muestra en la Tabla 5. La mortalidad tendió a ser menor (P = 0.06) en los

cerdos destetados provenientes de cerdas que consumieron alimento adicionado con 100 mg de Zn/kg de alimento durante la etapa de GL.

En un trabajo previo Romo *et al.* (2017), observaron que el consumo adicional de 100 mg de Zn durante el periodo de gestación y lactancia, disminuyó ( $P = 0.006$ ) la mortalidad de lechones durante la lactancia (11 vs. 26%); resultados similares informaron Payne *et al.* (2006), quienes al ofrecer alimento con 100 ppm de  $ZnSO_4$  más la adición de 100 ppm de una fuente orgánica de Zn-aminoácidos (ZnAA), desde los 15 d de gestación; y durante la lactancia observaron una mayor sobrevivencia de lechones durante la lactación y más lechones destetados por camada. También, Caine *et al.* (2009), informaron que el consumo de dietas adicionadas con 250 mg/kg de ZnAA por las cerdas durante el último tercio de gestación, así como la administración gástrica por intubación de 40 mg Zn, a partir de metionina de zinc (MetZn) a los lechones lactantes al momento del nacimiento, a los 7 y 14 d de edad, mejoraba la condición de los lechones durante la lactancia.

Se ha sugerido que el Zn es requerido por el feto para apoyar la proliferación celular, y la diferenciación de tejidos en los órganos en desarrollo (Terrin *et al.*, 2015). Estos efectos del Zn durante la gestación y lactación, son especialmente importantes porque la cerda puede proveer los nutrientes necesarios para apoyar el crecimiento y desarrollo del feto y el lechón; además, las reservas corporales de los elementos traza han mostrado que sirven como una fuente para reunir los requerimientos nutricionales del feto (Mahan y Vallet, 1997).

Hay varios informes respecto al efecto del Zn en el cerdo, pero son pocos los estudios realizados con fuentes orgánicas de Zn en las cerdas gestantes y lactantes, y los efectos subsecuentes sobre el cerdo en crecimiento. Al respecto, Caine *et al.* (2009), sugirieron que el consumo de dietas adicionadas con 250 mg/kg de Zn a partir de ZnAA, durante el último trimestre de gestación de las cerdas, elevó la concentración sérica de Zn en los lechones lactantes, pero no informaron sobre el desempeño de los lechones durante la etapa de iniciación. Romo *et al.* (2017) indicaron que los lechones destetados de cerdas que consumieron alimento adicionado con Zn a partir de los 35 días de gestación y durante la lactancia, tuvieron una mayor ( $P = 0.001$ ) concentración plasmática de IgG (267 vs. 390.8 ng/ml) a los 14 días posdestete. También se ha informado que en pollos de engorda la suplementación con Zn incrementa los títulos de IgM e IgG (Sunder *et al.*, 2008).

El consumo de alimento adicionado con 100 mg de Zn/kg de alimento, a partir de metionina de zinc, durante GL y 49 días posdestete, no mejoró ( $p > 0.05$ ) el comportamiento productivo de los cerdos en iniciación. Se sabe que los lechones destetados son sometidos a importantes cambios nutricionales y ambientales, que alteran de manera dramática el equilibrio de la microbiota del aparato gastrointestinal; lo que proporciona una oportunidad para que los patógenos colonicen y causen enfermedades, y provoquen un rendimiento pobre en el crecimiento e incluso la muerte. También se ha

informado que el estrés por calor daña la integridad de la barrera intestinal, lo que puede aumentar la circulación de endotoxinas (Pearce *et al.*, 2012).

Se ha sugerido que la suplementación con Zn a la dosis adecuada, podría mejorar aspectos de la integridad del intestino delgado y atenuar el daño intestinal (Ineu *et al.*, 2013, Sanz *et al.*, 2014). Sin embargo, niveles farmacológicos de Zn (entre 300 a 3000 ppm) se usan a menudo en la industria porcina en las dietas de cerdos en iniciación, inmediatamente después del destete; y se ha informado que aumentan el rendimiento en el crecimiento (Morales *et al.*, 2012).

En este estudio el contenido de Zn inorgánico de las dietas testigo utilizadas, fue de 2064 mg de Zn/kg en el alimento comercial Vimifos Fase 1® y 2395 mg/kg en Vimifos Fase 2®, consumido durante un periodo de siete días posdestete cada uno; en el alimento pre-iniciador que se ofreció durante un periodo de 14 días el contenido fue de 1251 mg de Zn/kg y el alimento de iniciación contenía 173 mg de Zn/kg, mismo que se ofreció por un periodo de 21 días; niveles que están por arriba de los requerimientos nutricionales del cerdo (NRC, 2012). A las dietas testigo se les adicionó 100 mg de Zn orgánico/kg, a partir de metionina de zinc; nivel adicional que no mejoró la respuesta productiva de los cerdos en la etapa de iniciación.

Niveles farmacológicos de zinc inorgánico previenen enfermedades diarreicas en los lechones; al respecto se ha demostrado que el óxido de zinc tiene propiedades antimicrobianas, provocando cambios en el ecosistema gastrointestinal del lechón (Molist *et al.*, 2011, Slade *et al.*, 2011, Pieper *et al.*, 2012, Hu *et al.*, 2013); lo que condujo a la suposición de que altos niveles de óxido de zinc en la dieta, aumenta el crecimiento de los cerdos destetados mediante el control de la población de bacterianas patógenas a nivel intestinal. Al respecto, Zhang y Guo (2009) indicaron que altas concentraciones de Zn en la dieta disminuyen la permeabilidad intestinal evitando el traslado de bacterias patógenas a través de la barrera intestinal; en este sentido, Debski (2016) sugirió que para el tratamiento de la diarrea, sólo dosis farmacológicas de 2000-3000 mg de ZnO/kg de alimento, son benéficas durante las primeras 2-3 semanas después del destete; aunque otros investigadores han informado que dosis farmacológicas de 1000 a 3000 mg de zinc/kg de alimento se pueden administrar a los lechones hasta por cinco semanas, para prevenir o superar la diarrea posdestete y mejorar el rendimiento de los cerdos (ANSES, 2013; Sales, 2013).

Se ha demostrado que el estrés del destete provoca deficiencias de Zn en los lechones (Davin *et al.*, 2013), lo que puede afectar su comportamiento productivo; sin embargo, el reabastecimiento de estas pérdidas no justifican la suplementación con dosis farmacológicas, debido a que la homeostasis del zinc es un "sistema cerrado", y sólo alrededor del 0.1% del total de zinc necesita ser reabastecido diariamente (Maret y Sandstead, 2006); por lo que parece ser, que a los cerdos criados en ambientes con estatus sanitarios elevados, la suplementación de Zn debe hacerse con bajos niveles; al respecto, en la comunidad europea se ha propuesto que la concentración máxima de Zn

en la alimentación de lechones y cerdas debe ser de 150 mg/kg de alimento la (EFSA, 2014).

**Tabla 3. Análisis químico proximal de los alimentos comerciales ofrecidos a los lechones destetados en los primeros 14 días del periodo de estudio**

Ingredientes	<sup>1</sup> Vimifos Fase 1® (7 días)	<sup>2</sup> Vimifos Fase 2® (7 días)
Proteína cruda (%; mínimo)	20	18
Grasa cruda (%; mínimo)	4	3
Fibra cruda (%; máximo)	3	3
Humedad (%; máximo)	12	12
Cenizas (%; máximo)	8	9
E.L.N.	53	55

<sup>1</sup>Dieta control (comercial) que contenía 2064 mg de Zn/kg a partir de una fuente inorgánica; <sup>2</sup>Dieta control (comercial) que contenía 2395 mg de Zn/kg a partir de una fuente inorgánica. A cada una de las dietas de prueba se le adicionaron 100 mg de Zn a partir de MetZn.

Los resultados obtenidos en el comportamiento productivo de los cerdos en iniciación del presente estudio eran previsibles; sin embargo, la disminución de la mortalidad en los cerdos durante dicha etapa, provenientes de cerdas que recibieron dietas suplementadas con Zn durante la gestación y lactancia, sugiere que este método de suplementación puede mejorar la capacidad de respuesta inmunológica y de adaptación fisiológica de los lechones a eventos estresantes durante el periodo de iniciación.

## CONCLUSIÓN

La suplementación con 100 mg de Zn orgánico/kg de alimento a partir metionina de zinc durante la gestación y la lactancia, puede ser un método útil para disminuir la mortalidad de los lechones durante la etapa de iniciación, criados bajo condiciones de alta carga calórica.

## LITERATURA CITADA

AGGARWAL A, Upadhyay R. 2013. Thermoregulation. In: A. Aggarwal, editor, Heat stress and animal productivity. Springer Press, New Delhi, India. p. 27–42. ISBN: 978-81-322-0879-2

ANSES (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety). 2013. Opinion of the on the use of zinc oxide in the diet of piglets at weaning to reduce the use of antibiotics. *ANSES Opinion*. Request No. 2012-SA-0067 Available online: <http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/ALAN2012sa0067Ra.pdf>

BAUMGARD LH, Rhoads Jr. RP. 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*. 1:311–337. ISSN: 2165-8102. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>

**Tabla 4. Composición y aporte nutrimental de las dietas ofrecidas a los cerdos de iniciación a partir de los 14 posdestete.**

Ingredientes	<sup>1</sup> Pre-iniciador (14 días)	<sup>2</sup> Iniciador (21 días)
Maíz	603	738
Pasta de soya	206	218
Aceite	16	12
Vimifos Baby Pig Mix	175	
Premezcla mineral		32
<b>Aporte nutrimental</b>		
E.M.(Mcal Kg <sup>-1</sup> )	3.304	3.355
Proteína (%)	18.700	16.949
Lisina (%)	1.271	1.177
Fibra (%)	2.266	2.499
Fósforo (%)	0.691	0.599
Calcio (%)	0.938	0.693

<sup>1</sup>Dieta control que contenía 1251 mg de Zn/kg a partir de una premezcla mineral; <sup>2</sup>Dieta control que contenía 173 mg de Zn/kg a partir de una premezcla mineral. A cada una de las dietas de prueba se le adicionaron 100 mg de Zn a partir de MetZn.

**Tabla 5. Efecto del consumo de alimento adicionado con 100 ppm de Zinc orgánico durante el periodo de gestación y lactancia, y en la etapa de iniciación en el desempeño productivo de cerdos en crecimiento bajo estrés calórico, en dos periodos del año (mayo-julio y septiembre-noviembre de 2015).**

Variable	<sup>1</sup> Tratamientos				Error estándar	<sup>2</sup> Factores principales			Interacción			<sup>3</sup> Contrastes	
	Testigo	ZnC	ZnGL	ZnGL + ZnC		P	ZnGL	ZnC	Px ZnGL	Px ZnC	ZnGLx ZnC	1	2
Peso Inicial, kg	6.33	6.28	6.26	6.27	0.366	0.81	0.91	0.97	0.91	0.87	0.92	0.90	0.88
Peso Final, kg	21.00	21.53	21.22	21.78	0.963	0.94	0.82	0.56	0.73	0.60	0.99	0.58	0.68
<sup>4</sup> GDP, kg/día	0.30	0.31	0.31	0.32	0.016	0.97	0.76	0.53	0.72	0.60	0.99	0.50	0.59
Consumo, kg/día	0.60	0.59	0.57	0.58	0.034	0.15	0.55	0.90	0.63	0.89	0.84	0.83	0.61
Consumo/ganancia	1.99	1.90	1.88	1.83	0.075	0.05	0.24	0.35	0.95	0.73	0.76	0.18	0.15
<sup>5</sup> Muertos, n	0.93	0.67	0.17	0.17	0.308	0.18	0.07	0.78	-	-	-	0.29	0.09
<sup>5</sup> Mortalidad, %	2.33	2.00	0.50	0.50	0.869	0.18	0.06	0.85	-	-	-	0.32	0.10

<sup>1</sup>Tratamientos: Testigo = madres no suplementadas-lechones no suplementados, ZnC = Madres no suplementadas-lechones suplementados; ZnGL = madres suplementadas-lechones no suplementados; ZnGL + ZnC = madres suplementadas-lechones suplementados. Suplemento de 100 mg de Zn/kg de alimento, proporcionados a partir de metionina de zinc (Zinpro 100; Zinpro, Eden Prairie, MN). <sup>2</sup> Factores: P = Periodo (1,2), método de suplementación = ZnGL y ZnC, nivel de adición de Zn (0 y 100 mg/kg alimento); <sup>3</sup>Contrastes: 1 = Testigo vs. ZnC y ZnGL+ ZnC; 2 = Testigo vs. ZnGL y ZnGL+ ZnC; <sup>4</sup>GDP = Ganancia diaria de peso corporal; <sup>5</sup>Los valores de número de muertos y mortalidad fueron analizados por estadística no paramétrica con la prueba de Kruskal-Wallis. Conversión/ganancia: Periodo 1 = 1.824, periodo 2 = 1.978, error estándar 0.051; Muertos: ZnGL = 0.17, ZnC = 0.75, error estándar 0.213; Mortalidad ZnGL = 0.50; ZnC = 2.17, error estándar 0.599.

BORAH S, Sarmah BC, Chakravarty P, Naskar S, Dutta DJ, Kalita D. 2014. Effect of zinc supplementation on serum biochemicals in grower pig. *Journal of Applied Animal Research*. 42 (2): 244- 248. ISSN: 0971-2119. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2013.824888>

CAINE WR, Metzler-Zebeli BU, McFall M, Miller B, Ward TL, Kirkwood RN, Mosenthin R. 2009. Supplementation of diets for gestating sows with zinc amino acid complex and gastric intubation of suckling pigs with zinc-methionine on mineral status, intestinal morphology and bacterial translocation in lipopolysaccharide-challenged early-weaned pigs. *Research in Veterinary Science*. ISSN: 0034-5288. 86(3):453–462. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.10.005>. Epub 2008 Dec 4

CHASAPIS CT, Loutsidou AC, Spiliopoulou CA, Stefanidou ME. 2012. Zinc and human health: an update. *Archives of Toxicology*. 86(4):521–534. ISSN: 0340-5761. <http://dx.doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>

DAVIN R, Manzanilla EG, Klasing KC, Perez JF. 2013. Effect of weaning and in-feed high doses of zinc oxide on zinc levels in different body compartments of piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 97, (Suppl. s1): 6-12. ISSN:0931-2439. <http://dx.doi.org/10.1111/jpn.12046>.

