

**ABANICO VET 7(2) MAYO-AGOSTO 2017 ISSN 2448-6132**



Indizada en SCIELO, IMBIOMED, MEDIGRAPHIC, DIALNET, EBSCO-Fuente Académica Plus, e-REVISTAS, HEVILA, CENGAGE-*Informe académico*, ContentEngine LLC, PERIODICA, LATINDEX, REDIB, SIIC DATA BASES, REVIVEC, Revistas Electrónicas del Instituto de Investigaciones Biomédicas-UNAM, SCILIT, Birmingham Public Library, Genamics JournalSeek.

Incluida en  
Google académico, CONRICYT-CONACYT



El **Congreso Virtual Abanico Veterinario** tiene como objetivo publicar en VIDEOS los artículos aceptados o publicados en la revista **ABANICO VETERINARIO** y/o en el **CONGRESO INTERNACIONAL ABANICO VETERINARIO** sin costo; sin embargo, podrán publicarse cualquier video que cubra los criterios de arbitraje. Donde el lector y/o investigador y autor-res podrán interactuar, al contestar las dudas, cuestionamientos y comentarios; así también será un

foro para contactar de forma directa y pública a los autores del trabajo en cuestión.

<https://www.facebook.com/Congreso-Virtual-Abanico-Veterinario-1800503060182071/>

Los investigadores que publican sus videos podrán publicar sus líneas de investigación, equipos, redes, posgrados, cuerpos académicos para una mayor eficiencia en la investigación.

Los Criterios de Arbitraje de los videos incluyen si cuenta con Título, Autores y datos de su Institución, Introducción, Desarrollo del tema, Conclusión, Ética y Bienestar animal, Calidad de imagen, Legibilidad de los textos, Calidad sonora, Despierta interés, y finalmente un Resumen.

El **Congreso Virtual Abanico Veterinario** publica artículos de investigaciones, estudios de casos, desarrollos tecnológicos, casos clínicos, políticas de educación y revisiones de literatura realizados en México y de cualquier parte del mundo, sobre la siguiente temática: animal, veterinaria, medicina veterinaria, zootecnia, pecuaria, producción animal, animales silvestres, animales acuáticos. Los archivos serán enviados al correo [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com). Los autores enviaran un Carta cediendo los derechos a Sergio Martínez González.

Costo por publicación: \$500.00 pesos mexicanos, que serán depositados una vez aceptado el video, a la Cuenta en Scotiabank (Número de SWIFT: MBCOMXMM, esto para depósitos internacionales), Cuenta Bancaria 01401150472, CLABE INTERBANCARIA 044560014011504728 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). Se extiende Constancia de Ponente e incluye a máximo seis autores. Coordinador del Congreso Virtual Abanico Veterinario Dr Sergio Martínez González.

**CONGRESO INTERNACIONAL ABANICO VETERINARIO** Es el congreso internacional de las ciencias veterinarias y zootécnicas (incluye animales acuáticos). Se realiza en Tepic Nayarit. En el marco de la Feria Nayarita.

<https://www.facebook.com/Congreso-Virtual-Abanico-Veterinario-1800503060182071/>



## 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 y DOI. Página web <http://sisupe.org/revistasabanico/>. 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.

### Alberto Taylor Preciado

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

### Benito Ramírez Valverde

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México.

### Francisco Escalera Valente

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

### Gianni Bianchi Olascoaga

Privado. Uruguay.

### Nadia Abad Matos

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba.

### Rafael Cervantes Beyra

Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

## EQUIPO DE CORRECCIÓN

### Juan Carlos Fuentes Muro

Coordinación de Asuntos Internacionales, Universidad Autónoma de Nayarit. México.

### 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 FERNÁNDEZ**

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

### **ADRIÁN 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 CÓRDOVA IZQUIERDO**

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

### **ALMIRA HOGESTEIJN REUL**

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

### **AMANDA CONSUELO DÍAZ MORENO**

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

### **ÁNGEL CARMELO SIERRA VÁSQUEZ**

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

### **ANGELA BORROTO PÉREZ**

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

### **BENITO RAMÍREZ 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 LÓPEZ**

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 JAVIER PEÑA JIMÉNEZ**

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

### **GIANNI BIANCHI OLASCOAGA**

Privado. Uruguay.

### **HÉCTOR SUÁREZ MAHECHA**

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

### **JORGE LUIS TÓRTORA PÉREZ**

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

### **JOSÉ LENIN LOYA OLGUIN**

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

### **JOSÉ LUIS PONCE COVARRUBIAS**

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

### **NALLELY RIVERO PÉREZ**

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

### **OSCAR AGUSTÍN 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 MARTÍNEZ GARCÍA**

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

### **ULISES MACÍAS CRUZ**

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

**ABANICO VETERINARIO 7(2) 2017  
CONTENIDO**

**Cintillo Legal 7**

**Editorial 8**

**Indicaciones para los autores 9**

**Indizada en 12**

**Suscripciones y pagos por publicación 13**

**ARTÍCULOS ORIGINALES**

**Uso de extracto enzimático de *Pleurotus ostreatus* sobre los parámetros productivos de cabras 14**

Use of enzymatic extract of *Pleurotus ostreatus* on production parameters of goats

**Efecto de la adición de oxitocina al semen en la infertilidad estacional de las cerdas 22**

Effect of the supplementation of oxytocin to the semen on the seasonal infertility of the sows

**Rendimiento en canal de corderos de pelo, alimentados con diferentes proporciones de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum* spp. 34**

Carcass yield of hair breed lambs fed with different levels of *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum* spp.

**Efecto del consumo de zinc orgánico en la respuesta productiva de la cerda y su camada 43**

Effect of organic zinc intake on the productive response of sows and their litter

**Utilización de aceites ozonizados para el tratamiento de heridas en bovinos de engorda 60**

Use of ozonized oils for the treatment of wounds in fattening bovine

**Efecto de la humedad en incubación sobre la incubabilidad y mortalidad embrionaria del pollo de engorda en el trópico seco mexicano 68**

Effect of incubator relative humidity on hatchability and embryonic mortality of broiler chicken in Mexican dry tropic

## CINTILLO LEGAL

Abanico Veterinario, Año 7, Volumen 7, No. 2, Mayo-Agosto 2017, 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 impreso 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 2017.

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 lectores y autores la revista ABANICO VETERINARIO, ya está aceptada en ContentEngine LLC <http://contentenginellc.com/>; además es evaluada por REDALYC; para en un futuro corto ingresar al INDEX de CONACYT, SCOPUS y a la WEB SCIENCE.

También se ha iniciado el **Congreso Virtual Abanico Veterinario** que tiene como objetivo publicar en VIDEOS los artículos aceptados o publicados en la revista ABANICO VETERINARIO y/o en el **CONGRESO INTERNACIONAL ABANICO VETERINARIO** sin costo; sin embargo, podrán publicarse cualquier video que cubra los criterios de arbitraje. <https://www.facebook.com/Congreso-Virtual-Abanico-Veterinario-1800503060182071/>

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: 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). El artículo será sometido a un software de originalidad y anti-plagio TURNITIN <http://www.conricyt.mx/> Todo artículo que este en la web será rechazado 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 y cuando la referencia tenga dirección electrónica se debe colocar 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 inferior, numerado con número arábigo, centrado, en Arial 10 y negrita y en el interior de la tabla Arial 8, con leyendas claras.

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 romano, 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**

### **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.** <http://dialnet.unirioja.es/>

**EBSCO- Academic Search.** <http://www.ebsco.com/>

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

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

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

### **LATINDEX. Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal**

<http://www.latindex.unam.mx/>

**BIBLAT. Bibliografía latinoamericana en revistas de investigación científica y social** <http://biblat.unam.mx/es/#carousel-biblat>

**REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico).**

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

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

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

**Revistas Electrónicas del Instituto de Investigaciones Biomédicas-UNAM.**

<http://www.revbiomedicas.unam.mx/>

**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>

## **INCLUIDA EN:**

**CONRICYT. Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica** <http://www.conricyt.mx/index>

**Google Académico.** <http://scholar.google.es/>

## SUSCRIPCIONES Y PAGOS POR PUBLICACIÓN

**Suscripciones y pagos por publicación** depositar en Scotiabank (Número de SWIFT: MBCOMXMM, esto para depósitos internacionales), Cuenta Bancaria 01401150472, CLABE INTERBANCARIA 044560014011504728 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).

Para suscripción anual (tres números) en formato electrónico \$150.00 con envíos a su correo electrónico e impreso \$300.00. Para envíos a otros países favor de comunicarse por correo electrónico. Por ser una revista de acceso abierto los autores pagarán \$2000.00 por cada publicación. Este pago incluye la traducción al inglés o al español, publicación en el **Congreso Virtual Abanico Veterinario** del Video grabado del artículo bajo los criterios de evaluación.

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

<http://www.erevistas.csic.es/>

<http://dialnet.unirioja.es/>

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

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

Artículo Original. Mayo-Agosto 2017; 7(2):14-21. Recibido: 17/02/2017 Aceptado: 06/04/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.1>

## Uso de extracto enzimático de *Pleurotus ostreatus* sobre los parámetros productivos de cabras

Use of enzymatic extract of *Pleurotus ostreatus* on production parameters of goats

Trejo-López Teresa [teretrejolopez.m.c@gmail.com](mailto:teretrejolopez.m.c@gmail.com), Zepeda-Bastida Armando [azepeda@uaeh.edu.mx](mailto:azepeda@uaeh.edu.mx), Franco-Fernández Jesús [mfranco@uaeh.edu.mx](mailto:mfranco@uaeh.edu.mx), Soto-Simental Sergio [sotos@uaeh.edu.mx](mailto:sotos@uaeh.edu.mx), Ojeda-Ramírez Deyanira [dojeda@uaeh.edu.mx](mailto:dojeda@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 y de correspondencia: Ayala-Martínez Maricela, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ave. Universidad s/n km 1. Tulancingo, Hidalgo.México.

### RESUMEN

La utilización de enzimas fibrolíticas exógenas comerciales (celulasas y xilanasas) ha sido ampliamente empleada en producción animal, con la finalidad de complementar la actividad de las enzimas endógenas, para lograr un incremento en la respuesta de producción de leche. En esta investigación se pretende utilizar como alternativa el uso de enzimas exógenas obtenidas del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* con el fin de evaluar los parámetros productivos de cabras. Los resultados mostraron que la inclusión en la dieta de este extracto enzimático, tuvo efecto sobre la ganancia diaria de peso, producción de leche y consumo de alimento. Lo que sugiere que el extracto enzimático obtenido del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*, puede ser una alternativa para mejorar los parámetros productivos de las cabras.

**Palabras clave:** leche, extracto enzimático, cabras.

### ABSTRACT

The use of commercial exogenous fibrolytic enzymes (cellulases and xylanases) has been widely used in animal production, in order to complement the activity of the endogenous enzymes, to achieve an increase in milk production response. In this research, we intend to utilize as an alternative the use of exogenous enzymes obtained from the spent substrate of *Pleurotus ostreatus* in order to evaluate the productive parameters of goats. The results showed that the inclusion in the diet of this enzymatic extract had an effect on daily weight gain, milk production, and consumption. This suggests that the enzymatic extract obtained from the spent substrate of *Pleurotus ostreatus* may be an alternative to improve the productive parameters of goats.

**Keywords:** milk, extract enzymatic, goat.

### INTRODUCCIÓN

Para obtener mejor producción en rumiantes es importante considerar el tipo de forraje que es consumido por estos, debido a que aunque cuentan con una gran variedad de enzimas fibrolíticas en el rumen (celulasas, xilanasas,  $\beta$ -glucanasas, pectinasas), que se encargan de intervenir en el proceso de degradación del material alimenticio; la presencia de compuestos indigestibles como la lignina, demeritan el aprovechamiento de los forrajes y con ello la producción de estos animales (González, 2002), tal es el caso de las

cabras producidas principalmente en zonas áridas y semiáridas, que en épocas de sequía consumen forrajes con poca digestibilidad, debido a la alta cantidad de lignina (Salinas *et al.*, 2015); por tal motivo, la utilización de enzimas fibrolíticas exógenas comerciales (celulasas y xilanasas) han sido ampliamente empleadas con la finalidad de complementar la actividad de las enzimas endógenas, demostrando un incremento en la respuesta de producción de leche (Beauchemin *et al.*, 2000; González, 2002), además de mejorar la ganancia de peso y condición corporal (Caja *et al.*, 2003).

Para obtener enzimas exógenas se han buscado diferentes alternativas que sean amigables con el medio ambiente y con la economía, como la propuesta por Sánchez *et al.*, (2015), quienes utilizaron sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*, ya que produce enzimas fibrolíticas que pueden degradar materiales lignocelulósicos, debido al complejo enzimático que forman (celulasas, xilanasas, ligninoperoxidasa (Lip), manganeso peroxidasa (MnP), lacasas y peroxidasa versátil (VP) (Sánchez *et al.*, 2015), con la finalidad de incrementar la disponibilidad de celulosa y hemicelulosa para los microorganismos ruminales (Van Kuijk *et al.*, 2015).

El objetivo del presente estudio fue evaluar los parámetros productivos de cabras alimentadas con extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El extracto enzimático se obtuvo del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*, el cual fue homogenizado y muestreado por cuarteo, hasta obtener 250 g, para ser mezclado con 500 mL de agua destilada; posteriormente se agitó vigorosamente, se filtró y la parte líquida se concentró en un rotavapor a 80 °C, 75 rpm, durante 1 h. Se evaluó la cantidad de proteína soluble (Bradford, 1976) contenida en el extracto enzimático, actividad enzimática de celulasa y xilanasas por la técnica de azúcares reductores, con el método del ácido dinitrosalisílico (Miller, 1959) modificado por Loera y Córdova (2003) y Márquez *et al.*, (2007) y lacasas por sistema de reacción de ABTS (2, 2' Azino-bis 3-etilbenzeno-thiazolina-6-ácido sulfónico) (Bourbonnais *et al.*, 1997; Márquez *et al.*, 2007).

Se incluyeron 50 mL de extracto enzimático (Cuadro 1 y 2) en 200 g de concentrado isoproteico (20% PC), isoenergético (2.6 Mcal kgMS<sup>-1</sup>) e isofibroso (14.7% FDN, 8.4% FDA y 1.7% Lignina); para conformar cuatro tratamientos (0, 0.625, 1.25 y 2.5 g de extracto enzimático seco). Se utilizaron 24 cabras distribuidas completamente al azar en cuatro tratamientos, el concentrado fue ofrecido durante la ordeña diariamente, antes de que salieran a pastoreo, durante 15 d de adaptación y 45 d de experimentación. Se midió consumo d<sup>-1</sup>, ganancia diaria de peso (GDP) y producción de leche d<sup>-1</sup>.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos tuvieron un arreglo completamente al azar y se analizaron por medio de un procedimiento GLM; para la comparación de medias se utilizó una prueba de Tukey con una probabilidad de  $P < 0.05$ , con el programa estadístico IBM SPSS 2011 (SPSS, 2011) y Sigma Plot 10 (Sigmaplot, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* presentó mayor cantidad de proteína soluble, actividad enzimática de xilanasas y celulasas (Cuadro 1) a lo reportado por Ayala *et al.*, (2011), en un extracto enzimático obtenido de sustrato gastado de *Agaricus bisporus* a diferentes días de cultivo, de manera contraria la actividad de lacasa (Cuadro 2). Sin embargo, Arce *et al.*, (2013a) obtuvieron valores inferiores de xilanasas, celulasas y lacasas, al evaluar el extracto de enzimas lignocelulolíticas de un basidiomiceto, *Fomes sp. EUM1*. Por otro lado, Márquez *et al.*, (2007) quienes realizaron un estudio de *Pleurotus ostreatus IE8* a diferentes días de fermentación, reportaron una actividad enzimática inferior a lo obtenido en esta investigación.