DEBSKI B. 2016. Supplementation of pigs diet with zinc and copper as alternative to conventional antimicrobials. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 19 (4): 917–924. ISSN: 2300-2557. <http://dx.doi.org/10.1515/pjvs-2016-0113>

EFSA FEEDAP Panel (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed). 2014. Scientific Opinion on the potential reduction of the currently authorised maximum zinc content in complete feed. *EFSA Journal*. 12(5):3668-3677. ISSN 1831 – 4732. <http://dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3668>

HU CH, Xiao K, Song J and Luan ZS. 2013. Effects of zinc oxide supported on zeolite on growth performance, intestinal microflora and permeability, and cytokines expression of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 181:65–71. ISSN: 0377-8401. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840113000539?via%3Dihub>

INEU RP, Oliveira CS, Oliveira VA, Moraes-Silva L, da Luz SCA, and Pereira ME. 2013. Antioxidant effect of zinc chloride against ethanol-induced gastrointestinal lesions in rats. *Food and Chemical Toxicology*. 58:522–529. ISSN:0278-6915. Disponible en: [https://ac.els-cdn.com/S0278691513003268/1-s2.0-S0278691513003268-main.pdf?\\_tid=spdf-ddb64d0c-4bd4-4a3a-9a00-202221d993a4&acdnat=1519702406\\_629c8214116f88bad65642b760dc3ff1](https://ac.els-cdn.com/S0278691513003268/1-s2.0-S0278691513003268-main.pdf?_tid=spdf-ddb64d0c-4bd4-4a3a-9a00-202221d993a4&acdnat=1519702406_629c8214116f88bad65642b760dc3ff1)

LAGANA C, Ribeiro AML, Kessler A, Kratz LR, Pinheiro CC. 2007. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under

heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 9(1):39–43. ISSN 1516-635X. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2007000100006>

LAMBERT GP. 2008. Intestinal barrier dysfunction, endotoxemia, and gastrointestinal symptoms: The 'canary in the coal mine' during exercise heat-stress. *Medicine and Sport Science*. 53:61–73. ISSN, 02545020. <http://dx.doi.org/10.1159/000151550>

LI Y, Cao Y, Zhou X, Wang F, Shan T, Li Z, Xu W, Li C. 2015. Effects of zinc sulfate pretreatment on heat tolerance of Bama miniature pig under high ambient temperature. *Journal of Animal Science*. 93(7):3421–3430. ISSN: 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-8910>

MADER TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84:712-719. ISSN: 0021-8812. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1622&context=animalscifacpub>

MAHAN DC, Vallet JL. 1997. Vitamin and mineral transfer during fetal development and the early postnatal period in pigs. *Journal of Animal Science*. 75(10):2731–2738. ISSN: 0021-8812. <http://dx.doi.org/10.2527/1997.75102731x>

MARET W, Sandstead HH. 2006. Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 20(1):3–18. ISSN, 0946672X. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2006.01.006>

MARET W. 2013. Zinc biochemistry: From a single zinc enzyme to a key element of life. *Advances in Nutrition*. 4(1):82–91. ISSN: 2161-8313. <http://dx.doi.org/10.3945/an.112.003038>.

MOLIST F, Hermes RG, Gómez de Segura A, Martín-Orúe SM, Gasa J, Garcia Manzanilla E and Pérez JF, 2011. Effect and interaction between wheat bran and zinc oxide on productive performance and intestinal health in post-weaning piglets. *British Journal of Nutrition*. 105(11):1592–1600. ISSN: 0007-1145. <http://doi.org/10.1017/S0007114510004575>

MORALES J, Cordero G, Piñeiro C, Durosoy S. 2012. Zinc oxide at low supplementation level improves productive performance and health status of piglets. *Journal of Animal Science*. 90 (suppl. 4): 436–438. ISSN: 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.53833>.

NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. ISBN: 978-0-309-22427-7, DOI: <https://doi.org/10.17226/13298>

PAYNE RL, Bidner TD, Fakler TM and LL Southern. 2006. Growth and intestinal morphology of pigs from sows fed two zinc sources during gestation and lactation. *Journal of Animal Science*. 84:2141-214. ISSN: 0021-8812. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2005-627>

PEARCE SC, Gabler NK, Ross JW, Escobar J, Patience JF, Rhoads RP, Baumgard LH. 2013b. The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs.

*Journal of Animal Science*. 91(5):2108–2118. ISSN: 0021-8812.  
<https://doi.org/10.2527/jas2012-5738>

PEARCE SC, Mani V, Boddicker RL, Johnson JS, Weber TE, Ross JW, Baumgard LH, and Gabler NK. 2012. Heat stress reduces barrier function and alters intestinal metabolism in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 90(Suppl. 4):257–259. doi: <https://dx.doi.org/10.2527/jas.52339>.

PEARCE SC, Mani V, Weber TE, Rhoads RP, Patience JF, Baumgard LH, and Gabler NK. 2013a. Heat stress and reduced plane of nutrition decreases intestinal integrity and function in pigs. *J. Anim. Sci.* 91:5183–5193. ISSN: 0021-8812, <https://doi.org/10.2527/jas2013-6759>

PEARCE SC, Sanz Fernandez MV, Torrison J, Wilson ME, Baumgard LH, Gabler NK. 2015. Dietary organic zinc attenuates heat stress–induced changes in pig intestinal integrity and metabolism. *Journal of Animal Science*. 93(10):4702–4713. ISSN: 0021-8812. <https://dx.doi.org/10.2527/jas2015-9018>

PIEPER R, Vahjen W, Neumann K, Van Kessel AG and Zentek J, 2012. Dose-dependent effects of dietary zinc oxide on bacterial communities and metabolic profiles in the ileum of weaned pigs. ISSN:0931-2439. 96(5): 825–833. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01231.x>.

ROMO JM, Romo JA, Barajas R, Enríquez I, Silva G, Montero A. 2017. Efecto del consume de zinc orgánico en la respuesta productiva de la cerda y su camada. *Abanico veterinario*, Mayo-Agosto 2017; 7(2):43-59. ISSN 2448-6132. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.4>

SALES J. 2013. Effects of pharmacological concentrations of dietary zinc oxide on growth of post-weaning pigs: A meta-analysis. *Biological Trace Element Research*. 152 (3):343–349. ISSN: 0163-498. <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-013-9638-3>

SANZ FMV, Johnson JS, Abuajamieh M, Stoakes SK, Seibert JT, Cox L, Kahl S, Elsasser TH, Ross JW, Isom SC., Rhoads RP, Baumgard LH. 2015. Effects of heat stress on carbohydrate and lipid metabolism in growing pigs. *Physiological Reports*. 3(2):e12315: 1-17. ISSN 2051-817X. <http://dx.doi.org/10.14814/phy2.12315>

SANZ FMV, Pearce SC, Gabler NK, Patience JF, Wilson ME, Socha MT, Torrison JL, Rhoads RP, and Baumgard LH. 2014. Effects of supplemental zinc amino acid complex on gut integrity in heat-stressed growing pigs. *Animal*. 8(1):43–50. ISSN: 1751-7311, <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731113001961>

SLADE RD, Kyriazakis I, Carroll SM, Reynolds FH, Wellock IJ, Broom LJ and Miller HM, 2011. Effect of rearing environment and dietary zinc oxide on the response of group-housed weaned pigs to enterotoxigenic *Escherichia coli* O149 challenge. *Animal*. 5 (8): 1170–1178. ISSN: 1751-7311. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731111000188>

SONG ZH, Ke YL, Xiao K, Jiao LF, Hong QH, Hu CH. 2015. Diosmectite–zinc oxide composite improves intestinal barrier restoration and modulates TGF- $\beta$ 1, ERK1/2, and Akt in piglets after acetic acid challenge. *Journal of Animal Science*. 93:1599–1607. ISSN: 0021-8812. <http://dx.doi.org/10.2527/JAS.2014-8580>

STAR L, van der Klis JD, Rapp C, Ward TL. 2012. Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. *Poultry Science*. 91(12):3115-3120. ISSN: 0032-5791. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02314>

SUNDER GS, Panda AK, Gopinath NCS, Rama RSV, Raju MVLN, Reddy MR, and Kumar CV. 2008. Effects of higher levels of zinc supplementation on performance, mineral availability, and immune competence in broiler chickens. *The Journal Applied Poultry Research*. 17(1):79–86. ISSN: 1056-6171. <https://doi.org/10.3382/japr.2007-00029>

TERRIN G, Canani RB, Di Chiara M, Pietravalle A, Aleandri V, Conte F, De Curtis M. 2015. Zinc in Early Life: A Key Element in the Fetus and Preterm Neonate. *Nutrients*. 7(12):10427–10446. ISSN 2072-6643. <http://dx.doi.org/doi:10.3390/nu7125542>

WAEYTENS A, De Vos M, Laukens D. 2009. Evidence for a Potential Role of Metallothioneins in Inflammatory Bowel Diseases. *Mediators of Inflammation*. Article ID 729172: 9 pages. ISSN: 0962-9351. <http://dx.doi.org/10.1155/2009/729172>

WANG X, Valenzano MC, Mercado JM, Zurbach EP, Mullin JM. 2013. Zinc supplementation Modifies Tight Junctions and Alters Barrier Function of CACO-2 Human Intestinal Epithelial Layers. *Digestive Diseases and Sciences*. 58(1):77-87. ISSN: 0163-2116. <http://dx.doi.org/10.1007/s10620-012-2328-8>

YAN Y, Zhao Y, Wang H, and Fan M. 2006. Pathophysiological factors underlying heatstroke. *Medical Hypotheses*. 67(3):609–617. ISSN 0306-9877. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2005.12.048>

ZHANG B, Guo Y. 2009. Supplemental zinc reduced intestinal permeability by enhancing occludin and zonula occludens protein-1 (ZO-1) expression in weaning piglets. *British Journal of Nutrition*. 102:687–693. ISSN: 0007-1145. <https://doi.org/10.1017/S0007114509289033>

ZHONG W, McClain CJ, Cave M, Kang J and Zhou Z. 2010. The role of zinc deficiency in alcohol-induced intestinal barrier dysfunction. *American Journal of Physiology, Gastrointestinal Liver Physiology*. 298(5):G625-G633. ISSN: 0193-1857 <https://dx.doi.org/10.1152/ajpgi.00350.2009>

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 81-87. Recibido: 28/02/2018 Aceptado: 07/04/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.7>

## Plantas aromáticas en la alimentación de conejos y su efecto en la carne

Aromatic plants in the feeding of rabbits and their effect on meat

Herrera-Soto Iliana\* [aleli\\_herrera@hotmail.com](mailto:aleli_herrera@hotmail.com), García-Flores Mónica [monnohe@gmail.com](mailto:monnohe@gmail.com), Soto-Simental Sergio [sotos@uaeh.edu.mx](mailto:sotos@uaeh.edu.mx), Zepeda-Bastida Armando [azepeda@uaeh.edu.mx](mailto:azepeda@uaeh.edu.mx), Ayala-Martínez Maricela\*\* [ayalam@uaeh.edu.mx](mailto:ayalam@uaeh.edu.mx)

Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. \*Autor responsable Herrera-Soto Iliana. \*\*Autor de correspondencia Ayala-Martínez Maricela. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km 1, Ex Hacienda de Aquetzalpa, Tulancingo, Hidalgo, México, CP 43600.

### Resumen

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto de la inclusión de manzanilla y ruda en el alimento de conejos de engorda sobre la calidad de la canal y de la carne. Para ello se emplearon 24 conejos al destete y se engordaron por cuatro semanas hasta alcanzar un promedio de 63 d de edad. Los conejos fueron sacrificados y se evaluó la calidad de la canal y de la carne, para ello se tomaron medidas morfométricas, además de realizar la disección de la canal. Los resultados indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en largo de la canal, peso de la canal caliente y fría, parte media, carne y pH de la carne resultando con mejores promedios en el tratamiento que contiene ruda. Es por ello que se concluye que esta planta tiene potencial para ser utilizada para mejorar la calidad de la canal en conejos de engorda.

**Palabras clave:** calidad de la canal, conejos, manzanilla, ruda.

### Abstract

The present work was carried out in order to determine the effect of chamomile and rue inclusion, in the feeding process of fattening rabbits on the quality of the carcass and meat. For that reason, 24 rabbits were used at weaning and fattened for four weeks until reaching an average of 63 d of age. The rabbits were sacrificed and the quality of the carcass and meat was evaluated, morphometric measurements were taken, in addition to carrying out the dissection of the carcass. The main results indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) in the length of the carcass, the weight of hot and cold carcass, middle part, meat and pH of the meat, having better results in the treatment with rue. That is why it is concluded that this plant has the potential to be used as an improvement of the quality of carcass in fattening rabbits.

**Keywords:** carcass quality, rabbits, chamomile, rue.

## INTRODUCCIÓN

Algunas de las características sobresalientes en la carne de conejo con relación a otras especies animales es su composición nutricional, destacan el perfil de ácidos grasos, la calidad de la proteína, el contenido de vitaminas y minerales; además, bajo contenido de colesterol y sodio (Para, 2015). El consumo per cápita de carne de conejo en México fluctúa entre los 30 y 134 g (Armada, 2016). La producción cunícola en el país se desarrolla principalmente en los estados de Hidalgo, Puebla, Estado de México y Guanajuato. La producción de conejos se incentiva desde diversos programas, tanto de instituciones gubernamentales como de aquellas no gubernamentales; con la finalidad principalmente de fomentar el autoconsumo de esta carne, ya sea fresca o bien a través de diversos productos cárnicos.

El empleo de diversos aceites esenciales de especias y hierbas para alimentar animales tiene la finalidad de mejorar la estabilidad oxidativa de la carne (Kone *et al.*, 2016), disminuir sus cargas microbianas (Soultos *et al.*, 2009) y mejorar su productividad (Cardinali *et al.*, 2015). En el caso de los aceites esenciales de ruda, se han caracterizado sus compuestos volátiles, Franca y Nascimento (2015), encontraron que los principales compuestos volátiles son 2-nonanona y 2-undecanona; reportan actividad antimicrobiana contra bacterias Gram positivas y negativas. Karp *et al.*, (2016), sugieren que el uso homeopático de ruda puede combatir el cáncer de seno en mujeres; mientras que Ghosh *et al.*, (2015), utilizaron extractos etanólicos de ruda para prevenir el cáncer de piel.

Por otra parte, la manzanilla es una planta medicinal que se emplea como antiespasmódico, además tiene efecto antiinflamatorio y sedativo; derivado de su composición de sesquiterpenos (Tadrent *et al.*, 2017). Elmastas *et al.*, (2015), demostraron que la manzanilla contiene compuestos fenólicos que tienen un efecto antioxidante, que puede ayudar a prevenir la oxidación lipídica de los alimentos. Debido a estas propiedades que presentan estas plantas, el presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la inclusión de manzanilla, ruda y su combinación sobre la calidad de la canal y de la carne de conejos de engorda.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Animales y dietas

Los conejos que se utilizaron para el estudio se alojaron en la granja experimental del Instituto de Ciencias Agropecuarias (Tulancingo, Hidalgo, México). El cuidado y manejo se realizó acorde con los lineamientos del comité de ética de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Se emplearon 24 conejos destetados (35 d de edad) Nueva Zelanda x California x Chinchilla, con un peso promedio de 824 g, los cuales fueron asignados al azar a cuatro tratamientos (n=6 por tratamiento): T1 – control, T2 - 2.5 g kg<sup>-1</sup> de manzanilla, T3 – 2.5 g kg<sup>-1</sup> de ruda, y T4 1.25 g kg<sup>-1</sup> de manzanilla y 1.25 g kg<sup>-1</sup> de

ruda. Los conejos se mantuvieron en jaulas (90 cm x 60 cm) provistas de comederos manuales y bebederos automáticos. El promedio de temperatura en la nave experimental fue de 20 °C y 65 % de humedad relativa. El alimento fue peletizado en una máquina modelo SKJ120 (Shandong, China). Las dietas fueron balanceadas para ser isoproteicas (16% PC), isoenergéticas (2.3 Mcal/kg energía digestible) e isofibrosas (16 % de fibra detergente ácido).

### **Sacrificio de los conejos**

Una vez finalizado el periodo de engorda (28 d), los conejos se transportaron al taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias en Tulancingo, Hidalgo, México. Los conejos se sacrificaron sin ayuno previo, se pesaron, se aturdieron y se sacrificaron de acuerdo a la normatividad vigente (NOM-033-SAG/ZOO-2014).

### **Determinación de la calidad de la canal y de la carne**

Antes de sacrificar a los conejos se midió el largo del animal, circunferencia a nivel de la cadera y al nivel de las vértebras lumbares; una vez que el animal fue exsanguinado se volvieron a realizar las mediciones. Posteriormente se separaron los diversos componentes del animal, para ello se pesó la canal caliente, hígado, riñones, bazo, corazón, pulmones, tracto gastrointestinal, vejiga, piel y patas. La canal se mantuvo bajo condiciones de refrigeración a 4 °C por 24 h. Transcurrido ese tiempo, la canal se dividió de acuerdo a las indicaciones de Blasco and Ouhayoun (1993) con algunas modificaciones, la cabeza se cortó al nivel del atlas, la parte anterior se obtuvo mediante la disección entre la 6 y 7ª costilla; la parte media se cortó en la última costilla y la parte posterior se realizó el corte entre la 6 y 7ª vértebra lumbar, para obtener las piernas. Estas últimas fueron diseccionadas con la finalidad de obtener la proporción de carne, grasa y hueso.

El pH de la carne se midió con un potenciómetro para carne Hanna model HI99163 (Hanna instruments, Cluj-Napoca, Romania); mientras que la capacidad de retención de agua se realizó de acuerdo a las indicaciones de Honikel (1987).

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los datos se empleó un diseño completamente al azar, al cual se le realizó un análisis de varianza por medio de un procedimiento GLM (SAS, 2004). Cuando existieron diferencias se realizó una comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las medidas morfométricas de los conejos y su canal se presentan en la Tabla 2; se encontró que el largo del conejo vivo y su canal, así como la circunferencia a nivel de las vértebras lumbares, fueron diferentes ( $P < 0.05$ ). Los conejos alimentados con ruda fueron

más largos y su canal más grande, comparados con los otros tratamientos. Ello sugiere que la ruda contiene compuestos que promueven el crecimiento de los animales. Molina *et al.*, (2018), emplearon amaranto en la alimentación de conejos de engorda hasta la edad de 87 d, y encontraron que el largo de la canal fue mayor en aquellos animales en los cuales se alimentaron con la mayor proporción de amaranto; además no encontraron diferencias en otras medidas morfométricas.

**Tabla 1. Dieta experimental con inclusión de manzanilla y ruda.**

Ingrediente	Tratamientos			
	Control	Manzanilla (% Base seca)	Ruda	Manzanilla-Ruda
Planta experimental	0.0	11.2	11.2	11.3
Alfalfa heno	10.2	0.0	0.0	0.0
Paja de cereales	10.1	10.0	9.2	10.7
Maíz molido	20.0	18.2	17.0	19.2
Pasta de canola	3.9	3.9	3.9	4.0
Pasta de soya	17.0	18.0	20.1	16.1
Sorgo molido	17.9	17.9	17.9	17.9
Melaza	1.0	1.0	1.0	1.0
Cascarilla de soya	10.8	10.8	10.8	10.8
Salvado de trigo	6.5	6.5	6.5	6.5
Premezcla	2.5	2.5	2.5	2.5

**Tabla 2. Medidas morfométricas del conejo y de su canal alimentados con manzanilla y ruda.**

Variable	Tratamientos				E.E. <sup>1</sup>
	Control	Manzanilla	Ruda	Manzanilla-Ruda	
Largo del conejo (cm)	30.33 <sup>b</sup>	29.53 <sup>b</sup>	33.33 <sup>a</sup>	28.25 <sup>b</sup>	1.0
Circunferencia cadera (cm)	24.66	24.50	25.66	24.25	1.0
Circunferencia lumbar (cm)	22.00	21.00	21.66	20.62	1.0
Piel (g)	270.33	247.66	295.33	213.75	36.0
Patas (g)	50.00	55.33	57.33	46.00	5.0
Largo canal (cm)	29.00 <sup>b</sup>	30.66 <sup>b</sup>	32.50 <sup>a</sup>	29.00 <sup>b</sup>	1.0
Circunferencia cadera canal (cm)	22.00	22.43	23.00	20.75	1.0
Circunferencia lumbar canal (cm)	15.16 <sup>a</sup>	15.00 <sup>a</sup>	16.33 <sup>a</sup>	14.25 <sup>b</sup>	0.8

<sup>a-c</sup>Medias con diferentes literales tienen diferencia estadística (P<0.05).

<sup>1</sup>EE: error estándar.

En la Tabla 3 se presentan las variables que indican la calidad de la canal de los conejos alimentados con manzanilla y ruda. Se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en el peso del corazón, pulmones, de la canal caliente y fría, grasa escapular, cabeza, parte media, piernas, carne, grasa escapular y pH. Los conejos alimentados con ruda presentaron los mejores promedios en cuanto a las variables medidas para calidad de la canal y de la carne.

Como se menciona anteriormente, estos animales fueron más pesados comparados con los otros tratamientos. Se ha reportado que las plantas como el orégano puede mejorar la calidad de la canal en conejos (Cardinali *et al.*, 2015). Dalle *et al.*, (2016), resumen el efecto de diversas plantas o extractos de plantas sobre el efecto que tienen como promotor de crecimiento, donde indica que se mejora la calidad de la canal con el uso de ginseng, orégano, romero, o bien una mezcla de extractos de varias plantas.

**Tabla 3. Calidad de la canal de conejos alimentados con manzanilla y ruda.**

Variable	Tratamientos				E.E. <sup>1</sup>
	Control	Manzanilla	Ruda	Manzanilla-Ruda	
Vísceras	484.33	437.33	502.33	453.50	34.0
TGI <sup>2</sup> lleno	363.00	341.66	394.00	369.00	29.0
Corazón	4.33 <sup>b</sup>	3.66 <sup>b</sup>	6.00 <sup>a</sup>	4.25 <sup>b</sup>	0.6
Pulmones	15.66 <sup>b</sup>	15.00 <sup>b</sup>	17.00 <sup>a</sup>	10.75 <sup>b</sup>	1.0
Hígado	84.33	61.66	75.66	59.50	11.0
Riñones	12.66	9.66	11.66	9.50	1.0
TGI <sup>2</sup> vacío	190.00	184.00	196.00	181.50	12.0
Vejiga vacía	3.33	3.33	3.33	1.75	0.7
PCC <sup>3</sup>	912.66 <sup>a</sup>	971.33 <sup>a</sup>	1098.00 <sup>a</sup>	791.00 <sup>b</sup>	114.0
PCF <sup>4</sup>	911.33 <sup>a</sup>	962.00 <sup>a</sup>	1092.66 <sup>a</sup>	787.00 <sup>b</sup>	112.0
Grasa de riñonada	16.00	12.66	14.33	8.75	5.0
Grasa escapular	4.33 <sup>b</sup>	4.00 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	1.75 <sup>b</sup>	1.0
Cabeza	92.66 <sup>b</sup>	100.66 <sup>b</sup>	118.66 <sup>a</sup>	98.50 <sup>b</sup>	8.0
Parte anterior	219.33	249.33	255.33	191.50	30.0
Parte media	80.66 <sup>b</sup>	73.33 <sup>b</sup>	108.66 <sup>a</sup>	98.00 <sup>b</sup>	13.0
Parte posterior	180.66	186.66	212.66	151.00	32.0
Piernas	315.33 <sup>b</sup>	332.66 <sup>b</sup>	374.66 <sup>a</sup>	258.50 <sup>b</sup>	34.0
Carne	228.66 <sup>a</sup>	246.00 <sup>a</sup>	272.66 <sup>a</sup>	187.00 <sup>b</sup>	29.0
Hueso	78.66	77.33	86.00	72.50	9.0
Grasa	3.66 <sup>b</sup>	3.00 <sup>b</sup>	7.33 <sup>a</sup>	2.25 <sup>b</sup>	1.0
pH	5.96 <sup>c</sup>	6.10 <sup>b</sup>	6.00 <sup>c</sup>	6.16 <sup>a</sup>	0.05
CRA <sup>5</sup>	21.21	21.31	19.81	24.13	2.0

<sup>a-c</sup>Medias con diferentes literales tienen diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>E.E: error estándar, <sup>2</sup>TGI: tracto gastrointestinal, <sup>3</sup>PCC= Peso de la canal caliente, <sup>4</sup>PCF=Peso de la canal fría, <sup>5</sup>CRA= Capacidad de retención de agua.

## CONCLUSIÓN

En la investigación se puede concluir que alimentar conejos con ruda mejora sus medidas morfométricas y parámetros de la calidad de su carne. Se requieren más estudios con la finalidad de identificar los componentes individuales que permiten a los animales mejorar su crecimiento.

## LITERATURA CITADA

ARMADA RE. 2016. La explotación cunícola en México, una revisión a través del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. <http://www.ancum.com.mx/web/pdfs/Organizacion%20de%20productores/LA%20EXPLORACION%20CUNICOLA%20EN%20MEXICO.pdf>.

BLASCO A, Ouhayoun J, Masoero G. 1993: Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 1:3-10. <https://doi.org/10.4995/wrs.1993.189>. (<http://hdl.handle.net/10251/10568>).

CARDINALI R, Cullere M, Dal Bosco A, Mugnai C, Ruggeri S, Mattioli S, Castellini C, Trabalza MM, Dalle ZA. 2015. Oregano, rosemary and vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits, bone development and meat chemical composition. *Livestock Science*.175:83-89. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.010>

DALLE Z, Celia AC, Szendro Z. 2016. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science*.189:82-90. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.024>

ELMASTAS M, Cinkilic S, Aboul-Enein HY. 2015. Antioxidant capacity and determination of total phenolic compounds in daisy (*Matricaria chamomilla*), Fam. *Asteraceae*). *World Journal of Analytical Chemistry*. 3:9-14. <https://doi.org/10.12691/wjac-3-1A-3>

FRANCA OJF, Nascimento AR. 2015. Chemical composition and antibacterial activity of *Ruta graveolens* L. (*Rutaceae*) volatile oils, from São Luís, Maranhão, Brazil. *South African Journal of Botany*. 99:103-106. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.03.198>

GHOSH S, Sikdar S, Mukherjee A, Khuda-Buksh AR. 2015. Evaluation of chemopreventive potentials of ethanolic extract of *Ruta graveolens* against A375 skin melanoma cells *in vitro* and induced skin cancer in mice *in vivo*. *Journal Integrative Medicine*.13:34-44. [https://doi.org/10.1016/S2095-4964\(15\)60156-X](https://doi.org/10.1016/S2095-4964(15)60156-X)

HONIKEL KO. 1987. How to measure the water-holding capacity of meat? recommendation of standardized methods. In: Tarrant PV, Eikelenboom G, Monin G. (eds) Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs. *Current Topics in Veterinary*

*Medicine and Animal Science*, vol. 38. Springer, Dordrecht. Germany.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-009-3301-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-009-3301-9_11)

KARP JC, Sánchez C, Guilbert P, Mina W, Demonceaux A, Curé H. 2016. Treatment with *Ruta graveolens* 5CH and *Rhus toxicodendron* 9CH may reduce joint pain and stiffness linked to aromatase inhibitors in women with early breast cancer: results of a pilot observational study. *Homeopathy*. 105:299-308. <https://doi.org/10.1016/j.homp.2016.05.004> PMID:27914569.

KONE AP, Cinq-Mars D, Desjardins Y, Guay F, Gosselin A, y Saucier L. 2016. Effects of plant extracts and essential oils as feed supplements on quality and microbial traits of rabbit meat. *World Rabbit Science*, 24: 107-119. <https://doi.org/10.4995/wrs.2016.3665>

MOLINA E, González-Redondo P, Moreno-Rojas R, Keyla Montero-Quintero, Sánchez-Urdaneta A. 2018. Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *Journal of Applied Animal Research*. 46:218-223. <https://10.1080/09712119.2017.1287078>.

NOM-033- SAG/ZOO. 2014. Norma Oficial Mexicana. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres.  
<http://www.economianoms.gob.mx/normas/noms/2010/033sagzoo2015.pdf>.

SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. ISBN 1-59047-243-8.

TADRENT W, Kabouche A, Touzani R, Kabouche Z. 2017. Chemotypes investigation of essential oils of *Chamomile herbs*: A short review. *Journal Material Environment Science*. 7:1229-1235. ISSN: 2028-2508.  
[https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol7/vol7\\_N4/137-JMES-1715-2015-Tadrent.pdf](https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol7/vol7_N4/137-JMES-1715-2015-Tadrent.pdf)

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 88-97. Recibido: 01/02/2018 Aceptado: 12/04/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.8>

## Inducción y sincronización del estro con hormonas exógenas y bioestimulación sexual en cerdas multíparas al destete

Induction and synchronization of estrus with exogenous hormones and sexual biostimulation at weaning in multiparous sows

**Ponce-Covarrubias José<sup>1\*\*</sup>** [ponce1285@hotmail.com](mailto:ponce1285@hotmail.com), **García-y-González Ethel** [eth\\_cat@hotmail.com](mailto:eth_cat@hotmail.com), **Peralta-Gómez Ignacio<sup>1</sup>** [nachovalenzuela08@hotmail.com](mailto:nachovalenzuela08@hotmail.com), **Macías-Cruz Ulises<sup>2</sup>** [ulisesmacias1988@hotmail.com](mailto:ulisesmacias1988@hotmail.com), **Avendaño-Reyes Leonel<sup>2</sup>** [lar62@hotmail.com](mailto:lar62@hotmail.com) **Vicente-Pérez Ricardo<sup>3</sup>** [vicente\\_ver@hotmail.com](mailto:vicente_ver@hotmail.com)

<sup>1</sup>Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Universidad Autónoma de Guerrero, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México. <sup>3</sup>Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México. \*\*Autor responsable y corresponsal: José Luis Ponce-Covarrubias. Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional Km 197 C.P. 41940, Cuajinicuilapa, Guerrero. México.

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar si la bioestimulación del verraco es suficiente para estimular la respuesta sexual de las cerdas multíparas al destete. En general, independientemente del grupo experimental el 70% de las cerdas respondieron al estro. El porcentaje de hembras que respondieron al estro fue mayor en el grupo testigo (GT), que en el grupo bioestimulado (GB) ( $P < 0.05$ ). Las vocalizaciones y aproximaciones laterales fueron superiores en el GT que en el GB, en los días 3 y 5 ( $P < 0.05$ ). Por su parte, la longitud del estro fue similar en las hembras de ambos grupos ( $P > 0.05$ ). Por otro lado, el comportamiento sexual del verraco fue mayor cuando se expuso al GT que al GB de hembras ( $P < 0.05$ ). Existió un incremento en los días 3 y 5 en las aproximaciones laterales, olfateos anogenitales, vocalizaciones y montas sin o con eyaculación en el macho expuesto a las hembras del GT que al GB ( $P < 0.05$ ). En conclusión, la bioestimulación sexual del verraco no es suficiente para provocar la respuesta sexual de las cerdas durante el destete.