Parámetro	UI MS g <sup>-1</sup>
Xilanasas <sup>1</sup>	32227.72± 1565.06
Celulasas <sup>1</sup>	69.03± 48.59
Proteína <sup>2</sup>	10307.42± 3700.45

<sup>1</sup>= Unidad internacional (UI) para xilanasas y celulasas como la cantidad de enzima que libera 1 µmol de azúcar reductor (expresado como equivalentes de xilosa y glucosa) por min.

<sup>2</sup>= µg MS g<sup>-1</sup>= Microgramo por g de materia seca

UI MS g<sup>-1</sup>= Unidades internacionales por gramo de materia seca

**Cuadro 1. Proteína soluble, actividad enzimática de xilanasas y celulasas de extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*.**

Semana	UI MS g <sup>-1</sup>
1	4535.41 ± 1040.03 <sup>a</sup>
2	1868.05 ± 408.55 <sup>b</sup>
3	2684.02 ± 584.34 <sup>ab</sup>
4	3029.16 ± 273.02 <sup>ab</sup>
5	2450.69 ± 472.38 <sup>ab</sup>
6	2366.66 ± 223.91 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup> = Literales indican diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ). Unidad internacional (UI) definida como la cantidad de enzima que produce 1 µmol de sustrato oxidado por min.

UI MS g<sup>-1</sup>= Se considera una unidad internacional por gramo

Media ± error estándar.

**Cuadro 2. Actividad enzimática de lacasas obtenidas del extracto enzimático del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*.**

Considerando que el peso inicial y el peso final de las cabras (Cuadro 3) no fueron diferentes ( $P>0.05$ ), el extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* aumentó ( $P<0.05$ ) la ganancia diaria de peso a partir de la semana cuatro (Cuadro 4), lo cual coincidió con lo reportado por González (2002), quien obtuvo un incremento del peso vivo de cabras en lactación al incluir en su alimentación enzimas comerciales Promote®. Al igual que lo obtenido por Bueno *et al.*, (2013), quienes ofrecieron altas dosis de enzimas fibrolíticas (Fibrozyme®) a corderos alimentados con paja de avena, Arce *et al.*, (2013b) quienes ofrecieron extracto lignocelulótico de basidiomiceto *Fomes* sp. EUM1, el cual fue esparcido sobre el alimento de corderos, encontrando mejoras sobre la ganancia diaria de peso de los corderos y Torres *et al.*, (2013), quienes evaluaron enzimas fibrolíticas de *Trichoderma longibrachiatum*, *Fomes fomentarius* y *Cellulomonas flavigena*, sobre el crecimiento de corderos utilizando 60% de forraje.

Tratamiento	Peso inicial	Peso final kg	Ganancia de peso total
0	41.83 ± 5.70	43.83 ± 8.90	2.00 ± 4.39
0.63	43.50 ± 3.92	49.33 ± 3.98	5.83 ± 2.11
1.25	37.66 ± 5.01	42.91 ± 5.46	5.25 ± 6.69
2.5	40.66 ± 5.71	43.33 ± 6.28	2.66 ± 2.33

Media ± error estándar

**Cuadro 3. Parámetros productivos de cabras que consumieron extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en su alimentación.**

Tratamiento	Ganancia diaria de peso (g)					
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
0	0.14±0.25 <sup>a</sup>	-0.08±0.08 <sup>a</sup>	0.32±0.09 <sup>a</sup>	0.00±0.09 <sup>b</sup>	0.28±0.10 <sup>a</sup>	0.04±0.05 <sup>b</sup>
0.63	0.32±0.18 <sup>a</sup>	-0.25±0.09 <sup>a</sup>	0.26±0.07 <sup>a</sup>	0.19±0.07 <sup>a</sup>	0.14±0.10 <sup>ab</sup>	0.19±0.10 <sup>a</sup>
1.25	0.35±0.29 <sup>a</sup>	-0.18±0.17 <sup>a</sup>	0.23±0.07 <sup>a</sup>	0.07±0.05 <sup>ab</sup>	0.23±0.07 <sup>a</sup>	0.06±0.11 <sup>b</sup>
2.50	0.19±0.22 <sup>a</sup>	-0.35±0.53 <sup>a</sup>	0.16±0.09 <sup>a</sup>	0.10±0.04 <sup>ab</sup>	0.03±0.09 <sup>b</sup>	0.06±0.04 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>=Literales diferentes en filas, indican diferencia significativa entre tratamientos ( $P<0.05$ ).

Media ± error estándar

**Cuadro 4. Ganancia diaria de peso semanal de cabras que consumieron extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en su alimentación.**

En el cuadro 5 se muestra que la producción de leche de cabras en pastoreo que consumieron extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* aumentó ( $P<0.05$ ) en las primeras tres semanas, lo cual difiere con lo reportado por González (2002), quien encontró que la producción de leche en cabras no se ve afectada al suplementar con un complejo enzimático de xilanasas y por El-Aziz *et al.*, (2012) quienes encontraron que al incluir enzimas fibrolíticas (fabricadas a partir de fuentes naturales de bacterias ruminales anaeróbicas, patente 22155, Molecular Biology Lab., Ain Shams University, El Cairo, Egipto) no se incrementó la producción de leche de búfalas lactantes.

De manera contraria a lo obtenido por Kholif *et al.*, (2015) quienes reportaron un aumento en la producción de leche en cabras que se alimentaron con preparaciones enzimáticas de Asperozym®, ASP y Tomoko®, TOM.

Tratamiento	Producción de leche (L)					
	0	0.46±0.40 <sup>b</sup>	0.99±0.76 <sup>b</sup>	1.19±0.82 <sup>b</sup>	0.72±0.69 <sup>b</sup>	0.75±0.77 <sup>a</sup>
0.63	2.17±0.57 <sup>a</sup>	2.23±0.49 <sup>a</sup>	2.39±0.56 <sup>a</sup>	2.29±0.79 <sup>a</sup>	0.74±0.86 <sup>a</sup>	0.53±0.73 <sup>a</sup>
1.25	0.71±0.19 <sup>b</sup>	1.39±0.44 <sup>ab</sup>	1.22±0.23 <sup>ab</sup>	1.43±0.63 <sup>ab</sup>	1.46±0.64 <sup>a</sup>	1.77±0.80 <sup>a</sup>
2.5	1.34±0.70 <sup>ab</sup>	0.94±0.36 <sup>b</sup>	1.46±0.47 <sup>ab</sup>	1.83±0.48 <sup>ab</sup>	1.55±0.51 <sup>a</sup>	1.32±0.61 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>= Literales diferentes en filas, indican diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05).

Media ± error estándar

**Cuadro 5. Producción de leche de cabras que consumieron extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en su alimentación.**

El consumo (Cuadro 6) del concentrado no fue diferente (P<0.05) a partir de la semana cuatro, como lo indican Dean *et al.*, (2013), quienes encontraron que al incluir enzima fibrolítica comercial Promote® en la dieta de vacas lecheras, el consumo no fue afectado; al igual que Vargas *et al.*, (2013), quienes incluyeron diferentes niveles de enzimas exógenas Fibrozyme® en dietas de novillos. A diferencia de lo reportado por Salem *et al.*, (2015), quienes incluyeron un coctel enzimático (ZAD1®, ZAD2® y ZADO®) sobre un arbusto forrajero *Atriplex halimus*, consumido por ovejas, las cuales disminuyeron su consumo, al igual que lo encontrado por Kholif *et al.*, (2014), quienes sustituyeron *Trifolium alexandrinum* por paja de arroz tratada con *Pleurotus ostreatus* en dietas para cabras lactantes.

Tratamiento	Consumo de concentrado kg			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4 a 6
0	1.30±0.16 <sup>b</sup>	1.31±0.20 <sup>a</sup>	1.26±0.10 <sup>b</sup>	
0.63	1.40±0.00 <sup>a</sup>	1.36±0.08 <sup>a</sup>	1.38±0.04 <sup>a</sup>	
1.25	1.31±0.16 <sup>b</sup>	1.40±0.00 <sup>a</sup>	1.40±0.00 <sup>a</sup>	1.40±0.00 <sup>a</sup>
2.5	1.31±0.20 <sup>b</sup>	1.33±0.16 <sup>a</sup>	1.36±0.08 <sup>ab</sup>	

<sup>a,b</sup>= Literales diferentes en filas, indican diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05).

Media ± error estándar

**Cuadro 6. Consumo de concentrado con extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus*, de cabras en pastoreo.**

## CONCLUSIÓN

La inclusión de extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en el concentrado de cabras en pastoreo, tiene efecto positivo sobre la producción de leche y la ganancia diaria de peso.

## IMPLICACIONES

Aunque la inclusión de extracto enzimático de sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en el concentrado ofrecido durante la ordeña de cabras en pastoreo afecta positivamente la producción láctea y la ganancia diaria de peso; es necesario utilizarlo en cabras en confinamiento para evaluar si el efecto sería el mismo.

## LITERATURA CITADA

ARCE CO, Mendoza G, Miranda LA, Meneses M, Loera O. 2013a. Efficiency of Lignocellulolytic Extracts from Thermotolerant Strain *Fomes* sp. EUM1: Stability and Digestibility of Agricultural Wastes. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15:229 - 240.

[http://jast.modares.ac.ir/pdf\\_4946\\_2275679f839ed6f8c466fd13a9b7086d.html](http://jast.modares.ac.ir/pdf_4946_2275679f839ed6f8c466fd13a9b7086d.html)

ARCE CO, Mendoza GD, Hernández PA, Meneses M, Torres SN, Loera O. 2013b. The Effects of a Lignocellulolytic Extract of *Fomes* sp. EUM1 on the Intake, Digestibility, Feed Efficiency and Growth of Lambs. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 13: 363-372. Print ISSN: 0972-2963. Online ISSN: 0974-181X.

AYALA MM, González MSS, Pinos RJM, Vázquez C, Meneses MM, Loera CO, Mendoza GD. 2011. Fibrolytic potential of spent compost of the mushroom *agaricus bisporus* to degrade forages for ruminants. *African Journal of Microbiology research*. 5(3): 241-249. [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI\\_NutrMinRum/Maric\\_Ayala/1.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_NutrMinRum/Maric_Ayala/1.pdf)

BEAUCHEMIN KA, Rode LM, Maekawa M, Morgavi DP, Kampen R. 2000. Evaluation of a nonstarch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science*. 83:543 – 553. DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74914-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74914-9)

BOURBONNAIS R, Paice G, Freiermuth MB, Bodie E, Borneman S. 1997. Reactivities of various mediators and lacasses with kraft pulp and lignin model compounds. *Applied Environment Microbiology*. 63:4627 – 4632. <http://aem.asm.org/content/63/12/4627.full.pdf>

BUENO LA, Mendoza MGD, Hernández GPA, Martínez GJA, Plata PFX. 2013. Evaluation of High Doses of Exogenous Fibrolytic Enzymes in Lambs Fed an Oat Straw Based Ration. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 13: 355-362. Print ISSN: 0972-2963 Online ISSN: 0974-181X.

BRADFORD MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytic Biochemical*. 72:248 – 254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

CAJA G, González E, Flores C, Carro MD, Albanell E. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 18 pag. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/02-alternativas\\_a\\_los\\_antibioticos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/02-alternativas_a_los_antibioticos.pdf)

DEAN DB, Staples CR, Littell RC, Kim S, Adesogan AT. 2013. Effect of Method of Adding a Fibrolytic Enzyme to Dairy Cow Diets on Feed Intake Digestibility, Milk Production, Ruminant Fermentation, and Blood Metabolites. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 13: 337-353.

[https://www.researchgate.net/publication/260001238\\_Effect\\_of\\_Method\\_of\\_Adding\\_a\\_Fibrolytic\\_Enzyme\\_to\\_Dairy\\_Cow\\_Diets\\_on\\_Feed\\_Intake\\_Digestibility\\_Milk\\_Production\\_Ruminal\\_Fermentation\\_and\\_Blood\\_Metabolites](https://www.researchgate.net/publication/260001238_Effect_of_Method_of_Adding_a_Fibrolytic_Enzyme_to_Dairy_Cow_Diets_on_Feed_Intake_Digestibility_Milk_Production_Ruminal_Fermentation_and_Blood_Metabolites)

EL-AZIZ AM, Kholif SM, Morsy TA. 2012. Buffalo's Milk Composition and Its Fat Properties as Affected by Feeding Diet Supplemented with Flaxseed or Fibrolytic Enzymes in Early Lactation. *Journal of Life Sciences*. 4(1):19-25. <http://www.krepublishers.com/02-Journals/JLS/JLS-04-0-000-12-Web/JLS-04-1-000-12-Abst-PDF/JLS-04-1-019-12-130-EI-Aziz-M-A/JLS-04-1-019-12-130-EI-Aziz-M-A-Tt.pdf>

GONZÁLEZ GE. 2002. Use of fibrolytic enzymes in dairy goats. In vitro evaluation of activity and fermentative characteristics. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Bellaterra, Barcelona. España. 77p.

KHOLIF AE, Khattab AM, El-Shewy AA, Salem AZM, Kholif AM, El-Sayed MM, Gado HM, Mariezcurrena MD. 2014. Nutrient Digestibility, Ruminant Fermentation Activities, Serum Parameters and Milk Production and Composition of Lactating Goats Fed Diets Containing Rice Straw Treated with *Pleurotus ostreatus*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 27(3):357-364. DOI: 10.5713/ajas.2013.13405

KHOLIF SM, Morsy TA, Matloup OH, Ebeid HM, El-Kader MKA. 2015. Effects of Crushed Linseed or Linseed Oil Supplementation on Performance of Dairy Goats and Fatty Acid Profile in Milk. *Life Science Journal*. 12(2s). DOI: 10.12816/0016602

LOERA O, Cordova J. 2003. Improvement of xylanase production by a parasexual cross between *Aspergillus niger* strains. *Brazilian Archive Biology Technology*. 46:177–181. <http://www.scielo.br/pdf/babt/v46n2/16283.pdf>

MÁRQUEZ AT, Mendoza MGD, González MSS, Buntinx DSE, Loera CO. 2007. Actividad fibrolítica de enzimas producidas por *Trametes* sp. EUM1, *Pleurotus ostreatus* IE8 y *Aspergillus niger* AD96.4 en fermentación sólida. *Interciencia*. 32(11):780–785. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33901110.pdf>

MILLER GM. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytic Chemical*. 31:426–428. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ac60147a030>

SALEM AZM, Alsersy H, Camacho LM, El-Adawy MM, Elghandour MMY, Kholif AE, Rivero N, Alonso MU, Zaragoza A. 2015. Feed intake, nutrient digestibility, nitrogen utilization, and ruminal fermentation activities in sheep fed *Atriplex halimus* ensiled with three developed enzyme cocktails. *Czech Journal of Animal Science*. 60(4):185–194. <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/150686.pdf>

SALINAS GH, Maldonado JA, Torres HG, Triana GM, Isidro RLM, Meda AP. 2015. Compositional quality of local goat milk in the Comarca Lagunera of Mexico. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 14(2):175–184. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455544908001>

SÁNCHEZ SP, Meneses MM, Torres SN 2015. Production of Lignocellulolytic Enzymes with *Pleurotus ostreatus*-IE8 by Solid Fermentation and its Effect on the Chemical Composition of Sugarcane Bagasse. *Life Science Journal*. 12(2s):37–41. [http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1202s15/006\\_A00376life1202s15\\_LifeSI26\\_37\\_41.pdf](http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1202s15/006_A00376life1202s15_LifeSI26_37_41.pdf)

SIGMAPLOT. 2006. Sigmaplot. Systat Software. Ver. 10. Inc. Sigmaplot for Windows.

SPSS. 2011. Manual de usuario del sistema básico de IBM SPSS Statistics 20. IBM. USA.

TORRES N, Mendoza GD, Bárcena R, Loera O, González S, Aranda E, Hernández PA, Crosby M. 2013. Effects of Various Fibrolytic Enzyme Extracts on Digestibility and Productive Performance of Lambs Fed a Forage-Based Diet. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 13: 381-389. Print ISSN: 0972-2963. Online ISSN: 0974-181X

VAN KUIJK SJA, Sonnenberg ASM, Baars JJP, Hendricks WH, Cone JW. 2015. Fungal treated lignocellulosic biomass as ruminant feed ingredient: A review. *Biotechnology Advances*. 33:191–202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.014>

VARGAS JM, Mendoza GD, Rubio LMS, Castrejón FA. 2013. Effect of Exogenous Fibrolytic Enzymes on the Carcass Characteristics and Performance of Grain-Finished Steers. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 13:435-439. <http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/public/EXOGENOUS-ENZYMES-in-ANIMAL-NUTRITION.pdf>

### **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo fue financiado por SEP-PROMEP con número de asignación DSA/103.5/16/10281.

Artículo Original. Mayo-Agosto 2017; 7(2):22-33. Recibido: 15/02/2016 Aceptado: 07/04/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.2>

## Efecto de la adición de oxitocina al semen en la infertilidad estacional de las cerdas

Effect of the supplementation of oxytocin to the semen on the seasonal infertility of the SOWS

Romo-Valdez J [romo\\_14@hotmail.com](mailto:romo_14@hotmail.com) Romo-Rubio J\* [romo60@uas.edu.mx](mailto:romo60@uas.edu.mx) Barajas-Cruz R [rubar@uas.edu.mx](mailto:rubar@uas.edu.mx) Güémez-Gaxiola H<sup>1</sup> [hectorguem@gmail.com](mailto:hectorguem@gmail.com) Rodríguez-Gaxiola M [m\\_angel2412@hotmail.com](mailto:m_angel2412@hotmail.com) Urías-Castro C [el\\_magnum1@hotmail.com](mailto:el_magnum1@hotmail.com)

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

\*Autor responsable y de correspondencia: Romo-Rubio Javier. 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.

### Resumen

Para determinar el efecto de la adición de oxitocina al semen en el desempeño reproductivo de las cerdas servidas durante la época de verano-otoño, se utilizaron 223 cerdas multíparas híbridas, asignadas a uno de dos tratamientos en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos fueron: 1) Testigo (n = 111), cerdas inseminadas con dosis seminales reducidas ( $1.5 \times 10^9$  espermatozoides en 40 mL de diluyente), y 2) Grupo de prueba (n = 112), testigo más la adición de 4 UI de oxitocina antes del servicio. Las cerdas fueron inseminadas entre junio y octubre de 2012, usando la técnica de inseminación post-cervical. El número de lechones nacidos totales (LNT) y nacidos vivos (LNV) fueron registrados al parto, a los que se le aplicó un ANDEVA ( $P < 0.05$ ). La tasa de parto fue comparada por análisis de  $X^2$ , utilizando tablas de contingencia 2 x 2. La adición de oxitocina al semen no modificó ( $P > 0.05$ ) el tamaño de camada (11.03 vs. 10.78 LNT; 9.83 vs. 9.62 LNV). La adición de 4 UI de oxitocina al semen antes de la inseminación mejoró ( $P = 0.03$ ) en 9.07 % la tasa de parto (84.68 vs. 93.75%). Se concluye que la adición de 4 UI de oxitocina a dosis seminales reducidas mejora la tasa de parto en hembras inseminadas durante la época cálida.

**Palabras clave:** tasa de parto, tamaño de camada, oxitocina, cerda.

### Abstract

To determine the effect of oxytocin addition to semen on the performance of sows served, during summer-autumn, 223 multi parturient hybrid sows were utilized, assigned to one of two treatments in a completely randomized design. Treatments were: 1) Control (n = 111), sows inseminated with a reduced semen dosage ( $1.5 \times 10^9$  viable sperms cells in 40 mL of diluent), and 2) Test group (n = 112) Control plus the addition of 4 IU oxytocin to semen before service. Sows were inseminated from June to October 2012, using the technique of post cervical artificial insemination. The total number born piglet (TBP) and total number alive born (TAB) were registered at calving, those who were compared by ANOVA ( $P < 0.05$ ). The farrowing rate was compared by  $X^2$  analyses, using 2 x 2 contingency tables. The addition of oxytocin to semen doses did not change ( $P > 0.05$ ) litter size (11.03 vs. 10.78 TBP; 9.83 vs. 9.62 TAB). The 4 IU oxytocin addition to semen before service improved ( $P = 0.03$ ) by 9.07 % the farrowing rate (84.68 vs. 93.75%). It is concluded that the addition of 4 IU of oxytocin to the reduced seminal doses, improves farrowing rate in sows inseminated during the warm season.

**Keywords:** Farrowing rate, litter size, oxytocin, sow.

## INTRODUCCIÓN

El uso de la inseminación artificial (IA) es una práctica que se ha generalizado en las granjas porcinas comerciales; actualmente a nivel de campo, se usan tres técnicas: la IA intra cervical (IAIC), la IA post-cervical o IA intrauterina (IAPC o IAIU) y la IA intra uterina profunda (IAIUP). La diferencia entre las dos últimas es el lugar en donde es depositado el semen. En la IAPC el esperma se deposita en el cuerpo del útero, en tanto que en la IAIUP el semen es depositado en el segmento proximal de un cuerno uterino; ambas técnicas permiten reducir el número de espermatozoides, así como el volumen de las dosis seminales, respecto de la técnica de IAIC (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012). En este último caso, la cantidad de células viables por dosis va de  $2.5 - 4 \times 10^9$  espermatozoides por inseminación, en un volumen de 70 – 100 ml de conservador (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012). La técnica de IAIUP permite reducir las dosis seminales a  $0.15 \times 10^9$  espermatozoides viables por 5 ml de diluyente (Dimitrow *et al.*, 2007), sin modificar la tasa de parto en comparación con la IAIC; aunque disminuye el número de lechones por camada. En tanto que en la IAPC se pueden utilizar de  $1 - 1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables en un volumen de 26 – 40 ml de diluyente, con resultados de comportamiento reproductivo de las cerdas similares a los obtenidos con el uso de la IAIC (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012).

Además, el uso de las técnicas de IAPC y IAIUP disminuye el reflujo de semen (Vázquez *et al.*, 2008), lo que pudiera afectar los parámetros reproductivos de las cerdas.

Independientemente de la técnica de IA que se utilice, el objetivo final del protocolo de cruzamiento, es tener un número suficiente de células espermáticas viables en el oviducto, antes de la ovulación (Brüssow *et al.*, 2014). Cualquier acción que reduzca este reservorio puede comprometer la fertilidad (Brüssow *et al.*, 2008). Al respecto, cuando se utiliza la IA, se ha observado una menor cantidad de células espermáticas en el reservorio (en la unión útero-tubárica), debido a una inadecuada estimulación de la cerda durante y después de la inseminación, lo que resulta en una disminución de la cantidad de contracciones miométriales, ocasionando un pobre transporte de células espermáticas hacia el oviducto (Langendijk *et al.*, 2005).

La oxitocina se ha relacionado con el reflejo de monta, fertilización y contracción del músculo blanco del miometrio durante la cópula, sugerido que esta hormona peptídica está involucrada en el transporte del esperma en los animales domésticos (Clough *et al.*, 2006). También se ha informado que la cerda muestra una estacionalidad reproductiva que se manifiesta en una reducción de la fertilidad durante los periodos de verano y otoño (van Rensburg y Spencer, 2014; Knecht y Duziński, 2014; Lida y Koketsu, 2016). Se ha sugerido que el comportamiento reproductivo de la especie porcina depende en gran medida del fotoperiodo (Knecht *et al.*, 2013), la temperatura (Nardone *et al.*, 2010) y la combinación de temperatura, así como la humedad ambiental (Suriyasomboon *et al.*,

2006; Auvigne *et al.*, 2010). En este sentido, se ha observado que durante el verano disminuye la tasa de parto, se alarga el periodo de destete a estro, un mayor porcentaje de cerdas repite estro, disminuye el tamaño de camada (Suriyasomboon *et al.*, 2006) y hay más abortos (Bertoldo *et al.*, 2009). Todas estas manifestaciones son observadas de junio a noviembre en el hemisferio norte (Auvigne *et al.*, 2010).

Para mejorar el desempeño reproductivo de la cerda durante la época de infertilidad, se ha utilizado la adición de oxitocina a las dosis seminales (Peña *et al.*, 1998); al respecto se ha publicado que la adición de 5 UI de oxitocina a las dosis seminales, mejora la tasa de parto y tamaño de la camada de las cerdas inseminadas, durante la época de verano y otoño (Duzinski *et al.*, 2014); sin embargo, algunos estudios han mostrado resultados contradictorios sobre la tasa de parto, tamaño de camada y calidad espermática de especies animales, al tratarlas con oxitocina (Duzinski *et al.*, 2013; Cigdem y Ergun, 2015).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la adición 4 UI de oxitocina a dosis seminales reducidas al momento de la inseminación, en el desempeño reproductivo de las cerdas durante la época de verano-otoño.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Localización del área:** el estudio se realizó bajo condiciones de campo, en la granja porcina “La Huerta” localizada en el municipio de Culiacán, Sinaloa; durante los meses de junio a octubre de 2012. La temperatura promedio registrada durante este periodo, en la estación meteorológica más cercana (Aguaruto, Culiacán), fue de 28.8 °C y humedad relativa de 69.8 % (CIAD, 2012).

**Diseño experimental:** se utilizaron 223 cerdas multíparas híbridas, las cuales fueron asignadas a uno de dos tratamientos en un diseño experimental completamente al azar; los tratamientos consistieron en: 1) Testigo (n = 111), cerdas inseminadas, utilizando la técnica de inseminación artificial post-cervical, con una dosis reducida de semen sin adición de oxitocina ( $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables en 40 ml de conservador); 2) Grupo de prueba (n = 112), tratamiento similar al testigo más la adición de 4 UI de oxitocina.

**Manejo de las cerdas postdestete:** las cerdas multíparas usadas fueron destetadas a los 21 días después del parto y alojadas en corrales colectivos totalmente sombreados, en grupos no mayores de 20 hembras, con un espacio de 3.5 m<sup>2</sup>/animal, en donde tuvieron acceso libre al alimento (dieta a base de sorgo-pasta de soya, con 14% PC, 3.2 Mcal de EM) y agua de bebida. La detección de celo se realizó diariamente, por la mañana y por la tarde, permitiendo que la cerda tuviera contacto nariz con nariz con un semental maduro y aplicando presión sobre el lomo.

Se consideró a la cerda en estro cuando manifestó el reflejo de aceptación del macho y por el enrojecimiento y turgencia de la vulva. Una vez detectadas en celo, las cerdas se alojaron en jaulas de gestación individuales en donde fueron inseminadas. Durante su estancia en el área de gestación las cerdas recibieron alimentación restringida a 1.8 kg de alimento/día, servido por la mañana entre las 07:00 y 08:00 h.

**Inseminación artificial post-cervical:** la inseminación fue realizada con un kit comercial de catéter y cánula para inseminación post-cervical, que consiste de 72 cm de cánula flexible insertada dentro de un catéter cervical convencional. Las cerdas fueron inseminadas a las 12, 24 y 36 horas después de detectado el celo (tres inseminaciones por cerda). Las dosis seminales fueron de  $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables en 40 ml de conservador, adicionadas o no con 4 UI de oxitocina inmediatamente antes de la inseminación.

El semen utilizado fue adquirido en la empresa PIC®; el estándar de calidad del semen utilizado fue: motilidad total mayor o igual al 80 %, espermatozoides normales mayor o igual al 70 %, gotas citoplasmáticas menos de 15 % y aglutinación menos de 30 %. Las dosis seminales fueron utilizadas dentro de las 12 y 72 horas después de su elaboración. El retorno al estro fue evaluado usando la estimulación sexual de un semental sexualmente activo, a partir de los 18 a los 24 días después de la inseminación. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonido a los 35 días post inseminación.

**Mediciones:** a los 110 días de gestación las cerdas fueron trasladadas a salas de maternidad cerradas con ventilación forzada, y alojadas en jaulas individuales. Al momento del parto se registró el total de lechones nacidos y lechones nacidos vivos por camada. La tasa de parto se determinó con base en la proporción de cerdas paridas en relación con el número de cerdas inseminadas en cada tratamiento.

**Análisis estadístico:** a los resultados de tamaño de camada se les aplicó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar (Steel y Torrie, 1985), utilizando el módulo de análisis de Varianza/covarianza del procedimiento para Modelos Lineales Generales de la Versión 8, del Paquete Estadístico Statistix®, fijándose un alfa máximo de 0.05 para aceptar diferencia estadística y se consideró a cada cerda como la unidad experimental. A la tasa de parto se le aplicó un análisis de  $X^2$ , utilizando tablas de contingencia 2 x 2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la adición de 4 UI de oxitocina a las dosis seminales reducidas ( $1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables en 40 ml de diluyente), justo antes de la inseminación artificial post cervical (IAPC), de las cerdas durante la estación de verano-otoño en el desempeño reproductivo; se muestran en los Cuadros 1 y 2.