**Palabras clave:** Bioestimulación sexual, comportamiento, embates laterales, feromonas, salivación.

### ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate whether boar biostimulation is sufficient to stimulate the sexual response of multiparous sows at weaning. In general, independently of the experimental group, 70% of the sows responded to estrus. The percentage of females that responded to estrus was higher in the control group (CG), than in the biostimulated group (BG) ( $P < 0.05$ ). The vocalizations and nudging were higher in the CG than in the BG, on days 3 and 5 ( $P < 0.05$ ). On the other hand, the sexual behavior of the boar was greater when were exposed to CG than to BG of females ( $P < 0.05$ ). There was an increase in days 3 and 5 in the nudging, anogenital sniffing, vocalizations and mounting without or with ejaculation in the male exposed to the females of the CG than to the BG ( $P < 0.05$ ). In conclusion, the boar's sexual biostimulation is not enough to provoke the sexual response of sows during weaning.

**Keywords:** Sexual bioestimulation, behavior, lateral attacks, pheromones, salivation.

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial porcina creció 1.6% del 2007 al 2016, en el 2017 se ubicó en el máximo histórico de 111 millones de toneladas de carne, que representa un incremento anual de 2.6% (FIRA, 2017). En el 2016 China fue el principal productor de carne de cerdo (47.9%), seguido por la Unión Europea (21.6%), Estados Unidos (10.4%) y Brasil (3.4%); en conjunto aportaron el 83.4% de la producción total (USDA-ERS, 2017).

Por su parte, México solo aportó el 1.3% de la producción mundial, y se ubica en el noveno lugar, con una producción de 1.45 millones de toneladas (FIRA, 2017). El 76.5% de la producción nacional (millones de toneladas) se concentró en los estados de Jalisco (20.7%), Sonora (17.3%), Puebla (11.9%), Yucatán (9.8%), Veracruz (8.8%) y Guanajuato (8.1%) (USDA-FAS, 2017).

Actualmente las importaciones representan el 32% del consumo nacional, observándose un desabasto de la producción nacional. En este contexto, el estado de Oaxaca tiene una baja producción (27.9% de carne) y un bajo número de cabezas de ganado porcino (201 125 cerdos) (FND, 2014, SIAP, 2016). La industria del cerdo del estado presenta problemas de índole reproductivo, por lo cual es común el uso de protocolos de sincronización estral con hormonas exógenas para incrementar la productividad de la cerda (Hemsworth y Tilbrook, 2007). Existen estudios donde mencionan que más del 90% de las cerdas sincronizadas con hormonas sintéticas (PG-600®) que contienen gonadotropina sérica liofilizada y gonadotropina coriónica liofilizada, entran en celo en un menor tiempo (Casida, 1935; Estienne *et al.*, 2001; Breen *et al.*, 2006; Ulguim *et al.*, 2018). No obstante, esta tecnología reproductiva incrementa los costos de producción. Por lo tanto, las biotecnologías que permitan disminuir total o parcialmente el uso de hormonas en la industria porcícola son requeridas. Así, se ha encontrado que la combinación de hormonas con el estímulo del macho provoca una mejora en la respuesta sexual de las cerdas durante el empadre (Signoret, 1974; Hughes *et al.*, 1990, Weaver *et al.*, 2014).

Estudiar el comportamiento sexual del semental durante el empadre es importante, ya que su actividad es indicativo de que posee o no niveles plasmáticos de testosterona adecuados y una alta libido, consecuentemente si los espermatozoides son aptos para fecundar a la hembra (Hemsworth y Tilbrook, 2007). Existe poca evidencia del comportamiento sexual de los verracos usados comercialmente, aunque algunos estudios mencionan que estos machos son eliminados cuando tienen problemas para copular y por la baja calidad espermática (Melrose, 1966; Rasbech, 1969; Hemsworth y Tilbrook, 2007; Kaneko y Koketsu, 2012). Cabe destacar que el comportamiento sexual del macho es muy variado, aunque la característica esencial es el empuje pélvico y la penetración con eyaculación. Otros componentes del verraco son embates hacia la

región posterior y los flancos; por su parte en los machos cabrios y carneros es importante el olfateo anogenital, flehmen, movimiento de la lengua y vocalizaciones (Booth, 1988; Ladewing *et al.*, 1980; Fraser y Broom, 1997; Fernández *et al.*, 2018). En conjunto el comportamiento sexual del macho es esencial para estimular a la hembra independientemente de que se usen o no hormonas sintéticas.

En la literatura se cuenta con información del uso del verraco para adelantar la pubertad en cerdas vírgenes (Brooks y Cole, 1970; Kaneko y Koketsu, 2012); pero no para estimular al estro a las cerdas multíparas al destete. Con esta alternativa al igual a lo planteado en ovinos (Martin *et al.*, 2004), caprinos (Shelton, 1960) y bovinos (Roberson *et al.*, 1987) se puede acuñar el concepto: verde, limpio y ético; y con esto disminuir el uso de hormonas sintéticas e incrementar el bienestar animal en cerdos (Montossi *et al.*, 2014). Por lo antes mencionado, el objetivo del presente estudio fue evaluar si la bioestimulación del verraco es suficiente para estimular la respuesta sexual de las cerdas multíparas al destete.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **Área de estudio**

El presente estudio se realizó en la comunidad de “Rio Grande” municipio de Villa de Tututepec, distrito de Juquila del estado de Oaxaca, México. El clima de esta región es tropical, la temperatura media anual es de 27°C, precipitación de 1,309 mm y coordenadas: 16°00'41"LN, 97°30'13"LO (García, 1973).

### **Animales y tratamientos**

En el experimento se usaron en total 10 cerdas **de entre 3 y 4 partos** de raza Landrace x Yorkshire con 30 d de paridas; asimismo se usaron dos machos de raza Duroc. Las hembras fueron divididas en dos grupos: un grupo testigo (GT; n = 5) y un grupo bioestimulado (GB; n = 5); ambos grupos permanecieron sin macho durante un mes previo al inicio del estudio. Al inicio del experimento el GB fue separado a más de 300 metros de distancia del GT. Además, al GT se le aplicó un protocolo de sincronización de estro, mientras el GB permanecieron intactas. El protocolo consistió en la aplicación de una dosis de PG-600® (Intervet America Inc.; la hormona contiene 400 UI de gonadotropina sérica liofilizada y 200 UI de gonadotropina coriónica liofilizada) vía intramuscular (i.m.), 24 h después de la aplicación de la hormona (día uno) se introdujo un macho en ambos grupos de hembras. En ese momento y durante 6 días consecutivos fueron registradas las variables de comportamiento sexual de las hembras (respuesta al estro, longitud del estro, vocalizaciones y aproximaciones laterales) y los machos (intentos de monta, monta con penetración, olfateos anogenitales, aproximaciones laterales y vocalizaciones). El comportamiento sexual de ambos sexos fue observado y registrado durante una hora por grupo por una persona previamente capacitada.

### **Alimentación y alojamiento**

Durante la fase experimental se alimentó a los animales con una dieta formulada y mezclada manual (Tabla 1), proporcionado en la mañana (07:00 h; 4.00 kg) y en la tarde (17:00 h; 4.00 kg), asimismo se les proporcionó agua a libre acceso. Los animales fueron alojados en corrales de 2.5 m de ancho por 6 m de largo, techados con lamina de asbesto, piso de concreto, provistos de bebederos y comederos.

**Tabla 1. Ingredientes de la dieta ofrecida a las cerdas reproductoras durante el experimento.**

Ingredientes	Valor en kilogramos
Maíz	63.50
Soya	12.00
<sup>1</sup> DDG	6.00
Salvado de trigo	17.00
Minerales	1.50
	100.00

Mezcla de ingredientes para la dieta. 16% de proteína cruda (PC). <sup>1</sup>DDG: granos de destilería.

### **Analisis estadísticos**

Todos los datos presentados en el presenta manuscrito fueron analizados con el programa estadístico SYSTAT 13, bajo un diseño completamente al azar en el cual cada animal fue considerado como una unidad experimental. Los datos de las variables de comportamiento sexual de las hembras, los machos, y los días de observación fueron analizados con la prueba de Krukal-Wallis de estadística no paramétrica. Para comparar las medias se usó la prueba de U de Mann-Whitney (Siegel y Castellan, 1994).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Respuesta sexual de las hembras**

En general, independientemente del grupo experimental el 70% de las cerdas respondieron al estro. En efecto, el porcentaje de hembras que respondieron al estro fue mayor en el GT (5/5, 100%), que en el GB (2/5, 40%;  $P < 0.05$ ). Las vocalizaciones y aproximaciones laterales fueron superiores en el GT ( $29.8 \pm 0.21$  y  $27.6 \pm 0.18$  ocasiones) en los días 3 ( $17.2 \pm 0.57$ ), 4 ( $20 \pm 0.56$ ) y 5 ( $29.8 \pm 1.8$  ocasiones), que en el GB ( $7.8 \pm 2.04$  y  $11 \pm 2.28$  ocasiones) días 1 ( $5.8 \pm 1.16$ ), 3 ( $4 \pm 0.94$ ) y 5 ( $1.2 \pm 0.26$  ocasiones;  $P < 0.05$ ). Por su parte, la longitud del estro en las hembras de ambos grupos fue similar (44 vs. 49 h;  $P > 0.05$ ).

Los resultados del presente estudio son consistentes a los reportados en otras investigaciones donde demuestran que la mayoría de las cerdas múltiparas sincronizadas con PG-600® respondieron al estro en las primeras 48 h después de la aplicación de la

hormona (Estienne *et al.*, 2001; Breen *et al.*, 2006; Ulguim *et al.*, 2018). Contrario a estos resultados fueron reportados por Trujillo *et al.*, (1997) ya que solamente el 23.33% de las hembras presentaron estro.

Por su parte, la longitud del estro fue similar al observado de manera natural (36 h; Soede *et al.*, 2011), pero diferente al reportado por otros autores cuando sincronizan el estro con progestágenos (Degenstein *et al.*, 2008). En el caso de las vocalizaciones en los cerdos como en los caprinos son muy importantes a la hora del cortejo para desencadenar una respuesta sexual (Booth, 1988; Vielma *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2014). De la misma manera las aproximaciones laterales son indicativo de una alta libido en los machos, y muy importante durante la bioestimulación sexual en ovinos y caprinos (Delgadillo *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2018). Por ejemplo, en cerdas las vocalizaciones del macho actúan sinérgicamente con las señales olfativas y táctiles (aproximaciones laterales) en la inmovilización de la hembra para facilitar la copula, en el ciervo rojo se ha demostrado que las vocalizaciones del macho adelantan el momento para que las hembras entren en estro (Davies, 1986; Signoret, 1974; Tilbrook y Hemmsworth, 1990; Garcia *et al.*, 2013).

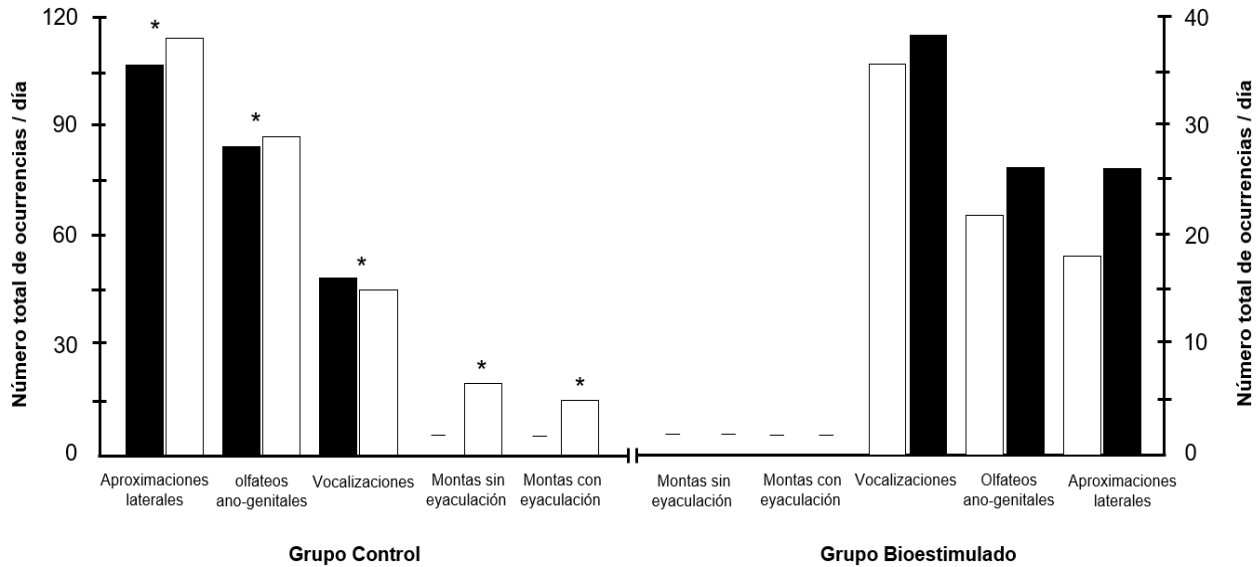
Los resultados que reportan estas investigaciones son consistentes con los del presente estudio para el caso de las vocalizaciones y las aproximaciones laterales. En el caso del GT del presente estudio fueron superiores en los días mientras las hembras se acercaban al momento de celo, esto se debe probablemente a las feromonas liberadas por las hembras. Contrariamente en el GB ocurrieron en los primeros 3 días de contacto, evidentemente se presentó en las únicas hembras que presentaron estro. Estos resultados son interesantes ya que la presentación de estro permite un mayor estímulo del macho y sinérgicamente este potencializa el estímulo de la cerda para que despliegue un intenso comportamiento sexual.

### **Comportamiento sexual de los machos**

El comportamiento sexual fue mayor en el verraco expuesto al GT de hembras que al GB ( $P < 0.05$ ). En efecto, existió un incremento en los días 3 y 5 en las aproximaciones laterales, olfateos anogenitales, vocalizaciones y montas sin y con eyaculación en el macho expuesto a las hembras del GT que, al GB, olfateos anogenitales y vocalizaciones ( $P < 0.05$ ; Figura 1).

El comportamiento sexual del macho es muy variado, aunque la característica esencial es el empuje pélvico y la penetración con eyaculación. Otros componentes como el olfateo anogenital, flehmen, movimiento de la lengua y vocalizaciones son indicativos de machos cabríos y carneros (Ladewing *et al.*, 1980; Fraser y Broom, 1997; Martínez *et al.*, 2014; Damián *et al.*, 2018). En efecto, estos resultados son similares al comportamiento sexual desplegado por los machos cabríos foto-estimulados cuando son expuestos a cabras anestricas. El número de aproximaciones laterales y olfateos anogenitales se

incrementa en los primeros días de contacto entre ambos sexos (Ponce *et al.*, 2014; Fernández *et al.*, 2018).



**Figura 1. Comportamiento sexual desplegado por el verraco durante los días 3 (■) y 5 (□) de contacto entre los dos sexos, para cada variable (aproximaciones laterales, olfateos anogenitales, vocalizaciones y montas sin y con eyaculación).** El grupo testigo a lado izquierdo y el grupo bioestimulado a lado derecho, el - indica cero comportamiento, el \* representa diferencia significativa entre grupos ( $P < 0.05$ ).

En el caso del verraco esto ocurrió así ya que el comportamiento sexual fue más intenso en los días 3 y 5 después de la introducción; el alto comportamiento sexual desplegado por los machos del GT en estos primeros días probablemente se debió a la motivación olfatoria que percibió el macho debido a la liberación de feromonas por las hembras ya que coincidió con la presentación del estro en todas las cerdas (Booth, 1988; Petruilis, 2013). Asimismo, las vocalizaciones son similares a los reportados en cerdas sincronizadas puestas en contacto con un verraco (Signoret, 1974). Esto fue porque en ese momento existió una mayor interacción social entre los dos sexos, por lo tanto, tuvieron buen estímulo auditivo que les permitió responder de esta manera. Los hallazgos encontrados en el presente estudio son sobresalientes ya que la presencia del macho potencializa la respuesta sexual de las hembras siempre y cuando estas se sincronicen previamente con hormonas exógenas. Sería interesante buscar alternativas para incrementar la respuesta de las cerdas ante el estímulo del macho, esto con el fin de disminuir la aplicación de hormonas sintéticas e incrementar el bienestar animal.

## CONCLUSIÓN

La bioestimulación sexual del verraco no es suficiente para provocar la respuesta sexual de las cerdas. Sin embargo, la combinación de hormonas exógenas con la bioestimulación sexual del verraco estimula respuesta sexual de las cerdas múltiparas al destete.

## AGRADECIMIENTOS

Los datos generados fueron parte de la investigación realizada por Ignacio Gómez-Peralta durante el Verano de la Ciencia UAGro-CONACyT, 2017. Se agradece al productor Francisco López Ángeles por el préstamo de los animales para la realización del experimento.

## LITERATURA CITADA

- BOOTH WD. 1988. Hormones, pheromones and sexual behavior in the boar. *Pig News and Information*. 9:251–255. DOI: [10.1677/joe.0.1180047](https://doi.org/10.1677/joe.0.1180047)
- BREEN SM, Rodriguez-Zas SL, Knox RV. 2006. Effect of PG600 and adjusted mating times on reproductive performance in weaned sows. *Animal Reproduction Science*. 93:157–163. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2005.06.010](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.06.010)
- BROOKS PH, Cole DJA. 1970. The effect of the presence of a boar on the attainment of puberty in gilts. *Journal of Reproduction and Fertility*. 23:435–440. DOI: [10.1530/jrf.0.0230435](https://doi.org/10.1530/jrf.0.0230435)
- CASIDA LE. 1935. Prepubertal development of the pig ovary and its relation to stimulation with gonadotrophic hormones. *Anatomical Record*. 61:389. DOI: [10.1002/ar.1090610403](https://doi.org/10.1002/ar.1090610403)
- DAMIÁN JP, Beracochea F, Machado S, Hötzel MJ, Banchemo G, Ungerfeld R. 2018. Growing without a mother results in poorer sexual behaviour in adult rams. *Animal*. 12:98–105. DOI: [10.1017/S1751731117001574](https://doi.org/10.1017/S1751731117001574).
- DAVIES OD. 1986. Effect of using vasectomized boars for additional mating on sow reproductive performance. Winter Meeting of the British Society of Animal Production, 17-29 March, Trawsgood. UK, Pap. No. 123. *British Society Animal Production*, 17.
- DEGENSTEIN KL, O'Donoghue RO, Patterson JL, Beltranena E, Ambrose DJ, Foxcroft GR, Dyck MK. (2008). Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function. *Theriogenology*. 70:1075–1085. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2008.06.027](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.027)
- DELGADILLO JA, Gelez H, Ungerfeld R, Hawken PAR, Martin GB. 2009. The “male effect” in sheep and goats: revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*. 200:304–314. DOI: [10.1016/j.bbr.2009.02.004](https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.02.004)

ESTIENNE MJ, Harper AF, Horsley BR, Estienne CE, Knight W. 2001. Effects of P.G. 600 on the onset of estrus and ovulation rate in gilts treated with regu-mate. *Journal of Animal Science*. 79:2757–2761. DOI: [10.2527/2001.79112757x](https://doi.org/10.2527/2001.79112757x)

FERNÁNDEZ GIG, Flores-Medina E, Flores JA, Hernández H, Vielma J, Fitz-Rodríguez G, Duarte G. 2018. Absence of previous sexual experience did not modify the response of anoestrous goats to photo-stimulated bucks in spring. *Italian Journal of Animal Science*. 17:306–311. DOI: [10.1080/1828051X.2017.1384335](https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1384335)

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA; 2017). Panorama Agroalimentario, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial; Carne de cerdo 2017. Disponible en: <http://www.ugrpg.org.mx/pdfs/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202017.pdf>

Financiera Nacional de Desarrollo (FND; 2014). Avances trimestrales de los Programas de Apoyo de la FND 2014. Disponible en: <https://www.gob.mx/fnd/documentos/avances-trimestrales-de-los-programas-de-apoyo-de-la-fnd-2014>

FRASER AF, Broom DM. 1997. Farm Animal Behaviour and Welfare. CAB International, Oxon, U.K. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19962214501>

GARCÍA E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. 2da ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México. pp: 11-90. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46111974000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46111974000100001&script=sci_arttext)

GARCÍA M, Charlton BD, Wyman MT, Fitch TW, Reby D. 2013. Do red deer (*cervus elaphus*) use roar fundamental frequency (F0) to asses rivals? *PLOS ONE*. 8:e83946. DOI: [10.1371/journal.pone.0083946](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083946)

HEMSWORTH PH, Tilbrook AT. 2007. Sexual behavior of male pigs. *Hormones and Behavior*. 52:39–44. DOI: [10.1016/j.yhbeh.2007.03.013](https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.013)

HUGHES PE, Pearce GP, Patterson AM. 1990. Mechanisms mediating the stimulatory effects of the boar on gilt reproduction in: Cole DJA, Foxcroft GR and Weir JJ (Editors). Control of Pig Reproduction III. *Journal Reproduction and Fertility*. (Suppl) 40:323–341. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19900178840>

KANEKO M, Koketsu Y. 2012. Gilt development and matin in comercial swine herds with varying reproductive performance. *Theriogenology*. 77:840–846. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2011.09.006](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.09.006)

LADEWING J, Price EO, Hart BL. 1980. Flehmen in male goats: Role in sexual behavior. *Behavioral and Neural Biology*. 30:312–322. DOI: [10.1016/S0163-1047\(80\)91198-X](https://doi.org/10.1016/S0163-1047(80)91198-X)

MARTÍNEZ-Alfaro JC, Hernández H, Flores JA, Duarte, G, Fitz-Rodríguez G, Fernández IG, Bedos M, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA, Vielma J. 2014. Importance of intense male sexual behavior for inducing the preovulatory LH surge and ovulation in seasonally anovulatory female goats. *Theriogenology*. 82:1028–1035. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2014.07.024](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.07.024)

MARTIN GB, Milton JTB, Davidson RH, Banchero-Hunzicker GE, Lindsay DR, Blache D. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 82-83:231–246. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2004.05.014](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.014)

MELROSE DF. 1966. A review of progress and of possible developments in artificial insemination of pigs. *Veterinary Record*. 78:159–168. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5903968>

MONTOSSI F, Font-i-Furnols M, del Campo M, San Julián R, Brito G, Sañudo C. 2014. Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Science*. 95:772–779. DOI: [10.1016/j.meatsci.2013.04.048](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.048)

PETRULIS A. 2013. Chemosignals and hormones in the neural control of mammalian sexual behavior. *Frontiers in Neuroendocrinology*. 34:255–267. DOI: [10.1016/j.yfrne.2013.07.007](https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2013.07.007)

PONCE JL, Velázquez H, Duarte G, Bedos M, Hernández H, Keller M, Chemineau P, Delgadillo JA. 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. *Domestic Animal Endocrinology*. 48:119–125. DOI: [10.1016/j.domaniend.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2014.03.002)

RASBECH NO. 1969. A review of the causes of reproductive failure in swine. *British veterinary Journal*. 125:599–614. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4916873>

ROBERSON MS, Ansotegui RP, Berardinelli JG, Whitman RW, McInerney MJ. 1987. Influence of biostimulation by mature bulls on occurrence of puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 64:1601–1605. DOI: [10.2527/jas1987.6461601x](https://doi.org/10.2527/jas1987.6461601x)

SHELTON M. 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of estrous cycling and ovulation of Angora does. *Journal of Animal Science*. 19:368–375. DOI: [10.2527/jas1960.192368x](https://doi.org/10.2527/jas1960.192368x)

SIAP. 2016. Producción ganadera. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>

SIEGEL S, Castellan NJ. 1994. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Trillas, México, 437 pp.

SIGNORET JP. 1974. Rôle des différentes informations sensorielles dans l'attraction de la femelle en oestrus par le mâle chez les porcins. *Annales De Biologie Animale, Biochimie, Biophysique*. 14:747-755. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00896917/document>

SOEDE N, Langendijk P, Kemp B. 2011. Reproductive cycles in pigs. *Animal Reproduction Science*. 124:251–258. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2011.02.025](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.025)

TILBROOK AJ, Hemsworth PH. 1990. Detection of oestrus in gilts housed adjacent or opposite boars or exposed to exogenous boar stimuli. *Applied Animal Behaviour Science*. 28:233–245. DOI: [10.1016/0168-1591\(90\)90102-J](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90102-J)

TRUJILLO-Ortega ME, Doporto-Díaz JM. 1997. Sincronización del estro en cerdas nulíparas y primíparas. *Veterinaria México*. 28:325–331. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-1997/vm974i.pdf>

ULGUIM RR, Bortolozzo FP, Wentz I, Johnston M, Webel SK, Arend L, Knox RV. 2018. Ovulation and fertility responses for sows receiving once daily boar exposure after weaning and OvuGel® followed by a single fixed time post cervical artificial insemination. *Theriogenology*. 105:27-33. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2017.09.005](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.005)

USDA-FAS. Livestock and products semi-annual México, March (2017). Fecha de consulta: 26 febrero de 2018. Disponible en: <https://www.fas.usda.gov/data/mexico-livestock-and-products-semi-annual-1>

VIELMA J, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Hormones and Behavior*. 56:444–449. DOI: [10.1016/j.yhbeh.2009.07.015](https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2009.07.015)

WEAVER AC, Kind KL, William BR, van Welterre HEJ. 2014. Effects of lactation length and boar contact in early lactation on expression of oestrus in multiparous sows. *Animal Reproduction Science*. 149:238–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.06.031>

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 98-107. Recibido: 02/02/2018 Aceptado: 16/04/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.9>

## Identificación morfométrica de *Varroa destructor* y su plasticidad por la exposición a timol

Morphometric identification of *Varroa destructor* and its plasticity by the exposure to thymol

Loeza-Concha Henry<sup>1</sup> [henryloeza\\_21@live.com.mx](mailto:henryloeza_21@live.com.mx) , Domínguez-Rebolledo Alvaro<sup>3</sup> [alvaroedr@gmail.com](mailto:alvaroedr@gmail.com) , Escalera-Valente Francisco<sup>1</sup> [franescalera@hotmail.com](mailto:franescalera@hotmail.com) , Ávila-Ramos Fidel<sup>2</sup> [ledifar@hotmail.com](mailto:ledifar@hotmail.com) , Carmona-Gasca Carlos<sup>1\*</sup> [carmonagasca@yahoo.com.mx](mailto:carmonagasca@yahoo.com.mx)

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Compostela, Nayarit, México, Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias; <sup>2</sup>Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, División de Ciencias de la Vida, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Irapuato, Guanajuato, México., <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Mocochoá, Mérida, México. \*Autor responsable y correspondencia: Carlos Alfredo Carmona Gasca\*, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera de cuota Chapalilla-Compostela KM 3.5, Compostela, Nayarit, México. C.P. 63700. e-mail: [carmonagasca@yahoo.com.mx](mailto:carmonagasca@yahoo.com.mx)

### RESUMEN

Actualmente existen cuatro especies de *Varroa* identificadas en todo el mundo, las cuales presentan una alta variabilidad interespecífica e intraespecífica. El objetivo de esta investigación fue identificar la especie predominante de *Varroa* y el efecto del timol sobre la plasticidad del ácaro. Para determinar la especie y el efecto del timol sobre la plasticidad del ácaro se analizaron morfométricamente 150 especímenes de 65 colmenas y 54 de 17 colmenas expuestas a timol por 28 días. De acuerdo a las medidas morfométricas, los ácaros fueron identificados como *Varroa destructor*, no habiendo evidencia morfométrica de la infestación por otras especies del género *Varroa*. Las poblaciones de ácaros difieren entre apiarios ( $P \leq 0.05$ ), por lo que las variables ancho del escudo genital ( $P=0.013$ ), largo del escudo genital ( $P=0.002$ ) y ancho del escudo anal ( $P=0.026$ ) fueron más variantes. Se encontraron 8 morfotipos, observándose diferencias entre las medias de largo del escudo genital por efecto del timol ( $P \leq 0.05$ ). Se concluye que *Varroa destructor* expuesta al timol presenta una variabilidad morfométrica intraespecífica por la adaptación a la presión de selección impuesta por el acaricida.

**Palabras claves:** Morfometría, patógeno, acaricida.

### ABSTRACT

Currently, there are four *Varroa* species identified worldwide, which present a high interspecific and intraspecific variability. The objective of this investigation was to identify the predominant species of *Varroa* and the effect of thymol on the plasticity of the mite. To determine the species and effect of thymol on the plasticity of the mite, 150 specimens from 65 hives and 54 from 17 beehives exposed to thymol for 28 days were morphometrically tested. According to the morphometric measurements, the mites were identified as *Varroa destructor*, there being no morphometric evidence of the infestation by other *Varroa* species. Mite populations differed among apiaries ( $P \leq 0.05$ ), so that variables genital shield width ( $P=0.013$ ), genital shield length ( $P=0.002$ ) and genital shield width ( $P=0.026$ ) were plus variants. We found 8 morphotypes, observing differences between the average length of the genital shield for thymol effect ( $P \leq 0.05$ ). It is concluded that *Varroa destructor* exposed to thymol presents an intraspecific morphometric variability for adaptation to the selection pressure imposed by the miticide.