La tasa de parto (ver Cuadro 1) durante la época de verano-otoño fue mejorada ( $P = 0.03$ ) por la adición de 4 UI de oxitocina a las dosis seminales. Estudios previos han mostrado que la adición de oxitocina a las dosis seminales mejora particularmente la tasa de parto.

En el presente estudio, la tasa de parto del grupo de prueba fue de 93.75 % vs. 84.68 % del grupo testigo; mejorando en 9.07 % este parámetro reproductivo. Estos resultados coinciden con lo observado por Peña *et al.* (1998), quienes observaron un aumento en la tasa de parto (73.02 vs. 54.39 %), al adicionar oxitocina a las dosis seminales durante la estación de verano. En ese estudio la IA se realizó de manera intra cervical, utilizando una dosis seminal de 100 ml y  $3 \times 10^9$  espermatozoides viables. En estudio similar, Pandur *et al.* (2012a), observaron una mejora ( $P < 0.05$ ) del 7.25 % (76.19 % vs. 68.95 %), en la tasa de parto en cerdas Large White, que fueron inseminadas con dosis seminales conteniendo 4 UI de oxitocina.

La diferencia tan marcada en la tasa de fertilidad observada en esos estudios con respecto a los resultados de nuestro trabajo, pudo deberse a la baja tasa de fertilidad de las cerdas utilizadas en los experimentos, o la técnica de inseminación utilizada y número de células espermáticas viables utilizadas por dosis; dado que con la IA intra cervical se tiene un mayor reflujo de semen (Vázquez *et al.*, 2008), lo que pudo haber limitado el transporte de un mayor número de espermatozoides a la región útero-tubárica.

En estudios posteriores, en donde se utilizó la técnica de IAIC con una mayor cantidad de espermatozoides viables por dosis adicionadas con oxitocina, la tasa de parto observada en las cerdas fue mayor. Duzinski *et al.* (2013), informaron que la adición de 5 UI de oxitocina a las dosis seminales ( $3.5 \times 10^9$  espermatozoides en 100 ml de diluyente), mejoró en 30.5 % (94.5 vs. 63.9 %) la tasa de parto en cerdas después de la IA durante la temporada de verano; la aplicación intramuscular de 5 UI de oxitocina no modificó este parámetro reproductivo (71.43 % vs. 69.3 %), sugiriendo que la estimulación de la contracción muscular del útero es más mayor cuando la oxitocina se adiciona al semen inmediatamente antes de la inseminación.

En un trabajo posterior, Duzinski *et al.* (2014), informaron que la adición de 5 UI de oxitocina al semen justo antes de la IA intra cervical (dosis con  $3.5 \times 10^9$  espermatozoides en 100 ml de diluyente), mejoró en 6.35 % (92 % vs. 85.65 %) la tasa de parto en las cerdas durante las estaciones de verano y otoño. También Okazaki *et al.* (2014) comunicaron una mayor tasa de parto ( $P < 0.05$ ; 87.5 % vs. 70.5 %) en cerdas que fueron inseminadas con dosis seminales ( $5 \times 10^9$  espermatozoides en 50 ml de diluyente) adicionadas con 5 UI de oxitocina. Sin embargo, Pandur *et al.* (2012b), no observaron mejoras ( $P > 0.05$ ) en la tasa de parto en cerdas Duroc, inseminadas con dosis seminales ( $2.5 \times 10^9$  espermatozoides en 80 ml de diluyente) adicionadas con 4 UI de oxitocina; en dicho estudio el grupo experimental tuvo una tasa de parto del 72.33 % vs. 65.77 % del grupo testigo.

También se han demostrado los efectos positivos de la adición de oxitocina al semen en el momento de la IA en ratas (Nakata *et al.*, 2012). Okazaki *et al.* (2014), concluyeron que

la adición de oxitocina a dosis seminales líquidas ayudan en el transporte del esperma desde el útero al oviducto, lo que resulta en un mejor desempeño reproductivo. Además, se ha sugerido que la oxitocina está involucrada en el transporte del esperma en los animales domésticos (Clough *et al.*, 2006); fundamentalmente por la estimulación de la contracción del músculo liso del aparato reproductor de la hembra, ya que no se ha observado que mejore la movilidad de las células espermáticas (Okazaki *et al.*, 2014; Cebi y Akcay, 2015).

La mejora observada en la tasa de parto en el presente estudio, sugiere que la adición de oxitocina a las dosis seminales, previo a la IA, induce la contracción uterina inmediatamente después de la IA, favoreciendo el transporte de los espermatozoides en el tracto reproductor de la cerda, lo que asegura una mayor cantidad de espermatozoides viables en la unión útero-tubárica para la fertilización de los óvulos.

Las cerdas utilizadas en el presente estudio estuvieron expuestas a un THI = 79.5, lo que de acuerdo con Mader *et al.* (2006), estuvieron expuestas a estrés calórico. Al respecto se sabe que los animales homeotérmicos tienen una zona termoneutral, donde mantienen la temperatura corporal normal, con un gasto energético mínimo. La temperatura ambiente elevada, la radiación solar y la velocidad del viento elevan la temperatura efectiva del ambiente por encima de la zona termoneutral de los animales domésticos. Por lo tanto, la temperatura corporal del animal excede la zona termoneutral, y la carga térmica total rebasa la capacidad del animal para la disipación del calor (Bernabucci *et al.*, 2010), provocando en el animal estrés calórico. La temperatura ambiental elevada disminuye el consumo de alimento, la producción de leche y el desempeño reproductivo de las cerdas (Lewis y Bunter, 2011). Cuando la temperatura ambiental es acompañada de humedad relativa alta, el efecto de la temperatura ambiental es más pronunciado, debido a la menor disipación de calor por evapotranspiración (Marai *et al.*, 2007). El estrés por calor afecta la mayoría de los aspectos de la función reproductiva del macho y de la hembra, tales como: la tasa de gestación, ciclo estral, mortalidad embrionaria, motilidad espermática, así como la mortalidad y anomalías de los espermatozoides. Al respecto varias revisiones detallan los rasgos reproductivos afectados por el estrés calórico (Marai *et al.*, 2007; Hansen, 2009). Además, los animales seleccionados por su alto potencial productivo son menos tolerantes al calor que los animales con bajo potencial productivo (Najar *et al.*, 2010). Asimismo se ha informado que en las cerdas disminuye la fertilidad durante las estaciones de verano y otoño (Bertoldo *et al.*, 2012; Bloemhof *et al.*, 2013; Van Rensburg y Spencer, 2014; Knecht y Duziński, 2014; Iida y Koketsu, 2016); observándose que el comportamiento reproductivo depende en gran medida del fotoperiodo (Knecht *et al.*, 2013), la temperatura (Nardone *et al.*, 2010), y la combinación de temperatura y humedad ambiental (Suriyasomboon *et al.*, 2006; Auvigne *et al.*, 2010).

Durante el verano disminuye la tasa de parto, se alarga el periodo de destete a estro, un mayor porcentaje de cerdas repite estro, disminuye el tamaño de la camada (Suriyasomboon *et al.*, 2006), y hay más abortos (Bertoldo *et al.*, 2009); todas estas manifestaciones son observadas de junio a noviembre en el hemisferio norte (Auvigne *et al.*, 2010). La adición de oxitocina a las dosis seminales ha mejorado la respuesta productiva de la cerda durante el verano y otoño (Peña *et al.*, 1998; Duzinski *et al.*, 2013; Duzinski *et al.*, 2014).

La oxitocina es un neurotransmisor que se libera del hipotálamo por estimulación mecánica de la glándula mamaria, presión del feto en el extremo final del cérvix, o por estímulo de los mecanorreceptores de la vagina durante la cópula (Duzinski *et al.*, 2013), provocando la contracción del músculo liso; sin embargo, la liberación de oxitocina desde el hipotálamo puede ser bloqueada por el estrés calórico (Langendijk *et al.*, 2003); por lo que la mejora en la tasa de parto observada en este estudio, en las cerdas inseminadas con semen adicionado con 4 UI de oxitocina inmediatamente antes de su aplicación, es atribuible a la acción de la oxitocina sobre la contracción del músculo liso del útero y cuernos uterinos, asegurando con ello una mayor cantidad de espermatozoides en el reservorio espermático y la posibilidad de fertilización de los óvulos en cantidad suficiente para mantener el proceso de gestación.

El tamaño de la camada no fue modificado ( $P > 0.05$ ; 11.03 vs. 10.78 LNT; 9.83 vs. 9.62 LNV) por la adición de 4 UI de oxitocina a las dosis seminales (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los observados por Okazaki *et al.* (2014) y Duzinski *et al.* (2013), quienes comunicaron que la adición de oxitocina a las dosis de semen, fresco y congelado, no mejora el tamaño de camada al nacimiento; en tanto que Gibson *et al.* (2004), sugirieron que la adición de oxitocina a las dosis seminales puede mejorar la fertilidad, cuando el manejo de la IA no garantiza un adecuado reservorio de células espermáticas en el oviducto; sin embargo, Peña *et al.* (1998), al aplicar dosis seminales adicionadas con oxitocina tuvieron un incremento en el tamaño de camada (10.77 vs. 8.53). La diferencia en los resultados obtenidos por Peña *et al.* (1998), respecto al presente estudio, pueden deberse al pobre desempeño de las hembras utilizadas en ese estudio. Sin embargo, Duzinski *et al.* (2014), sugirieron que la IA de cerdas con dosis seminales adicionadas con 5 UI de oxitocina justo antes de la IA, mejoran el promedio del tamaño de la camada, independientemente de la estación del año, siendo más evidentes las diferencias a favor en invierno y primavera con respecto de verano y otoño. Por su parte, Pandur *et al.* (2012a; 2012b), obtuvieron más de 1.10 lechones por camada al utilizar dosis seminales con oxitocina.

Se ha sugerido que hay diferencias en la tolerancia al estrés calórico entre líneas de cerdas, que se ve reflejado principalmente en el tamaño de camada (Bloemhof *et al.*, 2008); esto pudiera explicar la variación e inconsistencia en los resultados obtenidos en

el tamaño de camada, en las cerdas que fueron inseminadas con dosis seminales adicionadas con oxitocina, en los diferentes estudios realizados. Otra variable que pudo haber modificado la respuesta productiva en este parámetro, es la cantidad de células espermáticas viables por dosis de inseminación, dado que en los estudios donde el número de espermatozoides por dosis (adicionada con oxitocina) fue mayor a  $3 \times 10^9$ , el tamaño de camada observado también fue mayor.

	Tratamientos	
	Testigo	4 UI de Oxitocina
Cerdas, n	111	112
Cerdas paridas, n	94	105
Cerdas vacías, n	17	7
Tasa de parto (%)	84.68 <sup>a</sup>	93.75 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> Literales diferentes en el mismo renglón indican diferencia estadística ( $P = 0.03$ )

**Cuadro 1. Efecto de la aplicación de dosis seminales reducidas adicionadas con 4 UI de oxitocina en la tasa de parto de cerdas inseminadas mediante la técnica de inseminación post cervical durante la época de verano-otoño.**

	Tratamientos			
	Testigo	4 UI Oxitocina	EEM <sup>1</sup>	P
Cerdas, n	111	112		
LNT <sup>2</sup>	11.03	10.78	0.2239	0.5771
LNV <sup>3</sup>	9.83	9.62	0.2132	0.6228

<sup>1</sup>Error estándar de la media; <sup>2</sup>LNT, Lechones nacidos totales; <sup>3</sup>LNV, Lechones nacidos vivos

**Cuadro 2. Efecto de la aplicación de dosis seminales reducidas adicionadas con 4 UI de oxitocina en el tamaño de camada en cerdas inseminadas mediante la técnica post cervical durante la época de verano-otoño.**

## CONCLUSIÓN

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que la inseminación con dosis seminales reducidas adicionadas con 4 UI de oxitocina, inmediatamente antes de la inseminación artificial, mejora la tasa de parto en hembras servidas durante la época de verano-otoño en el Noroeste de México; sin embargo, no incrementa el tamaño de la camada al nacimiento.

**Agradecimientos.** Los autores del presente trabajo hacen patente su agradecimiento al MC. Héctor Raúl Güémez Gaxiola, propietario de la granja porcina “La Huerta” y al PROFAPI-UAS en su edición 2012, por el apoyo económico recibido para el desarrollo del presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- AUVIGNE V, Leneveu P, Jehannin C, Peltoniemi O, Sallé E. 2010. Seasonal infertility in sows: A five year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. *Theriogenology*. 74:60–66. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.12.019>
- BERNABUCCI U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 4(7):1167–1183. ISSN: 1751-732X, <https://dx.doi.org/10.1017/S175173111000090X>
- BERTOLDO M, Grupen CG, Thomson PC, Evans G, Holyoake PK. 2009. Identification of sow-specific risk factors for late pregnancy loss during the seasonal infertility period in pigs. *Theriogenology*. 72:393–400. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.03.008>
- BERTOLDO MJ, Holyoake PK, Evans G, Grupen CG. 2012. Seasonal variation in the ovarian function of sows. *Reproduction, Fertility and Development*. 24:822-834. ISSN: 1031-3613, <http://dx.doi.org/10.1071/RD11249>
- BLOEMHOF S, Mathur PK, Knol EF, van der Waaij EH. 2013. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows. *Journal of Animal Science*. 91:2667-2679. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas2012-5902>
- BLOEMHOF S, van der Waaij EH, Merks JWM, Knol EF. 2008. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. *Journal of Animal Science*. 86:3330–3337. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-0862>
- BRÜSSOW K-P, Egerszegi I, Rátky J. Is the Function of the Porcine Sperm Reservoir Restricted to the Ovulatory Period? 2014. *Journal of Reproduction and Development*. 60 (5):395-398. ISSN, 0916-8818, <http://dx.doi.org/10.1262/jrd.2014-044>
- BRÜSSOW K-P, Rátky J, Rodriguez-Martinez H. 2008. Fertilization and Early Embryonic Development in the Porcine Fallopian Tube. *Reproduction in Domestic Animals*. 43 (Suppl. 2): 245–251. ISSN: 0936-6768, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01169.x>
- CEBÍ SC, Akcay E. 2015. The effect of oxytocin and prostaglandin hormones added to semen on stallion sperm quality. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 39:705-708. ISSN: 1303-6181, <http://dx.doi.org/10.3906/vet-1412-69>

CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Unidad Culiacán). 2012. Sistema Estadístico del Clima Automatizado de Sinaloa. <http://187.141.135.166/CIAD/DatosPorMes.aspx>

CIGDEM CS, Ergun AC. 2015. The effect of oxytocin and prostaglandin hormones added to semen on stallion sperm quality. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 39: 705-708. ISSN: 1303-6181, <http://dx.doi.org/10.3906/vet-1412-69>

CLOUGH CJ, Campbell MLH, Matson T. 2006. The effect of inclusion of oxytocin in semen extender on spermatozoa motility. *Animal of Reproduction Science*. 94:132–134. ISSN: 0378-4320, <https://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.03.035>