**Keywords:** Morphometry, pathogen, acaricide.

## INTRODUCCIÓN

La varroasis es la principal enfermedad parasitaria que afecta a la abeja (*Apis mellifera*) a nivel mundial, esta enfermedad es causada por lo menos por cuatro especies identificadas: *Varroa jacobsoni* Oudemans, *Varroa underwoodi*, *Varroa rindereri* y *Varroa destructor* (Oudemans, 1904; Delfinado *et al.*, 1987; De Guzman *et al.*, 1996; Anderson *et al.*, 2000). Estas cuatro especies de *Varroa* afectan directamente a las crías de *A. mellifera* en las etapas más sensibles de su desarrollo ontogenético, alimentándose principalmente de la hemolinfa de su huésped, causando: la pérdida de peso, disminución del rendimiento de vuelo, aumento de búsqueda prematura de alimento, disminución de la capacidad de aprendizaje, disminución de la tasa de retorno y reducción de la vida promedio de las abejas; además que presentan una función patogénica de muchas enfermedades virales asociadas con trastornos del colapso de colonias; por estas causas negativas se consideradas como la enfermedad más destructiva de las abejas melíferas (De Jong *et al.*, 1982; Duay *et al.*, 2003; Kralj *et al.*, 2006; Cox *et al.*, 2007; de Miranda *et al.*, 2010).

Elucidar el potencial de la variabilidad genética y fenotípica relacionada con el proceso de distribución mundial, dio lugar a una serie de estudios sobre la diferenciación morfológica intraespecífica del parásito (Delfinado *et al.*, 1989; De Guzman *et al.*, 1996). La plasticidad del ácaro *Varroa* está influenciada por la variabilidad geográfica, las condiciones climáticas naturales y también con las distintas especies hospederas (Boudagga *et al.*, 2003; Maggi *et al.*, 2009; Akinwande *et al.*, 2012; Badejo *et al.*, 2013; Aude *et al.*, 2016; Dadgostar *et al.*, 2018). En este sentido se ha demostrado que existe un gran plasticidad fenotípica dentro de la misma población de ácaros en diferentes especies de abejas en todo el mundo (Akimov *et al.*, 2004); esta plasticidad se define clásicamente como el ajuste fenotípico de un organismo al entorno, es decir a la adaptación mediante cambios morfológicos, fisiológicos y de comportamiento de los individuos; permitiendo el mantenimiento de la aptitud individual, y por lo tanto conduce a la persistencia de la población y la especie (Pigliucci, 2005; Nussey *et al.*, 2007).

A pesar que se conocen los diferentes genotipos de *Varroa*, poco se sabe sobre las características epigenéticas y las diferencias fenotípicas de las poblaciones de *Varroa* que afectan a las abejas melíferas en esta región; en este sentido, es necesario el uso de técnicas de discriminación morfométricas (Delfinado *et al.*, 1989), las cuales se basan en el análisis de mediciones de algún segmento del cuerpo y que utiliza principalmente los conceptos de tamaño y forma (López *et al.*, 2002). En este sentido mediante análisis morfométrico se identificó la especie de *Varroa* y su plasticidad varía después del tratamiento con timol.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Ubicación del área experimental

La investigación se realizó en el municipio de Tepic, Nayarit, México; ubicado a 21° 51' y 21° 24' latitud norte, 104° 34' y 105° 05' longitud oeste a 915 m.s.n.m. En la zona predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, y el semicálido subhúmedo

con lluvias en invierno; la precipitación promedio anual es de 1,121 mm y la temperatura promedio es de 21.1 °C (Fernández *et al.*, 2010).

### Obtención de muestras

Se recolectaron aproximadamente 300 abejas que se localizaban entre el tercer y cuarto bastidor de la cámara de cría, dichas abejas se colocaron en recipientes con alcohol al 70%. Las muestras se colectaron en el día cero (previo a la primera aplicación del timol) y al final del tratamiento al día 28. La obtención de los especímenes de *Varroa* se realizó utilizando la metodología de De Jong *et al.* (1982), en el Laboratorio de Biología funcional de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

### Unidades experimentales

Para determinar las especies de *Varroa* y la variabilidad morfométrica se analizaron 150 especímenes de *Varroa* de 65 colmenas, y para determinar el efecto de timol sobre la plasticidad de *Varroa* se tomaron 54 especímenes de 17 colmenas con presencia del ácaro antes y después de la aplicación del timol. Las colmenas presentaron las siguientes características: siete espacios entre bastidores llenos de abejas adultas, reina con postura y un bastidor de miel con polen; dichas colmenas fueron provenientes de 5 apiarios destinados para la formación de núcleos de fecundación de abejas reinas.

### Procesamiento de ácaros

Los ácaros de *Varroa* se procesaron para su observación siguiendo las técnicas descritas por Krantz (1978) y Maggi *et al.* (2009). Cada ácaro se colocó en ácido láctico al 50% durante 2 horas a 100°C; posteriormente los ácaros se almacenaron en alcohol al 50% v/v hasta su observación. Los caracteres morfométricos se midieron usando un microscopio estereoscópico con un micrómetro ocular a 20X.

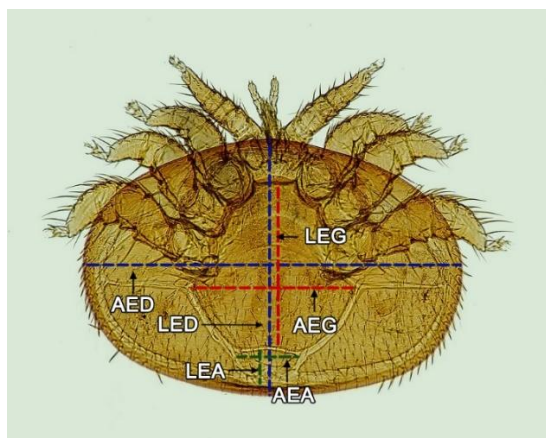


Figura 1. Variables medidas de la varroa: (AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal, (LEA) longitud del escudo anal

**Morfometría** Se midieron seis variables (Figura 1) en cada uno de los especímenes: ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG), ancho del escudo anal (AEA) y longitud del escudo anal (LEA).

**Preparación del timol** Se utilizó timol cristal previamente pulverizado con una pureza del 98.0%. El tratamiento consistió en la mezcla 8 gr de timol y 32 gr de azúcar glas para obtener una concentración del 20%.

**Aplicación del tratamiento** Para la aplicación se prepararon paquetes con 40 gr de la mezcla, las cuales fueron esparcidas en cuadros de papel de 20 x 20 cm sobre la cámara de cría. El tratamiento se aplicó en 3 ocasiones con intervalos de 7 días.

**Análisis estadístico** Para determinar las diferencias morfométricas de *Varroa* entre los apiarios se realizó una comparación de medias con una prueba de ANOVA de un factor, las variables que tuvieron diferencias significativas se sometieron a un segundo análisis de comparación múltiple post hoc mediante una comparación de medias de Tukey. Se realizó un análisis de correlación entre las variables en estudio. Para relacionar la plasticidad con el tratamiento a base de timol se realizó una correlación de Pearson. Para determinar los morfotipos se realizó un análisis de conglomerados K medias; para ello se utilizó el Software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 20. 0 (IBM, 2011).

## RESULTADOS

De acuerdo a (Anderson *et al.*, 2000) se determinó que la especie predominante en esta región es *Varroa destructor* con promedios del AED ( $1688.40 \pm 33.46 \mu\text{m}$ ) y LED ( $1128.10 \pm 25.76 \mu\text{m}$ ). Las poblaciones de ácaros difirieron ( $P \leq 0.05$ ) entre apiarios (Tabla 1), por lo que se encontró que las variables AEG ( $P=0.013$ ), LEG ( $P=0.002$ ) y AEG ( $P=0.026$ ) fueron más discriminantes en comparación AED ( $P=0.086$ ), LED ( $P=0.16$ ) y el LEA ( $P=0.34$ ). La variable LEG fue la que presentó una correlación ( $P \leq 0.05$ ) con todas las variables estudiadas; sin embargo, su correlación fue mayor en relación a las variables AED y AEG (Tabla 2).

**Tabla 1. Media de las variables estudiadas ( $\mu\text{m}$ ) pertenecientes a las poblaciones de *Varroa destructor* de 5 apiarios evaluados.**

Apiario	AED	LED	AEG	LEG	AEA	LEA
1	1696 a	1140 a	721 a	593 a	276 ab	129 a
2	1684 a	1118 a	718 ab	575 ab	286 a	132 a
3	1666 a	1119 a	679 b	557 b	271 b	125 a
4	1691 a	1138 a	715 ab	594 ac	283 ab	134 a
5	1705 a	1125 a	725 ac	595 ac	286 ac	131 a

(AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal y (LEA) longitud del escudo anal.

**Tabla 2. Identificación de variables discriminantes de *Varroa destructor* mediante análisis de Tukey**

Variable	F	Sig.
AED	2.181	.086
LED	1.706	.165
AEG	3.569	<b>.013</b>
LEG	4.946	<b>.002</b>
AEA	3.039	<b>.026</b>
LEA	1.143	.348

(AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal y (LEA) longitud del escudo anal.

Se identificaron ocho morfotipos; el morfotipo A se estableció en ácaros recolectados en el apiario 1; el morfotipo B se encontró en ácaros pertenecientes a los apiarios 1, 2; 4 y 5; el morfotipo C, F y H se encontró en ácaros de los 5 apiarios; el morfotipo D se estableció en ácaros del apiario 3; el morfotipo E se encontró en ácaros de los apiarios 1, 2, 4 y 5; el morfotipo G se encontró en ácaros de los apiarios 2 y 3. La media de cada variable estudiada perteneciente a los ocho morfotipos de *V. destructor* y los resultados de ANOVA se muestra en la (Tabla 3 y 4). Mediante un análisis de igualdad (Tabla 5) se encontró una correlación ( $P \leq 0.05$ ) entre el tratamiento y las variables AED ( $P=0.065$ ) y LEG ( $P=0.002$ ).

**Tabla 3. Media de las variables estudiadas ( $\mu\text{m}$ ) pertenecientes a los 8 morfotipos de *V. destructor***

MORFOTIPOS	AED	LED	AEG	LES	AEA	LEA
A	1583	1042	533	483	267	108
B	1707	1147	738	589	290	139
C	1699	1146	683	569	281	137
D	1692	1092	642	583	258	125
E	1708	1134	718	613	276	131
F	1653	1115	707	589	281	124
G	1629	1142	717	533	263	117
H	1700	1109	725	565	282	127

(AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal y (LEA) longitud del escudo anal.

**Tabla 4. ANOVA de conglomerados jerárquicos k medias de 8 morfotipos de *V. destructor***

Variable	Media	F	Sig.
AED	5673.763	15.000	<b>.000</b>
LED	2958.600	10.197	<b>.000</b>
AEG	7459.992	32.075	<b>.000</b>
LEG	4172.858	19.927	<b>.000</b>
AEA	372.733	2.415	<b>.035</b>
LEA	369.098	4.720	<b>.001</b>

(AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal y (LEA) longitud del escudo anal.

**Tabla 5 Pruebas de igualdad de las medias antes y después del tratamiento de las variables de *V. destructor***

Variables	Lambda de Wilks	F	Sig.
AED	.904	3.631	.065
LED	.988	.412	.525
AEG	.944	2.010	.165
LEG	.745	11.615	<b>.002</b>
AEA	.941	2.115	.155
LEA	1.000	.000	1.000

(AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal y (LEA) longitud del escudo anal.

## DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en esta investigación corresponden a la especie de *Varroa destructor*; puesto que las variables AED y LED son similares, pero inferiores a los encontrados en diferentes partes del mundo (Anderson *et al.*, 2000; Zhang, 2000; Boudagga *et al.*, 2003; Maggi *et al.*, 2009; Kelomey *et al.*, 2016); sin embargo nuestros resultados coinciden con el promedio general descrito para este ácaro (Anderson *et al.*, 2000); estas diferencias morfométricas se deben a la interacción entre el parásito y su huésped. Se ha observado que cuando el hospedador tiene variación corporal, el parásito también cambia esta condición (Giménez *et al.*, 2017); es decir que las variaciones morfométricas del ácaro depende del linaje de *Apis mellifera* que *Varroa destructor* parasita; en este sentido George *et al.*, (2004) han demostrado que la biomasa del parásito está controlada por la tasa metabólica del hospedador, de igual manera el tamaño de las celdas de los panales afecta el tamaño corporal del hospedador y en consecuencia el tamaño de los ácaros (Borsuk *et al.*, 2012).

Los estudios de plasticidad de *Varroa* han encontrado variaciones morfométricas en grandes regiones y países como Irán, Argentina, y Ucrania; encontrando 17 morfotipos por estudio (Akimov *et al.*, 2004; Maggi *et al.*, 2009; Dadgostar *et al.*, 2018); sin embargo en un grupo de colmenas de productores locales, se encontraron 8 morfotipos, lo que significa una gran variabilidad morfométrica en una población de abejas estrechamente relacionadas, por lo que consideramos que esta variación depende de los regímenes de selección dentro de los hábitats, la migración, las diferentes épocas de reproducción de las abejas y a las posibles mutaciones que el ácaro pudiera presentar en el tiempo (Van Tienderen; 1991, Akimov *et al.*, 2004, Carroll *et al.*, 2007).

La plasticidad fenotípica se observó claramente después de 28 días de haber aplicado un acaricida natural, por lo que pudimos observar una reducción significativa en el AED y LEG; de manera que coincidimos con Maggi *et al.* (2009) quien ha informado de la plasticidad morfométrica de *Varroa destructor* en diferentes regiones de Sudamérica. Esta plasticidad morfométrica se ha documentado en otras especies donde han encontrado una asociación entre el tamaño corporal y la susceptibilidad a los medicamentos (Bridges *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2007; Yarahmadi *et al.*, 2009). En este sentido las capacidades de los parásitos para ajustar su fenotipo a un plaguicida, es considerada como una estrategia de adaptación a la intensa presión de selección impuesta por el mitocida, causando respuestas plásticas en la alometría corporal u ontogenética (Wu *et al.*, 2003).

## CONCLUSIÓN

El 100% de los ácaros evaluados pertenecen a la especie *V. destructor*. Se encontraron 8 morfotipos claramente diferenciados, lo que nos permitió comprender la variabilidad morfométrica intraespecífica de *V. destructor* en poblaciones de *A. mellifera* geográficamente relacionadas. Se observó una plasticidad positiva correlacionada entre el acaricida y la disminución de LEG; entonces la plasticidad postratamiento es resultado de la adaptación, debido a la presión de selección impuesta por el acaricida; teniendo indicios de que el ácaro se adapta mediante su variabilidad morfológica a las condiciones adversas para su sobrevivencia y a las colonias de abejas que parasitan.

## Agradecimientos

Los autores agradecen por el apoyo recibido a todos los apicultores integrantes del Sistema Producto Apícola del Estado de Nayarit, quienes permitieron esta investigación en sus apiarios y dedicaron tiempo y esfuerzo para realizar esta investigación. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca doctoral al M.C. Henry Jesús Loeza Concha CVU. 479944 y por el financiamiento, al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) a la incorporación de nuevos PTC 2016.