DIMITROW S, Jeliaskov E, Levis D. 2007. Deep intrauterine and transcervical insemination of sows and gilts. *Trakia Journal of Sciences*. 5 (1):40-46. ISSN: 1313-7050, [http://tru.uni-sz.bg/tsj/Vol5N1\\_2007/Dimitrov%20et%20al.pdf](http://tru.uni-sz.bg/tsj/Vol5N1_2007/Dimitrov%20et%20al.pdf)

DUZINSKI K, Knecht D, Gajewczyk P. 2013. Effect of oxytocin treatment on the reproductive performance of sows after artificial insemination with liquid semen. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 37: 575–581. ISSN: 1303-6181, <http://dx.doi.org/10.3906/vet-1211-35>

DUZINSKI K, Knecht D, Srodon S. 2014. The use of oxytocin in liquid semen doses to reduce seasonal fluctuations in the reproductive performance of sows and improve litter parametersda 2-year study. *Theriogenology*. 81:780-786. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.003>

GIBSON S, Tempelman RJ, Kirkwood RN. 2004. Effect of oxytocin supplemented semen on fertility of sows bred by intrauterine insemination. *Journal of Swine Health and Production*. 12:182–185. ISSN 1537-209x, <https://www.aasv.org/shap/issues/v12n4/v12n4p182.pdf>

HANSEN PJ. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 364(1534):3341–3350. ISSN: 0080–4614, <https://dx.doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>

HERNÁNDEZ-CARAVACA IVÁN, Izquierdo-Rico MJ, Matás C, Carvajal JA, Vieira L, Abril D, Soriano-Úbeda C, García-Vázquez FA. 2012. Reproductive performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Animal Reproduction Science*. 136:14 – 22. ISSN: 0378-4320, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.10.007>

IIDA R, Koketsu Y. 2016. Lower farrowing rate in female pigs associated with higher outdoor temperatures in humid subtropical and continental climate zones in Japan. *Animal*

*Reproduction, Belo Horizonte.* 13 (2):63-68. ISSN: 1984-3143, <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR728>

KNECHT D, Duziński K. 2014. The effect of parity and date of service on the reproductive performance of Polish Large White × Polish Landrace (PLW × PL) crossbred sows. *Annals of Animal Science.* 14 (1):69–79. ISSN: 2300-8733, <https://doi.org/10.2478/aoas-2013-0077>

KNECHT D, Srodon S, Szulc K, Duzinski K. 2013. The effect of photoperiod on selected parameters of boar semen. *Livestock Science.* ISSN: 1871-1413, 157:364-371. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.027>

LANGENDIJK P, Bouwman EG, Schams D, Soede NM, Kemp B. 2003. Effects of different sexual stimuli on oxytocin release, uterine activity and receptive behavior in estrous sows. *Theriogenology.* 59 (3-4): 849–861. ISSN: 1879-3231, [http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01157-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01157-3)

LANGENDIJK P, Soede NM, Kemp B. Uterine activity, sperm transport, and the role of boar stimuli around insemination in sows. 2005. *Theriogenology.* 63:500-513. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.09.027>

LEWIS CRG, Bunter KL. 2011. Effects of seasonality and ambient temperature on genetic parameters for production and reproductive traits in pigs. *Animal Production Science.* 51:615–626. ISSN: 0378-4320, <http://dx.doi.org/10.1071/AN10265>

MADER TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science.* 84:712-719. ISSN: 1525- 3163, <http://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/608>

MARAI IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep: a review. *Small Ruminant Research.* 71:1–12. ISSN: 0921-4488, <http://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>

NAJAR T, Rejeb M, Ben M'Rad M. 2010. Modeling the effects of heat stress on some behavior and physiological parameters in cows. In: D. Sauvant, J. Van Milgen, P. Faverdin, N. Friggens (eds), *Modelling Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals.* Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. pp.130–136. ISBN:978-90-8686-156-9; <http://dx.doi.org/10.3920/978-90-8686-712-7>

NAKATA M, Okuda Y, Yamashita Y, Nakauchi C, Ito J, Kashiwazaki N. 2012. Successful production of offspring using cryopreserved sperm via nonsurgical artificial insemination in rats. *Journal of Reproduction and Development.* 58(4):501–504. ISSN, 0916-8818, <http://doi.org/10.1262/jrd.2012-014>

NARDONE A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri MS, Bernabucci U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*. 130(1-2):57-69. ISSN: 1871-1413, <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>

OKAZAKI T, Ikoma E, Tinen T, Akiyoshi T, MORI M, TESHIMA H. 2014. Addition of oxytocin to semen extender improves both sperm transport to the oviduct and conception rates in pigs following AI. *Animal Science Journal*. 85:8–14. ISSN: 1740-0929, <https://dx.doi.org/10.1111/asj.12089>

PANDUR I, Pacala N, Iezan V. 2012b. The influence of oxytocin added to diluted boar semen on the main reproduction parameters calculated for Duroc sows that were artificially inseminated. *Porcine Research*. 2 (1):11 – 15. ISSN: 2248-311X, [http://www.porc.bioflux.com.ro/docs/Porc\\_Res\\_2012.11-15.pdf](http://www.porc.bioflux.com.ro/docs/Porc_Res_2012.11-15.pdf)

PANDUR ID, Pacala N, Iezan V. 2012a. The Influence of Oxytocin Added to Diluted Boar Semen on the Main Reproduction Parameters Calculated for Large White Sows that were Artificially Inseminated. *Animal Sciences and Biotechnologies*. 45 (1):226-229. ISSN, 1841-9364, [www.usab-tm.ro/utilizatori/ZOOTEHNIE/file/.../Pandur2.pdf](http://www.usab-tm.ro/utilizatori/ZOOTEHNIE/file/.../Pandur2.pdf)

PEÑA FJ, Dominguez JC, Carbajo M, Anel L, Alegre B. 1998. Treatment of swine summer infertility syndrome by means of oxytocin under field conditions. *Theriogenology*. 49, 829–36. ISSN: 1879-3231, [http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00032-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00032-6)

STEEL GD, Torrie JH. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. (2da. Ed.). McGraw-Hill, México, D. F. 132-162. ISBN: 0-07-060926-8

SURIYASOMBOON A, Lundeheim N, Kunavongkrit A, Einarsson S. 2006. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. *Theriogenology*. 65:606–28. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.005>

VAN RENSBURG LJ, Spencer BT. 2014. The influence of environmental temperatures on farrowing rates and litter sizes in South African pig breeding units. *Journal of Veterinary Research*. 81(1):1-7. ISSN: 2219-0635, <http://www.ojvr.org/index.php/ojvr/article/view/824/html>

VÁZQUEZ JM, Roca J, Gil MA, Cuello C, Parrilla I, Vázquez JL, Martínez EA. 2008. New developments in low-dose insemination technology. *Theriogenology*. 70:1216–1224. ISSN: 1879-3231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.013>

Artículo Original. Mayo-Agosto 2017; 7(2):34-42. Recibido: 15/01/2017 Aceptado: 03/04/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.3>

## Rendimiento en canal de corderos de pelo, alimentados con diferentes proporciones de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum spp.*

Carcass yield of hair breed lambs fed with different levels of *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum spp.*

Gómez-Gurrola Agapito\*<sup>1</sup> [agomez@uan.edu.mx](mailto:agomez@uan.edu.mx), Del Sol-García Gerardo [zoo\\_te\\_cnista@hotmail.com](mailto:zoo_te_cnista@hotmail.com), Sanginés-García Leonor<sup>2</sup> [leosangines@hotmail.com](mailto:leosangines@hotmail.com), Loya-Olguín Lenin<sup>1</sup> [joselenin28@hotmail.com](mailto:joselenin28@hotmail.com), Benítez-Meza Alfredo<sup>1</sup> [joalbm\\_22@hotmail.com](mailto:joalbm_22@hotmail.com), Hernández-Ballesteros Antonio<sup>1</sup> [mvzballesteros@hotmail.com](mailto:mvzballesteros@hotmail.com)

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit, México<sup>1</sup>. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México<sup>2</sup>. \*Autor responsable y de correspondencia: Gómez-Gurrola Agapito. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia; km 3.5 de la carretera Compostela-Chapalilla, Compostela, Nayarit, México.

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de la canal caliente y el costo por concepto de alimentación de ovinos de pelo alimentados con dietas 60:40 forraje:concentrado. El forraje de las dietas tuvo diferentes niveles de *Tithonia diversifolia* y *Penisetum spp* (20:80, 30:70, 40:60 y 50:50, respectivamente). Se utilizaron 20 ovinos de pelo con un peso promedio de  $19.41 \pm 2.25$  kg, distribuidos al azar en cuatro tratamientos, durante 122 días y peso final de 37.15, 37.7, 37 y 39Kg. respectivamente. El largo de la canal caliente (LCC), profundidad del musculo *Longissimus dorsi*, espesor de la grasa dorsal EGD, peso de espinazo, costilla y lomo (ECL), peso de cuartos traseros kg, peso de cuartos delanteros. Los corderos alimentados con los niveles más altos de TD presentaron los menores costos por concepto de alimentación. Sin embargo, no se presentó efecto de los niveles de TD sobre las características de la canal. En conclusión, los costos por concepto de alimentación disminuyen al aumentar los niveles de inclusión de *Tithonia diversifolia* sin afectar las características de la canal.

**Palabras claves:** Forrajes, Alimentación, Ovinos de pelo.

### ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the hot carcass yield and the feed cost of hair breed lambs fed diets with 60:40 forage/concentrate. The forage of the diets contained different levels of *Tithonia diversifolia* (TD) and *Penisetum spp* (20:80, 30:70, 40:60 and 50:50, respectively). Twenty hair breed lambs of  $19.41 \pm 2.25$  kg were used. Twenty male lambs with a mean body weight of  $19.41 \pm 2.25$  kg were used. Animals were divided randomly into four equal groups. Hot carcass length (LCC), *Longissimus dorsi* deepness and back fat thickness (EGD) were measured. Legs, shoulders, ribs, neck and loin were weighted. The dressing and feed cost per kg of body weight gain was calculated. Lambs fed with higher levels of TD showed lower ( $p < 0.05$ ) feed cost. Nevertheless, there were no effect ( $p > 0.05$ ) of TD levels on carcass characteristics. In conclusion, feed cost decreases as levels of *Tithonia diversifolia* in diets increase without effect on carcass characteristics.

**Keywords:** forage, feeding, hair breed ovine.

## INTRODUCCIÓN

Se cree que la oveja doméstica *Ovis aries* se originó en Europa y en las regiones frías de Asia, y que procede del grupo de los antílopes. Los ovinos se han domesticado y explotado en diferentes formas desde hace más de 7000 años (Koesiag, *et al.* 2014).

*Tithonia diversifolia* es una planta herbácea perteneciente a la familia de las *Compositáceas*, su altura oscila entre 1.5 a 4.0 m; posee hojas con bordes aserrados y pedúnculos que pueden variar de 5 a 20 cm de largo. Su inflorescencia se presenta en capítulos y es de color amarillo. Esta planta tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo; es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte, dependiendo de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo. Se reporta una producción potencial de forraje de 31 toneladas/ha en densidades de siembra de 0.75m x 0.75 m y una producción potencial de 21.2 toneladas/ha en densidades de 1 m x 0.75 m.

En una evaluación realizada del contenido de nutrimentos de *Tithonia diversifolia* (hojas, pecíolos, flores y tallos hasta 1.5 cm de diámetro), en cinco estados de desarrollo, encontraron que la materia seca varió desde 13.5 a 23.23% y la proteína cruda osciló entre 14.8 y 28.8%. Los valores más bajos de proteína fueron encontrados en estados avanzados de la floración (89 días); mientras que en estado de crecimiento avanzado (30 días) y prefloración (50 días), se encontraron los más altos. El contenido de extracto etéreo también varió dependiendo de su estado vegetativo, de 1.4 a 2.43% (Mahecha y Rosales, 2005).

La Maralfalfa (*Pennisetum spp.*) es un pasto de gran adaptabilidad, crece bien desde el nivel del mar hasta los 3000 metros y posee un contenido de proteína de alrededor del 16%, lo que lo convierte en un alimento prometedor para los rumiantes sobre todo en el trópico, donde la carencia de pastos de alto valor nutritivo ha impedido la maximización de la producción, manteniendo a los ganaderos en una continua búsqueda de nuevas alternativas de alimentación para los ovinos. La composición de proteína cruda es de 13.81% a los 60 días del rebrote, disminuyendo a 6.21% a los 120 días, aumentado la FND de 63.42 a 77.60 en los días correspondientes; la cantidad de materia seca producida es 14.321 ton/ha a los 60 días del rebrote y 33.5 ton/ha a los 120 días (Gómez *et al.* 2015).

El rendimiento en canal y el peso de los cortes primarios, así como las variables productivas son muy importantes para un productor; se ha mencionado que lo anterior está relacionado con la raza y el tipo de alimento que reciben los animales (Ríos *et al.* 2102). De acuerdo con Arbiza y De Lucas (1996), en México los rendimientos en canal poseen la misma variabilidad que en otros países; en los corderos de 6 a 8 meses pueden

oscilar de 45 a 55%; en borregos Pelibuey sacrificados a 40.3 kg puede llegar a 50.6%; lo cual va a depender del alimento que reciben y el peso al sacrificio de los animales. Por su parte Gómez *et al.* (2014) encontraron valores de 45.72 a 49%, en animales de 30 Kg de peso al sacrificio, mientras que Frías *et al.* (2011) reportaron un valor de 42% en animales de 32Kg.

El Objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de la canal caliente y el costo por concepto de alimentación de corderos de pelo alimentados con 60% de forraje en las dietas, *Penisetum spp* y *Tithonia diversifolia*, y 40% de concentrado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Unidad de Producción de Ovinos de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UAMVZ) de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), la cual se localiza en el kilómetro 3.5 de la carretera de cuota Compostela–Chapalilla entre los 21° 17' 46'' de latitud norte y los 104° 54' de longitud este, a 880 msnm, con clima caracterizado como semicálido-húmedo, con una temperatura media anual de 22°C y una precipitación pluvial media de 999 mm<sup>3</sup> (INIFAP, 2017).

El material vegetativo tanto de titonia como maralfalfa fue obtenido de una parcela establecida en la misma Unidad Académica. La cosecha de los forrajes se realizó a los 60 días de edad, posteriormente se pasaron a través de una picadora de martillos para obtener una partícula de 2 a 3 centímetros y se secaron al sol durante 72 horas, removiendo el material vegetativo cada 24 horas para agilizar su deshidratación.

El fruto *Guazuma ulmifolia* utilizado en la elaboración del concentrado, se recolectó en la localidad de Santa Isabel en el municipio de Ahuacatlán, Nayarit; se molió en el molino de martillo con criba de un centímetro; el resto de los ingredientes se adquirieron en una empresa de productos agropecuarios.

Las dietas se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales para corderos de pelo en engorda (NRC, 2007) (Cuadro 1).