## LITERATURA CITADA

AKIMOV I, Benedyk S, Zaloznaya L. 2004. Complex analysis of morphological characters of Gamasid mite *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae). *Journal of Zoology*. 38(5): 57–66. ISSN: 0084-5604

AKINWANDE KL, Badejo MA, Ogbogu SS. 2012. Incidence of the Korean haplotype of *Varroa destructor* in southwest Nigeria. *Journal of Apicultural Research*. 51:369-370. ISSN: 0021-8839

ANDERSON D, Trueman J. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and applied acarology*. 24:165-189. ISSN: 0168-8162

AUDE KE, Armand P, Francois A, Charlemagne G, Georg G, Manuelle T, Lamine BM. 2016. Morphometric characterization of parasite *Varroa* sp. of bee *Apis mellifera* L. in Benin. *European Scientific Journal*. 12(33):221-234. ISSN: 1857-7431. DOI: [10.19044/esj.2016.v12n33p221](https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n33p221)

BADEJO M, Ogbogu S, Akinwande KL. 2013. Morphometrics and parasitic load of *Varroa* mites (Acari: varroidae) on colonies of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: apidae) in south Western Nigeria. *Russian Acarological Journal*. 21:17-26. ISSN: 0132-8077

BOSUK G, Olszewski K, Strachecka A, Paleolog J, Kasperek K. 2012. Genetic and morphometric variation of the *Varroa destructor* developing in standard and small comb cells. *Veterinary Medical Science and Practice (Medycyna Weterynaryjna)*. 68:599-602. <http://www.medycynawet.edu.pl/231-summary-2012/summary-2012-10/4223-summary-med-weter-68-10-599-602-2012>

BOUDAGGA H, Barbouche N, Laârif A, Hamouda, MHB. 2003. Morphological identification of the *Varroa* species (Acari: Varroidae) colonizing Tunisian apiaries. *Systematic and Applied Acarology. Systematic y Applied Acarology Society*. 8(1): 97-100. ISSN: 1362-1971. DOI: [10.11158/saa.8.1.12](https://doi.org/10.11158/saa.8.1.12)

BRIDGES CM, Semlitsch RD. 2001. Genetic variation in insecticide tolerance in a population of southern leopard frogs (*Rana sphenoccephala*): implications for amphibian conservation. *The American Society of Ichthyologists and Herpetologists*. 1(1):7-13. ISSN: 0045-8511. DOI: [10.1643/0045-8511\(2001\)001\[0007:GVITI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2001)001[0007:GVITI]2.0.CO;2).

CARROLL SP, Hendry AP, Reznick DN, Fox CW. 2007. Evolution on ecological time-scales. *Functional Ecology*. 21:387-393. ISSN:1365-2435. DOI:[10.1111/j.1365-2435.2007.01289.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01289.x).

COX DL, Conlan S, Holmes EC, Palacios G, Evans JD, Moran NA, Quan PL, Briese T, Hornig M, Geiser DM. 2007. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science*. 318:283-287. ISSN: 0036-8075. DOI: [10.1126/science.1146498](https://doi.org/10.1126/science.1146498).

DADGOSTAR S, Nozari J. 2018. Classical and geometric morphometric methods reveal differences between specimens of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) from seven provinces of Iran. *Persian Journal of Acarology*. 7(1):51.60. ISSN:2251-8169. DOI: [10.22073/pja.v1i1.32063](https://doi.org/10.22073/pja.v1i1.32063).

DE GUZMAN L, Delfinado M. 1996. A new species of *Varroa* (Acari: Varroidae) associated with *Apis koschevnikovi* (Apidae: Hymenoptera) in Borneo. *International Journal of Acarology*. 22: 23-27. ISSN: 0164-7954. DOI: [10.1080/01647959608684077](https://doi.org/10.1080/01647959608684077).

DE JONG D, De Jong P, Goncalves L. 1982. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. *Journal of Apicultural Research*. 21:165-167. ISSN:0021-8839. DOI: [10.1080/00218839.1982.11100535](https://doi.org/10.1080/00218839.1982.11100535).

DE MIRANDA JR, Cordoni G, Budge G. 2010. The Acute bee paralysis virus-Kashmir bee virus-Israeli acute paralysis virus complex. *Journal of Invertebrate Pathology*. 1:30-47. ISSN: 0022-2011 DOI:[10.1016/j.jip.2009.06.014](https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.014)

DELFINADO M, Aggarwal K. 1987. A new *Varroa* (Acari: Varroidae) from the nest of *Apis cerana* (Apidae). *International Journal of Acarology*. 13:233-237. ISSN: 0164-7954. DOI: [10.1080/01647958708683777](https://doi.org/10.1080/01647958708683777).

DELFINADO M, Houck M. 1989. Geographic variation in *Varroa jacobsoni* (Acari, Varroidae): application of multivariate morphometric techniques. *Apidologie*. 20:345-358. ISSN:0044-8435.

DUAY P, De Jong D, Engels W. 2003. Weight loss in drone pupae (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie*. 34:61-65. ISSN: 0044-8435. DOI: [10.1051/apido:2002052](https://doi.org/10.1051/apido:2002052).

FERNÁNDEZ A, Zavala J, Romero R. 2010. Atlas climático digital de México. *Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*. Available online: <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml>

GEORGE M, Munoz G, Marquet PA, Poulin R. 2004. Testing the energetic equivalence rule with helminth endoparasites of vertebrates. *Ecology Letters*. 7:527-531. ISSN:1461-0248. DOI: [10.1111/j.1461-0248.2004.00609.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00609.x).

GIMÉNEZ P, Mendoza Y, Invenizzi C, Fuselli S, Alonso Salces R, Fernández P, Maggi M. 2017. Morphometric correlation between *Apis mellifera* morphotypes (*Hymenoptera*) and *Varroa destructor* (Acari) from Uruguay. *Journal of Apicultural Research*. 56:122-129. ISSN: 0021-8839. DOI: [10.1080/00218839.2017.1287998](https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1287998).

KELOMEY E, Paraiso A, Azonwade F, Gbemavo C, Goergen G, Tamo M, Baba-Moussa, L. 2016. Morphometric characterization of parasite *Varroa sp.* of bee *Apis mellifera* L. in Benin. *European science journal*. 12(33):221-234. ISSN: 1857-7881. DOI: [10.19044/esj.2016.v12n33p221](https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n33p221).

KRALJ J, Fuchs S. 2006. Parasitic *Varroa destructor* mites influence flight duration and homing ability of infested *Apis mellifera* foragers. *Apidologie*. 37:577-587. ISSN: 0044-8435. DOI: [10.1051/apido:2006040](https://doi.org/10.1051/apido:2006040).

KRANTZ G. 1978. *A manual of acarology*. –Oregon State University Book Store. Inc. Corvallis. 509 p. ISBN: 0882460641, 9780882460642.

LÓPEZ E, Acosta N, González N, Fernández M, Ferreira E, Rojas De Arias A. 2002. Diferencias morfométricas en poblaciones de *Triatoma infestans* provenientes de las regiones Oriental y Occidental del Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*. 1:51-57. ISSN: 1812-9528.

MAGGI MD, Sardella NH, Ruffinengo SR, Eguaras MJ. 2009. Morphotypes of *Varroa destructor* collected in *Apis mellifera* colonies from different geographic locations of Argentina. *Parasitology research*. 105:1629-1636. ISSN: 0932-0113. DOI: [10.1007/s00436-009-1605-8](https://doi.org/10.1007/s00436-009-1605-8).

NUSSEY D, Wilson A, Brommer J. 2007. The evolutionary ecology of individual phenotypic plasticity in wild populations. *Journal of evolutionary biology*. 20:831-844. ISSN: 1420-9101. DOI: [10.1111/j.1420-9101.2007.01300.x](https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2007.01300.x).

OLIVEIRA EE, Guedes RNC, Totola MR, De Marco Jr P. 2007. Competition between insecticide-susceptible and-resistant populations of the *Maize weevil*, *Sitophilus zeamais*.

Chemosphere. *Europe PMC*. 69:17-24. ISSN: 0045-6535. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2007.04.077](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.04.077).

OUDEMANS AC. 1904. On a new genus and species of parasitic acari. *Notes from the Leyden Museum*.24:216-222. ISSN: 1872-9231. <http://www.repository.naturalis.nl/document/551518>.

PIGLIUCCI M. 2005. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends in Ecology y Evolution*. 20:481-486. ISSN: 0169-5347. DOI: [10.1016/j.tree.2005.06.001](https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.06.001).

VAN TIENDEREN PH. 1991. Evolution of generalists and specialists in spatially heterogeneous environments. *Evolution: International Journal of Organic Evolutio*. 45:1317-1331. ISSN: 1558-5646. DOI: [10.1111/j.1558-5646.1991.tb02638.x](https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1991.tb02638.x).

WU R, Ma CX, Lou XY, Casella G. 2003. Molecular dissection of allometry, ontogeny, and plasticity: a genomic view of developmental biology. *Bioscience*. 53:1041-1047. ISSN: 0096-7645. DOI: [10.1641/0006-3568\(2003\)053\[1041:MDOAOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1041:MDOAOA]2.0.CO;2).

YARAHMADI F, Moassadegh M, Soleymannejadian E, Saber M, Shishehbor P. 2009. Assessment of acute toxicity of abamectin, spinosad and chlorpyrifos to Thrips tabaci Lindeman (*Thysanoptera: Thripidae*) on sweet pepper by using two bioassay techniques. *Asian Journal of Biological Sciences*. 2:81-87. ISSN: 1996-3351. DOI: [10.3923/ajbs.2009.81.87](https://doi.org/10.3923/ajbs.2009.81.87)

ZHANG ZQ. 2000. Notes on *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) parasitic on honeybees in New Zealand. *Systematic and Applied Ácarology Special Publications*. 5:9-14. ISSN: 1461-1183. DOI: [10.11158/saasp.5.1.2](https://doi.org/10.11158/saasp.5.1.2)

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 108-114. Recibido: 28/02/2018 Aceptado: 20/04/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.10>

## Parámetros productivos de conejos alimentados con diferentes partes de la planta *Tithonia tubaeformis*

Productive parameters rabbits fed with different parts of the *Tithonia tubaeformis* plant

Pérez-Martínez Karina\* [kpm.equ@gmail.com](mailto:kpm.equ@gmail.com), García-Valencia Saraí  
[saraigarciaval\\_95@yahoo.com](mailto:saraigarciaval_95@yahoo.com), Soto-Simental Sergio [sotos@uaeh.edu.mx](mailto:sotos@uaeh.edu.mx), Zepeda-Bastida  
Armando [azepeda@uaeh.edu.mx](mailto:azepeda@uaeh.edu.mx), Ayala-Martínez Maricela\*\* [ayalam@uaeh.edu.mx](mailto:ayalam@uaeh.edu.mx)

Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. \*Autor responsable Pérez-Martínez Karina. \*\*Autor de correspondencia Ayala-Martínez Maricela. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km 1, Ex Hacienda de Aquetzalpa, Tulancingo, Hidalgo, México, CP 43600.

### Resumen

*Tithonia tubaeformis* se ha estudiado poco en general, hasta donde se tiene conocimiento no se ha empleado en la alimentación de conejos. Es por ello con el objetivo de este estudio utilizar diferentes partes de la planta de *Tithonia tubaeformis* en la alimentación de conejos con la finalidad de observar el efecto sobre los parámetros productivos en animales de engorda. Se utilizaron 48 conejos de las razas Nueva Zelanda, California y Mariposa, distribuidos en 4 tratamientos. Se midieron parámetros productivos durante la engorda, también se realizaron mediciones morfométricas y de rendimiento de la canal. Los resultados indican que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) de todas las variables medidas, pero existe una tendencia a mejorar los parámetros productivos de los conejos al incluir en su dieta hojas de *Tithonia tubaeformis*. Por ello se concluye que esta planta puede ser empleada en la alimentación de conejos de engorda sin presentar efectos productivos adversos.

**Palabras clave:** *Tithonia tubaeformis*, parámetros productivos, conejos.

### Abstract

*Tithonia tubaeformis* has been studied little in general, as far as is known it has not been used in the feeding of rabbits. It is, for this reason, the aim of this study to use different parts of the plant of *Tithonia tubaeformis* in the feeding of rabbits with the purpose of observing the effect on the productive parameters in fattening animals. 48 rabbits of the races New Zealand, California and Mariposa were used, distributed in 4 treatments. Production parameters were measured during fattening, and morphometric and yield measurements of the carcass were also made. The results indicate that there are no significant differences ( $P > 0.05$ ) of all the variables measured, but there is a tendency to improve the productive parameters of rabbits by including leaves of *Tithonia tubaeformis* in their diet. Therefore, it is concluded that this plant can be used in the feeding of fattening rabbits without presenting adverse productive effects.

**Keywords:** *Tithonia tubaeformis*, rabbit, productive parameters.

## INTRODUCCIÓN

La carne de conejo tiene diversas ventajas con respecto a la carne de otras especies, se sabe que esta carne tiene un mejor perfil de ácidos grasos; además de la cantidad de proteína, vitaminas, minerales, su bajo contenido de colesterol y sodio; aunado a la nula cantidad de ácido úrico (Para, 2015). A pesar de las cualidades descritas anteriormente de la carne de conejo, su consumo y producción es relativamente baja, ya que Armada (2016) indica que el consumo per cápita en México fluctúa entre 30 y 134 g; también se sabe que la producción de conejo en el país se encuentra centralizada en estados como Hidalgo, Puebla, Estado de México y Guanajuato. Asimismo, se ha reconocido que diversas instituciones gubernamentales y no gubernamentales fomentan la producción y consumo de esta carne, ya sea fresca o bien a través de diversos productos cárnicos. Sin embargo, uno de los principales problemas de la cunicultura, como en otras especies animales, es el costo de alimentación; aunado a ello, el azote de algunos problemas digestivos del conejo de engorda. Una de las formas de aliviar estos problemas es la búsqueda de nuevas alternativas de alimentación, como es el uso de plantas que son un problema de malezas en los cultivos, principalmente del maíz.

El género *Tithonia* se distribuye principalmente en México y Centro América, se reconocen once especies divididas en dos grupos, que incluyen plantas anuales y perenes. La planta *Tithonia tubaeformis*, es una planta herbácea, anual, con tallos de 1 a 3 m, redondos con colores desde amarillos a café, hojas alternas de 2 a 11 cm, pedúnculos de 10 a 45 cm de largo y de 4 a 11 mm de diámetro (Figura 1). Su época de floración es de agosto a noviembre (Duke, 1982); además de acuerdo a Sánchez-Blanco y Guevara-Fefer (2013) es una maleza en los cultivos de maíz, lo cual representa una competencia por los nutrientes del suelo.

No existe evidencia de reportes de que esta planta sea utilizada en la alimentación de conejos, sin embargo, Garcia *et al.* (2016) encontró esta planta en la composición botánica de la dieta de cabras en pastoreo en un matorral xerófilo. Esta planta se utiliza en la medicina tradicional, Gheno-Heredia *et al.* (2011) mencionan que las hojas se utilizan para aliviar problemas de la piel, mientras que Bello-González *et al.* (2015) indica que la flor cocida se puede usar para mejorar problemas digestivos. Sin embargo, Hinojosa *et al.*, (2013) estudiaron esta planta para conocer la presencia de compuestos fitoquímicos de extractos metanol:agua; encontrando que los principales fenoles presentes son del tipo pirogálico y catecol, los cuales tienen una alta respuesta antiinflamatoria.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se tuvo como objetivo en este estudio utilizar diferentes partes de la planta de *Tithonia tubaeformis* en la alimentación de conejos, con la finalidad de observar el efecto sobre los parámetros productivos, las características morfométricas y el rendimiento de la canal en animales de engorda.