Para la prueba de rendimiento en canal se utilizaron 20 corderos de pelo Pelibuey-Katahdin, con un peso promedio de  $19.41 \pm 2.25$ , distribuidos al azar (4 tratamientos con 5 repeticiones cada uno). Los ovinos se alojaron en jaulas individuales (0.95x1.10m) en piso de tierra, acondicionados con cama de paja de arroz (10 a 15 cm de altura), la cual se removía cada tercer día, agregando nueva paja cada dos semanas, con el objetivo de mantener el área limpia y seca y mayor bienestar de los corderos. Los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación a las dietas de 14 días, en una proporción del alimento que estaba recibiendo previamente y con las dietas experimentales en 40:60,

60:40, 80:20 y 100%, con intervalos de 3 días; posteriormente fueron pesados para registrar el peso inicial. Se utilizaron comederos y bebederos individuales; el alimento y el agua se ofrecieron a libertad. Las dietas se ofrecieron diariamente a las 7 horas; el experimento tuvo una duración de 122 días. Tras ayuno de 12 horas, los corderos se pesaron previos al sacrificio, utilizando una báscula digital de gancho. Para el protocolo de sacrificio y faenado de los semovientes se utilizó la técnica de tradicional de corte de la yugular, de la carótida, esófago y tráquea; cortando posteriormente la cabeza en la articulación occipito-atlantal y produciendo la pérdida del control vagal del corazón y pulmones, con pérdida sensorial en el cerebro y de todos los órganos por anorexia cerebral, debido a la falta de sangre. Enseguida se procedió a colgar los cadáveres, desollarlos y eviscerarlos (Gaetano *et al.*, 2013; Colomer *et al.* 1988).

INGREDIENTE	% DE INCLUSIÓN			
	Dieta A	Dieta B	Dieta C	Dieta D
Soya	4	4	1.2	0.8
Canola	4.8	2	2.8	0.6
Sorgo	16.4	19.2	21.2	23.8
Fruto de guásima	12	12	12	12
Minerales	1.4	1.4	1.4	1.4
Cal	0.4	0.4	0.4	0.4
Sal común	0.4	0.4	0.4	0.4
Urea	0.4	0.4	0.4	0.4
Sulfato de amonio	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Tithonia diversifolia</i>	12	18	24	30
<i>Pennisetum spp.</i>	48	42	36	30
TOTAL	100	100	100	100
% PC calculada	16.68	16.71	16.72	16.77
EM Mcal/kg en base saca	2.81	2.83	2.85	2.86
\$/kg de alimento	3.33	3.27	3.21	3.17

**Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales para corderos de pelo.**

Las variables a medir fueron: largo de la canal caliente (LCC) cm, profundidad del músculo *Longissimus dorsi* (mm), espesor de la grasa dorsal EGD (mm), peso de espinazo, costilla y lomo (ECL) kg, peso de cuartos traseros (CT) kg, peso de cuartos delanteros (CD) kg, rendimiento de la canal caliente (RCC) % y costo/kg de peso vivo ganado por concepto de alimentación (\$/kg PVG).

A los resultados se les realizó un análisis de varianza con un diseño completo al azar, incluyendo el peso al sacrificio como covariable. La diferencia entre medias se comparó con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), (SAS, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos en ninguna de las variables estudiadas de las características de la canal; por lo tanto, la incorporación de niveles crecientes de *Tithonia diversifolia* en la dieta no afectó las variables estudiadas

(Cuadro 2).

En cuanto al peso de las principales piezas de la canal, se puede mencionar que fueron similares a lo mencionado en la literatura, a excepción del peso de los cuartos traseros (pierna), que fue menor a lo mencionado por diferentes autores, quienes reportan valores que van entre 2.4 y 3 Kg. por pieza; mientras que en este estudio el peso fue de 2 Kg en promedio; lo cual es importante, ya que es una pieza de gran valor comercial (Magaña-Monforte *et al.* 2015; Gómez *et al.* 2014; Vázquez *et al.* 2011; Frías *et al.* 2011 y Macías *et al.* 2010).

Con respecto a la información publicada por Estrada *et al.* (2012), quienes trabajaron con ovinos (Dorper x Pelibuey), el peso al sacrificio fue muy similar al de este trabajo; se puede observar que obtuvieron un mayor rendimiento en canal, debido probablemente a la cantidad de forraje proporcionada en este trabajo, pero el peso de los cortes primarios fueron similares a los de este estudio. Por otra parte, al analizar las diferentes piezas en porcentaje, no se encontraron diferencias con Magaña *et al.* 2015, lo anterior coincide por lo mencionado por (Snowder y Dunckett 2003), al mencionar que no se encuentran diferencias en los cortes primarios entre corderos de razas puras o cruzadas expresados en porcentaje.

Con relación al rendimiento en canal, los valores son variables entre los autores antes citados. En el presente estudio, en los cuatro tratamientos se observó que los resultados fueron similares a lo mencionado por diferentes autores, entre ellos Gómez *et al.* (2014), que trabajaron con borregos Pelibuey (45.73 a 49%), al igual que Hernández *et al.* (2016) y cuyos valores de rendimiento en canal fueron de 44 a 47.5%. Por su parte Frías *et al.* (2011) publicaron valores de 40.28 y 41.45%, quienes trabajaron con animales Pelibuey color canelo, alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada, y corderos semiestabulado en pastoreo con pasto Estrella Africana, suplementados con caña de azúcar fermentada respectivamente.

Magaña *et al.* (2015) evaluaron corderos por grupo racial Katahdín, Katahdín-Dorper y Katahdín-Pelibuey, obteniendo un rendimiento en canal de  $49.8 \pm 0.05$ ,  $49.1 \pm 0.58$  y  $49.8 \pm 0.51$  respectivamente, siendo estos valores ligeramente superiores a los del presente trabajo. Por su parte Macías *et al.* (2010), encontraron valores de 53% en razas Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin; mientras que Vázquez *et al.* (2011) que trabajaron con una cruce de borregas Katahdin con sementales Suffolk, Texel, Charollais y Dorper, mencionaron valores de 53.5 a 56.5% para las diferentes cruces; lo cual representa valores superiores al de este trabajo. Las variaciones observadas en las proporciones de los cortes primarios en la canal ovina, pueden deberse a que a la forma en que se haga los cortes, y en los estudios y determinaciones se siguen procedimientos

con diferente los criterios sobre las líneas de corte de las piezas primarias (Ríos *et al.* 2012).

Los datos obtenidos en este trabajo concuerdan con el rendimiento en canal reportado en ovinos Blackbelly y Pelibuey alimentados en pastoreo con complementación alimenticia (Hernández *et al.* 2016). Por los resultados presentados hasta ahora, se podría suponer que las diferencias en el rendimiento de la canal se pueden atribuir al grupo racial, sistema de alimentación, densidad energética en la dieta, así como al peso al sacrificio. La longitud de la canal fue de 56 cm en promedio, de acuerdo con Macías *et al.* (2010), es más corta en el genotipo Katahdin-Pelibuey por 5 cm ( $p < 0.01$ ) que las del genotipo Dorper-Pelibuey ( $63,0 \pm 1,3$  vs  $58,0 \pm 1,3$ ).

Se puede observar en el Cuadro 2, que a medida que se incrementó el nivel de inclusión de *Tithonia diversifolia* en la dieta, el costo del Kg. de alimento fue menor, lo cual se reflejó en el costo por kilogramo de peso vivo ganado (\$/kg PVG), principalmente cuando se incluyó el 50% de la arbustiva, ya que disminuyó la cantidad de soya y canola (80 y 87.5% respectivamente) con respecto a la dieta 1 (Cuadro 1), con lo cual se logró disminuir el costo de alimentación. Por otra parte los resultados de la prueba de comportamiento animal demostró que los animales que consumieron dicha dieta, presentaron mejor ganancia diaria de peso  $159 \pm 0.02$  g/día en comparación con las otras dietas  $130 \pm 0.01$ ,  $137 \pm 0.01$  y  $136 \pm 0.01$  g/día para las dietas 1, 2 y 3 respectivamente; así mismo se observó que no se afectó el consumo de alimento.

VARIABLES	TRATAMIENTOS				P
	Dieta A	Dieta B	Dieta C	Dieta D	
Peso inicial (kg)	19.22±1.25	18.82±2.29	18.80±2.76	19.83±2.24	
Peso al sacrificio (kg)	37.150±1.741	37.706±1.771	37.00±0.560	39.072±1.713	
PCC (kg)	17.743±0.506 <sup>a</sup>	17.615±0.405 <sup>a</sup>	17.931±0.166 <sup>a</sup>	18.155±0.433 <sup>a</sup>	0.20
GTP (kg)	17.930±1.98 <sup>a</sup>	18.886±1.46 <sup>a</sup>	18.200±1.95 <sup>a</sup>	19.242±1.82 <sup>a</sup>	0.07
LCC (cm)	55.80±1.10 <sup>a</sup>	56.2±0.84 <sup>a</sup>	56.25±1.89 <sup>a</sup>	56.60±1.82 <sup>a</sup>	0.85
Profundidad del musculo <i>longissimus dorsi</i> (mm)	30±4.47 <sup>a</sup>	33.2±6.18 <sup>a</sup>	32.5±4.36 <sup>a</sup>	29.5±1.12 <sup>a</sup>	0.47
EGD (mm)	2.5±0.82 <sup>a</sup>	3.1±0.89 <sup>a</sup>	3.4±0.85 <sup>a</sup>	2.9±0.74 <sup>a</sup>	0.08
Peso de ECL (KG)	9.879±0.930 <sup>a</sup>	10.016±0.577 <sup>a</sup>	10.071±0.34 <sup>a</sup>	10.092±0.87 <sup>a</sup>	0.74
Peso de CT (kg)	4.197±0.238 <sup>a</sup>	4.099±0.341 <sup>a</sup>	4.255±0.129 <sup>a</sup>	4.326±0.171 <sup>a</sup>	0.18
Peso de CD (kg)	3.667±0.351 <sup>a</sup>	3.500±0.296 <sup>a</sup>	3.605±0.036 <sup>a</sup>	3.737±0.257 <sup>a</sup>	0.42
Rendimiento en canal caliente (%)	47.86±4.42 <sup>a</sup>	46.77±2.76 <sup>a</sup>	48.47±1.41 <sup>a</sup>	46.48±2.89 <sup>a</sup>	0.14
CA	8.04±0.42 <sup>a</sup>	8.27±0.65 <sup>a</sup>	8.34±0.94 <sup>a</sup>	7.27±0.73 <sup>a</sup>	0.28
\$/kg PVG	26.77	27.04	26.77	23.05	

<sup>a,b,c</sup>Diferencias entre columnas indica diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

PCC = Peso de la canal caliente. GTP = Ganancia total de peso. LCC = Largo de la canal caliente, EGD= espesor de la grasa dorsal. EGD = Espesor de grasa dorsal. ECL = Espinazo, costilla y lomo. CT = Cuartos traseros. CD = Cuartos delanteros, CA = Conversión alimenticia, PVG = Peso vivo ganado.

**Cuadro 2. Comportamiento productivo de corderos alimentados con las diferentes dietas experimentales.**

## CONCLUSIÓN

El aumento creciente de *Tithonia diversifolia*, en la alimentación, no afecta la calidad de canal, pero sí disminuye los costos por concepto de alimentación, especialmente cuando se sustituye el 18% de *Pennisetum spp.*, ya que con esa dieta se logró disminuir el 80 % de la soya y el 87.5% de canola.

## LITERATURA CITADA

ARBIZA ASI y De Lucas TJ. 1996. Producción de carne ovina. Editores mexicanos Unidos, S.A. México. ISBN: 968-15-1067-4.

COLOMER-Rocher F. Morand FP. Kirton AH. Delfa R. y Sierra AI. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Madrid. ISSN: 0210-3583. ISBN: 84-7498-305-3.

ESTRADA A. Dávila H. Herrera RS, JC. Robles JC. La OO. Castro IB. Portillo JJ. Ríos FG y Contreras G. 2012. Características de la canal y rendimiento de los cortes primarios de corderos alimentados con sorgo escobero (*Sorghum bicolor* var. *Technicum*, jav). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 46 (2) 145-150.

[En línea]. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2017]. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193024447005>.

FRÍAS JC. Díaz P. Ramos JA. Aranda EM. Vázquez C, Díaz P. 2011. Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada. Avances en Investigación Agropecuaria. 15(3): 33-44. ISSN: 0188789-0. [En línea]. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017]. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83720034004>

GAETANO P., Meyer IMR., Salinas KFR., Díaz FRA. Y Orozco LF. 2013. Obtención de carne. Ed. Trillas. 3ª ed. México. ISBN: 978-607-17-0021-6.

GÓMEZ GA, Loya OJL, Sanginés GL, Gómez GJA. 2015. Composición química y producción del pasto *Pennisetum purpureum* en la época de lluvias y diferentes estados de madurez. Educateconciencia. Volumen 6, No. 7. pp 68-74. ISSN: 2007-6347. [en línea]. [Fecha de consulta: 27 de febrero de 2017]. Disponible en

<http://www.tecnocientifica.com.mx/volumenes/V6N7A5.pdf>

GÓMEZ GA, Partida HM, Ramírez DR, Ramírez RJC, Gómez GJA, González MM y Sanginés GL. 2014. Efecto de la inclusión del fruto de *Guazuma ulmifolia* como sustituto de maíz en la dieta sobre el comportamiento productivo y rendimiento en canal de ovinos Pelibuey. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 17 (2): pp 215-222. ISSN: 1870-

0462. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/939/93931761007.pdf>.

HERNÁNDEZ-Montiel W, Ramos-Juárez JA, Aranda-Ibáñez EM, Hernández-Mend O, Munguía-Flores VM, Oliva-Hernández J. 2016. Alimento fermentado elaborado con semillas de *Canavalia ensi formis* sobre el crecimiento y la canal de corderos Pelibuey. Rev Mex Cienc Pecu, 7(2): 213-232. [En línea]. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017] Disponible en:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rJTKPYA0cIIJ:cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/4175/3436+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx>.

INIFAP, (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de enero de 2017].

Disponible en: <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/est.aspx?est=36384>.

KOESIAG IJH, Kirchner SFR, Orozco LA, Acosta CM, Solís CG, Alanís MA y Spross SAK. 2014. Ovinos. Ed. Trillas. México. ISBN 978-607-17-1821-1.

MACÍAS-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Rodríguez-García J, Correa-Calderón A, Torrentera-Olivera NG, Molina-Ramírez L, Avendaño-Reyes L. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. Arch Med Vet 42 (3), 147-154. ISSN 0301-732X. [En línea]. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-732X2010000300005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2010000300005).

MAGAÑA-Monforte JG, Moo-Catzin CJ, Chay-Canul AJ, Aké-López JR, Segura-Correa JC y Montés-Pérez RC. 2015. Crecimiento y componentes de la canal de ovinos de pelo en jaulas elevadas. Livestock Research for Rural Development 27 (6). [En línea]. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/278244199\\_Crecimiento\\_y\\_componentes\\_de\\_la\\_canal\\_de\\_ovinos\\_de\\_pelo\\_en\\_jaulas\\_elevadas](https://www.researchgate.net/publication/278244199_Crecimiento_y_componentes_de_la_canal_de_ovinos_de_pelo_en_jaulas_elevadas).

MAHECHA L, Rosales M. 2015. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl]. Gray), en la producción animal en el trópico. Livestock Research for Rural Development 17 (9). [En línea]. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>.

NRC (National Research Council). 2007. Nutrient Requirements of small ruminants. National Academy Press, Washington, D.C.USA. 292pp. ISBN: 0-309-10213-8.

RÍOS RFG, Bernal BH, Cerrillo SMA, Estrada AA, Juárez RAS, Obregón JF, y Portillo LJJ. 2012. Características de la canal, rendimiento en cortes primarios y composición tisular de corderos Katahdin x Pelibuey alimentados con garbanzo de desecho. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(3), 357-371. [En línea]. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2017]. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/html/2656/265624445006/>.

SAS. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.0) SAS Inst. Inc., Cary NC. Programa computacional.

SNOWDER GD and Duckett SK. (2003). Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics. *Journal of Animal Science*, 81(2), 368-375. [En línea]. [Fecha de consulta: 24 de marzo de 2017]. Disponible en:

<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301943387>.

VÁZQUEZ SET, Partida PJA, Rubio LMS, Méndez MD. 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Rev Mex Cienc Pecu* 2(3):247-258. ISSN 2448-6698. [En línea]. [Fecha de consulta: 6 de marzo de 2017].

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242011000300001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000300001).

Artículo Original. Mayo-Agosto 2017; 7(2):43-59. Recibido: 24/01/2017 Aceptado: 03/04/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.4>

## Efecto del consumo de zinc orgánico en la respuesta productiva de la cerda y su camada

Effect of organic zinc intake on the productive response of sows and their litter

Romo-Valdez Juan<sup>1</sup> [romo\\_14@hotmail.com](mailto:romo_14@hotmail.com) Romo-Rubio Javier\*<sup>1</sup> [romo60@uas.edu.mx](mailto:romo60@uas.edu.mx)  
Barajas-Cruz Rubén<sup>1</sup> [rubar@uas.edu.mx](mailto:rubar@uas.edu.mx) Enríquez-Verdugo Idalia<sup>1</sup>  
[idaliaenver@yahoo.com.mx](mailto:idaliaenver@yahoo.com.mx) Gabriela Silva-Hidalgo<sup>1</sup> [gabsilhid@uas.edu.mx](mailto:gabsilhid@uas.edu.mx) Montero-Pardo  
Arnulfo<sup>1</sup> [arnulfomp@hotmail.com](mailto:arnulfomp@hotmail.com)

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

\*Autor responsable y de correspondencia: Romo-Rubio Javier. 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.

### RESUMEN

Para evaluar la respuesta productiva de la cerda y su camada a la suplementación con zinc orgánico en clima tropical, se realizaron dos experimentos. Exp. 1 (Época fresca). Se utilizaron 46 cerdas Yorkshire x Landrace, asignadas a uno de dos tratamientos (T) en un diseño completamente al azar. T1 (SZn; n = 22); dieta sin adición de Zn a partir de los 35 días de gestación y durante 21 d de lactación; T2 (CZn; n = 24) T1 más la adición de 100 mg de Zn/kg de alimento. Exp. 2 (Época cálida). Se utilizaron 44 cerdas, asignadas al azar a uno de dos T similares al Exp.1: T1 (SZn; n = 25) y T2 (CZn; n = 19). Los resultados fueron analizados por ANDEVA ( $P \leq 0.05$ ). Resultados: Exp. 1. El consumo de alimento adicionado con Zn incrementó ( $P = 0.001$ ) la concentración plasmática de IgG en los cerdos destetados. Exp. 2. El consumo de alimento adicionado con Zn, incrementó ( $P < 0.05$ ) el espesor de grasa dorsal (EGD) de las cerdas durante la gestación (16.6 vs. 14.8 mm) y disminuyó ( $P = 0.006$ ) la mortalidad durante la lactancia (11 vs. 26%). Se concluye que el consumo adicional de Zn incrementa el EGD en las cerdas gestantes bajo condiciones de estrés calórico y disminuye la mortalidad de lechones durante la lactancia, y el consumo adicional durante la época fresca incrementa los niveles plasmáticos de IgG en los LD.

**Palabras clave:** Metionina de Zinc, Espesor de grasa dorsal, Mortalidad predestete.

### ABSTRACT

To evaluate the productive response of sows and their litter to the supplementation with zinc in a tropical climate two experiments were realized. Exp. 1 (Fresh season). 46 Yorkshire x Landrace sows were used, assigned to one of two treatments (T) in a completely randomized design. T1 (SZn; n = 22); diet without addition of Zn from 35 days of gestation and during 21 d of lactation, and T2 (CZn; n = 24), T1 diet plus supplementation with 100 mg Zn/kg of feed. Exp. 2 (Warm season). Another 44 sows were assigned to one of two treatments similar to Exp. 1. T1 (SZn; n = 25) and T2 (CZn; n = 19). Results were analyzed by ANOVA ( $P \leq 0.05$ ). Results: Exp. 1. Feed consumption added with Zn increased ( $P < 0.05$ ) IgG plasmatic concentration in weaned pigs. Exp. 2. Feed consumption added with Zn increased ( $P < 0.05$ ) backfat thickness (BFT) of the sows during the gestation (16.6 vs. 14.8 mm) and decreased ( $P = 0.006$ ) the mortality of nursing pigs during the lactation (11 vs. 26%). It concludes that additional consumption of zinc increase the BFT in gestating sows under environment heat stress and diminished the mortality of nursing pigs during lactation and intake of supplemented diet with zinc during fresh season increase IgG plasmatic concentration levels in weaned pigs.

**Keywords:** zinc, sow, backfat thickness, nursing pig mortality.

## INTRODUCCIÓN

El zinc (Zn) es un nutriente esencial en la dieta de los cerdos (NRC, 2012; Hill *et al.*, 2014). Es un mineral traza con demostrada importancia para la función de más de 300 enzimas (Bhowmik *et al.*, 2010; Chasapis *et al.*, 2012), influyendo en el equilibrio ácido-base, la competencia inmune y las funciones celulares básicas (Haase y Rink, 2009a; Kelleher *et al.*, 2011). La acción metabólica del Zn incluye el metabolismo energético, la síntesis de proteínas, metabolismo de los ácidos nucleicos, la integridad del tejido epitelial, la reparación y la división celular, transporte y utilización de la vitamina A, y la absorción de vitamina E (Bhowmik *et al.*, 2010; Borah *et al.*, 2014).

Se ha demostrado que el Zn dietético mejora y previene la reducción de la integridad intestinal durante el estrés calórico (Sanz *et al.*, 2014; Pearce *et al.*, 2015), disminuye la permeabilidad intestinal de los lechones durante el destete (Zhang y Guo, 2009), promueve la restauración del epitelio intestinal (Hu *et al.*, 2014; Song *et al.*, 2015) y mejora el metabolismo proteico en el cerdo (Pearce *et al.*, 2015). Debido a que los requerimientos de Zn se incrementan durante el estrés calórico (Lagana *et al.*, 2007), se ha sugerido que la suplementación con Zn podría utilizarse para atenuar la disminución sérica del Zn durante periodos de altas temperaturas ambientales (Chand *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015).

Las dietas para cerdos son generalmente complementadas con Zn inorgánico ( $ZnSO_4$  u  $ZnO$ ) para asegurar el aporte requerido, siendo la fuente inorgánica de  $ZnSO_4$  la de mayor biodisponibilidad (NRC, 2012).

En la granja donde se realizó el estudio la fuente de Zn utilizada es  $ZnSO_4$ . Las dietas animales a menudo contienen antagonistas que reducen la biodisponibilidad de las formas inorgánicas de Zn, creando así una deficiencia. Varios estudios sugieren que las fuentes orgánicas de Zn son más biodisponibles que las formas inorgánicas, y la biodisponibilidad de las formas orgánicas respecto de las inorgánicas aumenta dramáticamente en presencia de antagonistas como el Ca, P, ácido fítico y fibra cruda (Bao *et al.*, 2007; Nollet *et al.*, 2007; Schlegel *et al.*, 2013; Richards *et al.*, 2015). Además, en un estudio reciente Ming-Zhe *et al.* (2016), observaron que el valor biológico del zinc orgánico a partir de metionina de zinc (Met-Zn), fue de 64% mayor que el del sulfato de zinc. Es por ello, que el objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta productiva de la cerda gestante y su camada, al consumo de dietas adicionadas con Zn orgánico a partir de metionina de zinc, bajo condiciones de clima tropical.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en la granja porcina “La Huerta”, localizada en la Sindicatura de Culiacancito, Culiacán, Sin., con coordenadas geográficas: 24° 49' 38'

latitud Norte y 107° 22' 47' longitud Oeste, con una altitud de 60 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 es de 671.4 mm, con precipitaciones máximas en los meses de julio, agosto y septiembre.

### **Experimento 1.**

**Diseño experimental:** se utilizaron 46 cerdas multíparas híbridas (Yorkshire x Landrace), a las que se les asignó uno de dos tratamientos, en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos (T) consistieron en: T1 (SZn; n = 22); recibieron una dieta, a base de maíz-pasta de soya con aporte nutrimental de acuerdo a la etapa fisiológica, a partir de los 35 días de gestación (79 días, con un consumo de 2 kg alimento/día), y durante la lactancia (21 días con consumo de acuerdo a la demanda); T2 (CZn; n = 24) recibieron una dieta similar al T1, pero adicionada con 100 mg de Zn/kg de alimento, a partir de Metionina de Zinc (Met-Zn), durante el mismo periodo de tiempo y con el mismo manejo alimenticio.

El experimento se realizó durante los meses de enero a mayo de 2015 (época fresca); periodo durante el cual las cerdas estuvieron expuestas a un índice de temperatura y humedad (THI; Mader *et al.*, 2006) entre normal (69 a 72; para los meses de enero a marzo), y alerta fisiológica (75 a 77; para los meses de abril y mayo). La temperatura ambiental promedio durante el periodo de estudio fue de 25.26°C y humedad relativa de 60.18%.

### **Experimento 2.**

**Diseño experimental:** se utilizaron 44 cerdas multíparas híbridas (Yorkshire x Landrace), a las se les asignó uno de dos tratamientos en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos (T) consistieron en: T1 (SZn; n = 25); recibieron una dieta, a base de maíz-pasta de soya con aporte nutrimental de acuerdo a la etapa fisiológica, a partir de los 35 días de gestación (79 días, con un consumo de 2 kg alimento/día), y durante la lactancia (21 días con consumo a libre acceso); T2 (CZn; n = 19) recibieron una dieta similar al T1, pero adicionada con 100 mg de Zn/kg de alimento, a partir de Met-Zn, durante el mismo periodo de tiempo y con el mismo manejo alimenticio.

El experimento se realizó durante los meses de junio a octubre de 2015, periodo durante el cual las cerdas estuvieron expuestas a un THI entre peligro (80 a 83, durante los meses de junio, agosto y octubre), y emergencia fisiológica (> 83) para los meses de julio y septiembre. La temperatura ambiental promedio durante el periodo de estudio fue de 31°C y humedad relativa de 68.24%.

**Manejo de los animales:** las cerdas gestantes se alojaron en jaulas individuales (2.20 m x 0.60 m). Durante la gestación tuvieron libre acceso a agua de bebida y se proporcionaron 2 kg/d de alimento de una dieta para cerdas gestantes (Cuadro 1),

servidos durante la mañana (07:00 h). Tres días antes de la fecha probable de parto fueron alojadas en jaulas individuales de maternidad (2.20 m x 1.50 m), en salas cerradas con ventilación forzada; teniendo agua a libre acceso, y la alimentación se realizó tres veces al día de acuerdo a la demanda de consumo, con una dieta para hembras lactantes (Cuadro 1).

Ingredientes	Gestación	Lactancia
Maíz	793	692
Pasta de soya	160	254
Aceite	5	18
Premezcla mineral	42	36
Aporte nutrimental		
E.M.(Mcal Kg <sup>-1</sup> )	3.272	3.351
Proteína (%)	14.165	17.953
Lisina (%)	0.866	1.081
Fibra (%)	2.463	2.492
Fósforo (%)	0.596	0.699
Calcio (%)	0.980	0.915

**Cuadro 1. Composición e información nutricional de las dietas utilizadas en gestación y lactancia.**

**Mediciones:** la medición del EGD se realizó a los 35 días de gestación (inicio de experimento), y tres días antes de la fecha probable de parto, a 65 mm a cada lado de la línea media, al nivel de la última costilla. Se registró el tamaño y peso de la camada al nacimiento, tamaño y peso de la camada al destete; así como el número de lechones muertos por camada durante la lactancia, y con base en ello se determinó el porcentaje de mortalidad durante este periodo. Además, se determinó la concentración de IgA en el calostro y la concentración plasmática de IgG e IgM en los lechones a los 14 d posdestete.

**Toma de muestras:** las muestras para determinar la concentración de IgA fueron colectadas manualmente, después de haber nacido el primer lechón; se tomaron 2 ml de calostro, el cual fue colocado en frascos estériles, identificados y mantenidos a temperatura ambiente durante 20 minutos; posteriormente se colocaron en hieleras a 4 °C para ser transportadas al laboratorio, donde fueron congeladas a -20 °C hasta el momento de su análisis.

Las muestras de sangre para determinar la concentración plasmática de IgG e IgM, fueron tomadas de los lechones a los 14 días posdestete de la vena yugular en tubos Vacutainer® para análisis de suero. La sangre se mantuvo a temperatura ambiente durante 20 minutos, para después colocarla en hieleras a 4 °C para ser transportadas al laboratorio, donde fueron centrifugadas a 3000 g durante 10 minutos para separar el suero, el cual fue congelado a -20 °C hasta el momento de su análisis.

**Determinación de la concentración de inmunoglobulinas:** la determinación del nivel de IgA en el calostro se realizó mediante una kit de ELISA (Pig IgA ELISA Kit Cat. No.

E101-102 Lot No. E101-102-150306 de laboratorios Bethyl), y la determinación del nivel de IgG e IgM en suero de lechones a los 14 días posdestete, se realizó mediante un kit de ELISA (Pig IgG ELISA Kit Cat. No. E101-104 Lot No. E101-104-150206 y Pig IgM ELISA kit Cat. No. E101-117 Lot No. E101-117-150218 de laboratorios Bethyl).