Figura 1. *Tithonia tubaeformis*

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Animales y dietas

Los animales de este estudio se alojaron en la granja experimental del Instituto de Ciencias Agropecuarias (Tulancingo, Hidalgo, México). El cuidado y manejo de los conejos fue de acuerdo a los lineamientos del comité de ética de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Se utilizaron 48 conejos destetados (35 d de edad), razas Nueva Zelanda, California y Mariposa, con un peso promedio de  $1165.52 \pm 124.07$  g, los cuales se asignaron completamente al azar a cuatro tratamientos ( $n=12$  por tratamiento): control (C), hojas (L), tallos (S) y planta completa (CP), como se indica en la Tabla 1. Los Conejos se mantuvieron en jaulas (90 x 60 x 40 cm) provistas de comederos manuales y bebederos automáticos. El promedio de temperatura en la nave experimental fue de 20 °C y humedad relativa de 65 %. El alimento fue peletizado en una máquina modelo SKJ120 (Shandong, China). Las dietas fueron isoproteicas (16% PC) e isoenergéticas (2.3 Mcal kg MS<sup>-1</sup> de energía digestible).

### Parámetros productivos

Durante el experimento los animales se pesaron cada semana, mientras que se determinó la ingestión diaria de alimento, pesando el alimento ofrecido y rechazado. A partir de esos datos se calcularon la ganancia diaria de peso durante las cuatro semanas de engorda, ganancia total y la conversión alimenticia durante el periodo de engorda. Al final de la engorda, los conejos fueron sacrificados con una edad promedio de 63 d de edad; para ello fueron transportados al taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias en Tulancingo, Hidalgo, México. Los conejos fueron sacrificados sin ayuno

previo, fueron pesados, aturcidos y procesados de acuerdo a la normatividad vigente (NOM-033-SAG/ZOO-2014). A partir de los datos obtenidos se calculó el peso de la canal caliente.

### Análisis estadístico

Todos los datos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar, al cual se le realizó un análisis de varianza por medio de un procedimiento GLM (SAS, 2004). Cuando existieron diferencias se realizó una comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

**Tabla 1. Dietas experimentales con base a *Tithonia tubaeformis***

Ingrediente	Control	Tratamientos		
		Hoja	Planta completa	Tallos
	(% Base Seca)			
<i>Tithonia tubaeformis</i>	0.0	11.2	11.2	11.3
Alfalfa heno	10.2	0.0	0.0	0.0
Paja de cebada	10.1	10.0	9.2	10.7
Maíz molido	20.0	18.2	17.0	19.2
Pasta de canola	3.9	3.9	3.9	4.0
Pasta de soya	17.0	18.0	20.1	16.1
Sorgo molido	17.9	17.9	17.9	17.9
Melaza	1.0	1.0	1.0	1.0
Cascarilla de soya	10.8	10.8	10.8	10.8
Salvado de trigo	6.5	6.5	6.5	6.5
Premezcla mineral y vitamínica	2.5	2.5	2.5	2.5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros productivos de conejos de engorda alimentados con diferentes partes de la planta de *Tithonia tubaeformis* se pueden apreciar en la Tabla 2. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos; sin embargo, se puede apreciar una tendencia a tener menores consumos de alimento durante la primer semana del periodo de engorda de los conejos que consumieron las diversas partes de la planta *Tithonia tubaeformis* con respecto al tratamiento control; posteriormente los conejos alimentados con hoja de la planta tendieron a presentar menores consumos de alimento, lo cual coincide con el consumo total de alimento, siendo el tratamiento que menos alimento consumió. Cabe mencionar que el menor consumo se tradujo en menor peso ganado.

Debido a que no existe diferencias entre los tratamientos, se puede decir que el empleo de *Tithonia tubaeformis* en la alimentación de conejos en engorda es una alternativa de alimentación, lo cual coincide con lo reportado por Duilio *et al.*, (2011), quienes al utilizar harina de *Tithonia diversifolia* en conejos de engorde no obtuvieron diferencias en consumo, ni en ganancia diaria de peso, con respecto al control.

En otros trabajos dentro del grupo de investigación, se han obtenido resultados similares a los aquí mostrados con otras plantas, como es el caso de la inclusión de plantas en la alimentación de conejos de engorda bajo las mismas condiciones experimentales, como es el caso de epazote (García-Vázquez *et al.*, 2017), hierbabuena, manzanilla, ruda o jengibre (datos no publicados). En estos trabajos se ha observado que la inclusión de plantas puede mejorar o tener parámetros productivos similares a los del tratamiento

control, ello hace pensar que *Tithonia tubaeformis* y otras plantas medicinales pueden tener efectos benéficos en la salud de los conejos, ya que estas plantas pueden presentar fenoles que hacen que el sistema digestivo del conejo sea saludable y responda de manera apropiada para tener parámetros productivos que incentiven su uso durante la engorda.

En la Tabla 3, se pueden apreciar las medidas morfométricas de los animales vivos y su correspondiente en la canal de los conejos alimentados con diversas partes de *Tithonia tubaeformis*. También se incluye el peso vivo, peso de la canal y rendimiento de la canal. A diferencia con lo que reportan Molina *et al.*, (2018) en relación al largo de la canal, la cual fue mayor a medida que se incrementa la cantidad de amaranto en la dieta de conejos en engorda a los 87 d. En lo que se refiere a otras medidas morfométricas no se encontraron diferencias.

### CONCLUSIÓN

Acorde a los resultados encontrados en este estudio, se puede concluir que la planta *Tithonia tubaeformis* puede ser empleada en la alimentación de conejos de engorda sin deterioro de su salud y con parámetros productivos similares al tratamiento control. Sin embargo, se encontró una tendencia de obtener mejores parámetros productivos, al utilizar la hoja de esta planta y el peso de la canal al consumir la planta completa. Por ende, estos resultados dan pie a seguir investigando otros aspectos tanto productivos como de calidad de la canal en conejos alimentados con *Tithonia tubaeformis*; así como las propiedades de esta planta, o bien extractos de la misma, que permitan su utilización en la alimentación de conejos de engorda o bien en otras áreas.

**Tabla 2. Parámetros productivos de conejos alimentados con *Tithonia tubaeformis***

Variable	Tratamientos			
	Control	Hoja	Planta completa	Tallo
CAS 1 (g)	704.33 ± 48.0	641.33 ± 74.6	661.00 ± 86.5	668.00 ± 114.7
CAS 2 (g)	739.33 ± 178.6	721.33 ± 76.7	798.67 ± 55.3	774.67 ± 34.8
CAS 3 (g)	789.00 ± 76.9	822.67 ± 74.3	898.67 ± 121.7	838.33 ± 39.2
CAS 4 (g)	885.00 ± 74.5	848.33 ± 43.2	828.33 ± 59.6	899.67 ± 38.2
CTA (g)	3117.33 ± 334.7	3033.67 ± 141.4	3186.00 ± 95.2	3180.67 ± 145.2
GDP1 (g d <sup>-1</sup> )	43.98 ± 9.5	37.92 ± 8.6	37.78 ± 20.2	37.14 ± 12.6
GDP2 (g d <sup>-1</sup> )	30.77 ± 29.8	36.50 ± 15.9	36.82 ± 10.1	41.69 ± 9.9
GDP3 (g d <sup>-1</sup> )	36.00 ± 24.2	31.04 ± 5.8	34.80 ± 18.1	34.20 ± 4.1
GDP4 (g d <sup>-1</sup> )	35.24 ± 10.9	30.95 ± 4.8	28.36 ± 9.1	32.15 ± 12.0
GDPTotal (g d <sup>-1</sup> )	36.50 ± 7.5	34.10 ± 4.3	34.44 ± 7.4	36.29 ± 4.9
Peso ganado (g)	1022.08 ± 211.8	955.00 ± 120.8	964.44 ± 207.8	1016.36 ± 139.3
Conversión alimenticia	3.18 ± 0.7	3.21 ± 0.4	3.41 ± 0.6	3.18 ± 0.3

CAS= Consumo de alimento de la semana, CTA=Consumo total de alimento, GDP=Ganancia diaria de peso. Media ± error estándar. Tukey (P<0.05).

**Tabla 3. Medidas morfométricas del animal y de la canal de conejos alimentados con *Tithonia tubaeformis***

Variable	Tratamientos			
	Control	Hoja	Planta completa	Tallo
Peso vivo (g)	2166.25 ± 260.9	2087.50 ± 163.1	2186.00 ± 236.8	2231.20 ± 169.4
Largo (cm)	32.58 ± 3.0	31.15 ± 2.4	32.30 ± 3.6	33.35 ± 2.1
Circunferencia cadera (cm)	25.58 ± 1.9	26.10 ± 1.9	26.50 ± 1.3	25.90 ± 1.9
Circunferencia lumbar (cm)	21.96 ± 2.3	21.80 ± 2.3	22.60 ± 0.5	22.25 ± 2.1
Piel (g)	320.00 ± 48.1	305.50 ± 21.5	338.40 ± 40.3	332.20 ± 43.6
Patas (g)	55.25 ± 12.6	48.50 ± 4.4	51.60 ± 6.5	54.20 ± 7.6
Largo canal (cm)	31.58 ± 1.8	33.45 ± 2.0	32.50 ± 1.9	33.50 ± 2.2
Circunferencia cadera canal (cm)	26.58 ± 9.1	25.05 ± 1.8	23.90 ± 2.6	24.75 ± 1.2
Circunferencia lumbar canal (cm)	16.46 ± 1.4	16.60 ± 0.9	16.10 ± 0.5	16.85 ± 0.7
Peso canal caliente (g)	1198.75 ± 180.4	1148.50 ± 101.1	1206.00 ± 114.9	1231.50 ± 87.1
Rendimiento (%)	59.86 ± 2.6	60.07 ± 2.3	60.48 ± 4.0	60.07 ± 1.3

Media ± error estándar. Tukey (P<0.05).

## LITERATURA CITADA

ARMADA RE. 2016. La explotación cunícola en México, una revisión a través del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. <http://www.ancum.com.mx/web/pdfs/Organizacion%20de%20productores/LA%20EXPLORACION%20CUNICOLA%20EN%20MEXICO.pdf>.

Bello-González MA, Hernández-Muñoz S, Lara-Chávez MBN, Salgado-Garciglia, R. 2015. Plantas útiles de la comunidad indígena nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Polibotanica*. 39:175-215. <http://scielo.unam.mx/pdf/polib/n39/n39a10.pdf>.

DUILIO N, Terán O, Cruz L, Gutiérrez F, Ly J. 2011. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14 (1): 309-314.

DUKE JC. 1982. Revision of *Tithonia*. *Rhodora*. 84(840):453-522. <http://www.jstor.org/stable/23314456>.

GARCÍA S, Santos RE, Posadas C, Morón FJ, Rosales CA. 2016. Composición de la dieta de cabras en pastoreo en un matorral xerófilo. In: *Perspectivas y Avances de la Producción Animal en México*. Ed. H.A. Lee Rangel, H.M. Ramírez Tobías, J.A. Roque Jiménez. Ed. Universitaria Potosina, SLP. México.

GARCÍA-VÁZQUEZ L, Ayala-Martínez M, Zepeda-Bastida A, Ojeda-Ramírez D, Soto-Simental S. 2017. Evaluación de parámetros productivos y rendimiento de la canal de conejos que consumieron infusión de epazote (*Chenopodium ambrosioides*). *Abanico Veterinario*. 7(1):44-47. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.71.4>.

GHENO-HEREDIA YA, NAVA-BERNAL G, MARTINEZ-CAMPOS AR, SANCHEZ-VERA E. 2011. Las plantas medicinales de la organización de parteras y médicos indígenas tradicionales de Ixhuatlancillo, Veracruz, México y su significancia cultural. *Polibotánica* 31:199-251. ISSN 1405-2768.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682011000100012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100012&lng=es&nrm=iso).

HINOJOSA DJ, Gutiérrez LM, Siller LF, Rodríguez SA, Morales DRJA, Guerrero MPJ, Del Toro SCL. 2013. Screening fitoquímico y capacidad antiinflamatoria de hojas de *Tithonia tubaeformis*. *Biotecnia*. 15(2): 53-60. ISSN 1665-1456. <http://132.248.9.34/hevila/Biotecnia/2013/vol15/no2/9.pdf>  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703030>

MOLINA E, González-Redondo P, Moreno-Rojas R, Keyla Montero-Quintero, Sánchez-Urdaneta A. 2018. Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits, *Journal of Applied Animal Research*, 46:1, 218-223. <https://10.1080/09712119.2017.1287078>.

NOM-033- SAG/ZOO/2014. 2015. Norma Oficial Mexicana. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. <http://www.economianoms.gob.mx/normas/noms/2010/033sagzoo2015.pdf>.

PARA PA, Ganguly S, Wakchaure R, Sharma R , Mahajan T, Praveen PK. 2015. Rabbit meat has the potential of being a possible alternative to other meats as a protein source: A brief review. *Int J Phar Biomed Res*. 2: 17-19. [https://www.researchgate.net/profile/Subha\\_Ganguly/publication/289674478\\_Rabbit\\_Meat\\_has\\_the\\_Potential\\_of\\_Being\\_a\\_Possible\\_Alternative\\_to\\_Other\\_Meats\\_as\\_a\\_Protein\\_Source\\_A\\_Brief\\_Review/links/5691deeb08ae0f920dcb9274.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Subha_Ganguly/publication/289674478_Rabbit_Meat_has_the_Potential_of_Being_a_Possible_Alternative_to_Other_Meats_as_a_Protein_Source_A_Brief_Review/links/5691deeb08ae0f920dcb9274.pdf).

SÁNCHEZ-BLANCO J, Guevara-FéFer F. 2013. Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*. 105: 107-129. <https://doi.org/10.21829/abm105.2013.227>

SAS. (2004). SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. ISBN 1-59047-243-8.

# CONGRESO INTERNACIONAL ABANICO VETERINARIO



<https://www.sergiomartinezgonzalez.com/congreso-internacional-abanico-vete>

**Congreso Internacional Abanico Veterinario, está enfocado a las ciencias veterinarias y zootécnicas (incluye animales acuáticos).**

**Taller de uso de Bases de Datos.**

**Los artículos (artículos originales, desarrollos tecnológicos, políticas de educación, estudio de casos, casos clínicos, revisiones de literatura) serán escritos bajo las Indicaciones para los autores de la revista ABANICO VETERINARIO y los mejores artículos serán propuestos (si los autores están de acuerdo) para su posible publicación en la revista ABANICO VETERINARIO. Enviar trabajos [abanicoveterinariocongreso@gmail.com](mailto:abanicoveterinariocongreso@gmail.com)**

**CONFERENCIAS  
PONENCIAS  
PRESENTACION DE LIBROS  
STAND COMERCIALES**