**Análisis estadístico:** a los resultados de EGD, tamaño de camada al nacimiento, peso de la camada al nacimiento, peso de la camada al destete, tamaño de la camada al destete, concentración de IgA en calostro y concentración plasmática de IgG e IgM en cerdos 14 días posdestete, se les aplicó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar (Steel y Torrie, 1985). Se fijó un alfa máximo de 0.05 para aceptar diferencia estadística y se consideró a cada cerda como la unidad experimental. El modelo matemático utilizado fue:  $Y_{ijk} = \mu + Z_n_j + E_{ijk}$ ; donde:  $Y_i$  = variable de respuesta,  $\mu$  = media general del experimento,  $Z_n_j$  = El efecto del j-ésimo nivel de Zinc y  $E_{ijk}$  = Error aleatorio. A la tasa de mortalidad durante la lactancia se le aplicó un análisis de  $\chi^2$ , utilizando tablas de contingencia 2 x 2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del experimento 1 (Época fresca), se muestran en los Cuadros 2, 3, y 4; los del experimento 2 (Época de calor), se resumen en los cuadros 5, 6 y 7. El consumo de alimento adicionado con 100 mg de Zn/kg a partir de Met-Zn no modificó ( $P = 0.28$ ) el EGD de la cerda durante la época fresca del año (11.58 vs. 12.77 mm); estos resultados coinciden con los obtenidos por Caine *et al.* (2009) quienes al proporcionar dietas adicionadas con 250 mg/kg de Zn orgánico (ZnAA), a partir del último tercio de gestación, no observaron modificaciones en esta variable; estos autores no reportaron las condiciones climáticas en las que se desarrolló el estudio.

En el presente estudio, la temperatura ambiental promedio durante el periodo en que se realizó el experimento 1 (Época fresca), fue de 25.26°C y humedad relativa de 60.18%; condiciones ambientales que no provocan estrés por calor en las cerdas en gestación y lactancia (Mader *et al.*, 2006). Sin embargo, el consumo adicional de Met-Zn, elevó ( $P = 0.05$ ) el EGD (16.64 vs. 14.87 mm) durante la época de calor (Exp. 2). La temperatura ambiental promedio durante este periodo de estudio fue de 31°C y humedad relativa de 68.24%, condiciones ambientales que provocan estrés calórico en las cerdas gestantes y lactantes (Mader *et al.*, 2006).

El estrés por calor ocurre cuando hay un desbalance entre la producción de calor y su disipación del cuerpo de los animales (Marai *et al.*, 2007; Hansen, 2009; Bernabucci *et al.*, 2010; Lewis y Bunter, 2011). La respuesta homeostática general al estrés calórico incluye una disminución en el consumo de alimento y un incremento en el consumo de agua, así como de la temperatura rectal, la temperatura de la piel y la tasa respiratoria en los cerdos (Pearce *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2015). La disminución en el consumo de alimento es una respuesta adaptativa reconocida en muchas especies de animales (Baumgard y

Rhoads, 2012), para disminuir la producción de calor metabólico (Renaudeau *et al.*, 2012).

Otros investigadores han sugerido que el estrés calórico disminuye el crecimiento y la concentración plasmática de Ca, K, Na, y Zn en los animales (Pearce *et al.*, 2013); además de ocasionar una disminución en el consumo de nutrientes. El estrés calórico altera el metabolismo energético y la calidad de la canal en los cerdos, observándose que bajo ambientes con alta temperatura los animales ganan más tejido adiposo que lo energéticamente esperado (Pearce *et al.*, 2013). Al respecto se ha informado que el Zn desempeña una importante función en el metabolismo de los lípidos en la célula, como parte funcional y estructural de algunas enzimas que intervienen en el metabolismo de los lípidos (Islam y Loots, 2007); y se ha sugerido que el consumo de dietas adicionadas con Zn incrementan la acumulación de grasa intramuscular en los lechones destetados a partir de la síntesis nueva de ácidos grasos libres, por una regulación en la expresión de genes transportadores de ácidos grasos libres y por incrementar la actividad enzimática (Zhang *et al.*, 2014). Qu *et al.* (2015), sugirieron la existencia de una respuesta celular autónoma al estrés calórico en los adipocitos de los cerdos, provocando una elevación de las reservas de lípidos en éstos, tal vez a través de la regulación positiva de los genes implicados en la absorción de ácidos grasos y la síntesis de triacilgliceridos.

Estos mismos autores, advirtieron que el estrés calórico aumenta la actividad de la lipoproteína lipasa (LPL) en el tejido adiposo de cerdos. Posteriormente Qu *et al.* (2016), informaron que el estrés calórico induce la expresión de la enzima fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK-C) en el tejido adiposo, provocando una elevación en la gliceroneogénesis, lo que podría explicar el aumento de la acumulación de grasa en los cerdos criados en ambiente con temperaturas elevadas.

La fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK) se encuentra en dos isoformas (PEPCK-C y PEPCK-M); la PEPCKC se expresa principalmente en el hígado, el riñón y el tejido adiposo; en tanto que la PEPCK-M está presente en una variedad de tejidos no gluconeogénicos, incluyendo páncreas, cerebro, leucocitos, corazón o neuronas (Méndez-Lucas *et al.*, 2014).

En un estudio previo Méndez-Lucas *et al.* (2013) concluyeron que la PEPCK-M tiene potencial gluconeogénico *per se* y coopera con la PEPCK-C para ajustar el flujo gluconeogénico a los cambios en la disponibilidad de sustrato o energía en el ciclo de Krebs, sugiriendo un papel en la regulación del metabolismo de glucosa y lípidos en el hígado. Méndez-Lucas *et al.* (2014) sugirieron que la PEPCK-M es importante para mantener la progresión y sobrevivencia celular bajo condiciones de estrés.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, sugieren que el mayor EGD observado en las cerdas que consumieron alimento adicionado con Met-Zn durante la época de calor, pudo estar influenciado por el Zn, mejorando la actividad enzimática en la síntesis y deposición de tejido adiposo.

El consumo de alimento adicionado con 100 mg de zinc/kg, no modificó ( $P > 0.05$ ) el número de lechones nacidos totales (LNT), lechones nacidos vivos (LNV), peso de la camada al nacimiento (PCN), lechones destetados (LD) y peso de la camada al destete (PCD); tanto en la época fresca del año como en la época de calor. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores en estudios previos. Al respecto, Vallet *et al.* (2014) no observaron mejoras en estas variables en cerdas alimentadas con una dieta que contenía 0.07 % de sulfato de zinc desde los 80 días de gestación. Caine *et al.* (2009), al proporcionar una dieta adicionada con 250 mg/kg de un complejo de zinc-aminoácidos (ZnAA) a las cerdas durante el último tercio de gestación, no observaron efecto ( $p > 0.10$ ) en el crecimiento de los cerdos durante la lactancia.

El consumo de alimento adicionado con 100 mg de Zn/kg durante la época fresca (Exp. 1), no modificó ( $P = 0.70$ ) el porcentaje de mortalidad de los lechones durante la lactancia (15.5 vs. 17%); sin embargo, durante la época de calor (Exp. 2), el consumo adicional de Zn disminuyó ( $P = 0.006$ ) el porcentaje de mortalidad durante la lactancia (11 vs. 26%). El zinc es un componente de muchas enzimas y por lo tanto contribuye en varias rutas fisiológicas, incluyendo la actividad antioxidante de la enzima Cu/Zn superóxido dismutasa (Mistry y Williams, 2011), la actividad de las metaloproteasas (Balaban *et al.*, 2012), en la transcripción (Swamynathan, 2010) y en la regulación de  $\text{CO}_2$  (anhidrasa carbónica; Sly y Hu, 1995). Cada uno de ellos podría contribuir a disminuir la mortalidad al nacimiento o antes del destete; sobre todo la regulación de  $\text{CO}_2$  por la anhidrasa carbónica.

Se ha sugerido que la asfixia durante el proceso de parto, contribuye tanto a la muerte fetal como a la mortalidad antes del destete (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2005). En relación a lo anterior, se ha informado que la mayor transferencia de zinc al feto se da durante el último tercio de la gestación (Mahan *et al.*, 2009). Si es así, el zinc suplementario podría reducir la incidencia de muerte fetal durante el parto prolongado y la mortalidad antes del destete, aumentando la actividad de la anhidrasa carbónica, haciendo a los lechones más resistentes a altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  durante el proceso de nacimiento, fundamentalmente en las cerdas sometidas a estrés calórico. Al respecto Ming-Zhe *et al.* (2016) informaron que el consumo de dietas adicionadas con 120 mg/kg de Zn a partir de Met-Zn, eleva la concentración sérica del Zn y la actividad de la anhidrasa carbónica en los lechones destetados. Caine *et al.* (2009) observaron que el consumo de dietas adicionadas con 250 mg/kg de Zn a partir de ZnAA, durante el último tercio de gestación de las cerdas, eleva la concentración sérica de Zn en los lechones lactantes; también indicaron que la administración gástrica por intubación de 40 mg Zn a partir de Met-Zn 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. Vallet *et al.* (2014) obtuvieron una menor mortalidad predestete en cerdas alimentadas con una dieta adicionada con 0.07 % de sulfato de zinc, desde los 80 días de gestación hasta el parto.

Se ha sugerido que el Zn es requerido para apoyar la proliferación celular, y la diferenciación de tejidos en los órganos en desarrollo (Hyun-Ju *et al.*, 2010; Zitka *et al.*, 2010). Mahan *et al.* (2009) informaron que las cantidades de Zn, Cu y Se que se transfieren al feto porcino, aumenta a medida que progresa la gestación; pero la mayor cantidad se transfiere durante los últimos 15 días de gestación. Estos micro minerales se incorporan en varias enzimas y sistemas enzimáticos antioxidantes del cuerpo; por lo tanto, su mayor concentración en los fetos durante la gestación puede reflejar un mayor potencial de actividad antioxidante durante esta etapa. Esto es importante de considerar en líneas de cerdas de alta producción criadas bajo condiciones de estrés calórico, ya que, si la dieta de la cerda no contiene los niveles dietéticos adecuados de minerales para satisfacer las necesidades reproductivas, la cerda movilizará las reservas corporales antes del inicio de la lactancia, lo que puede comprometer la lactancia de la cerda y el rendimiento de su camada.

Los lechones provenientes de cerdas que consumieron alimento adicionado con Zn durante la época fresca, tuvieron una mayor ( $P = 0.001$ ) concentración plasmática de IgG (267 vs. 390.8 ng/mL) a los 14 días postdestete (Cuadro 4); en tanto que la concentración de IgM no fue modificada (214.1 vs. 207.1 ng/mL), al igual que la concentración de IgA en el calostro (1057 vs. 1001 ng/mL). Durante la época de calor los niveles plasmáticos de IgG (373.3 vs. 310 ng/mL) e IgM (235.1 vs. 221.8 ng/mL) no fueron modificados por el consumo de dietas adicionadas con Met-Zn; sin embargo, en las cerdas que no recibieron Zn adicional, se observó una tendencia ( $P = 0.068$ ) de incremento en la concentración de IgA en el calostro (1100.6 vs. 1017.9 ng/mL).

Estudios previos sugieren que las concentraciones de IgA e IgG en el calostro están influenciadas por la estación del año. Se ha observado que exponer a las cerdas a estrés por frío durante los últimos 10 días antes del parto, puede aumentar la absorción de IgG por los lechones (Bate y Hacker, 1985); sin embargo, cuando los lechones son sometidos a estrés por frío, reducen las concentraciones plasmáticas de IgG, presumiblemente por la reducción en la ingesta de calostro (Blecha y Kelley, 1981). También se ha informado que los valores de IgG disminuyen en verano y otoño, o cuando las cerdas son expuestas a altas temperaturas al final de la gestación (Machado-Neto *et al.*, 1987). Inoue (1981) informó que los valores de IgA disminuyen en primavera, verano y otoño, pero aumentan en invierno. Los niveles más bajos de IgA en el calostro de las cerdas que consumieron alimento adicionado con Met-Zn, se pudo deber al efecto farmacológico del Zn sobre la flora patógena intestinal, disminuyendo o estabilizando su población en el intestino; así como al mantenimiento de la integridad intestinal, lo que evita que ésta sea permeable a las endotoxinas bacterianas. Se ha informado al respecto que la suplementación con ZnO se ha asociado con una disminución en el traslado de bacterias desde el intestino delgado a los nódulos linfáticos mesentérico (Huang *et al.*, 1999) y con un incremento en la

estabilidad y homogeneidad en la población de coliformes (Kautouli *et al.*, 1999); así como protegiendo la integridad de la mucosa intestinal (Pearce *et al.*, 2015).

Además de la barrera física que proporcionan los epitelios, el sistema inmunológico de la mucosa también utiliza otros tejidos linfoides asociados con el intestino (TLAI), para proteger al organismo y mediar respuestas innatas y adaptativas subsiguientes. Una característica distintiva de la inmunidad de la mucosa intestinal es la inducción de una respuesta inmune en las placas de Peyer y la producción subsiguiente de IgA, por linfocitos B en la lámina propia (Burkey *et al.*, 2009), cuando es estimulada por un agente antigénico.

Los mayores niveles plasmáticos de IgG (267 vs. 390.8 ng/mL) observados en los lechones provenientes de cerdas que recibieron dietas adicionadas con Met-Zn durante la época fresca, se pudo deber al mayor consumo de esta inmunoglobulina a través del calostro y al efecto conocido del Zn de mejorar la respuesta inmune. Se sabe que el Zn es esencial para las células de alta proliferación, especialmente en el sistema inmunológico, e influye tanto en las funciones inmunes innatas como en las adquiridas (Maggini *et al.*, 2007; Haase y Rink, 2009b; Mocchegiani *et al.*, 2009). Deficiencias de Zn disminuyen la función de las células T y baja los títulos de anticuerpos (Richards *et al.*, 2010). Se ha informado que la adición de Zn a partir de metionina de zinc, mejora la repuesta inmune celular y humoral en gallinas (Soni *et al.*, 2013).

En un estudio reciente Ming-Zhe *et al.* (2016) informaron que tanto la suplementación con 120 mg/kg de Zn a partir de Met-Zn o de nano partículas de ZnO, eleva los niveles plasmáticos de IgG en lechones destetados.

Variable	Tratamientos		EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Testigo	Met-Zn <sup>2</sup>		
Observaciones (n)	22	24		
EGD <sup>3</sup> 35 d de gestación (mm)	8.95	9.08	0.3537	0.86
EGD 111 d de gestación (mm)	12.77	11.58	0.5473	0.28
LNT <sup>4</sup>	13.68	13.21	0.4617	0.61
LNV <sup>5</sup>	12.18	11.63	0.4777	0.57
PCN <sup>6</sup> (kg)	16.19	16.20	0.5561	0.99
LD <sup>7</sup>	10.09	9.83	0.2130	0.55
PCD <sup>8</sup> , ajustada a 21 d de lactancia (kg)	53.352	54.802	1.4671	0.66

<sup>1</sup> Error estándar de la media, <sup>2</sup> Metionina de zinc, <sup>3</sup> Espesor de grasa dorsal, <sup>4</sup> Lechones nacidos totales, <sup>5</sup> Lechones nacidos vivos, <sup>6</sup> Peso de la camada al nacimiento, <sup>7</sup> Lechones destetados y <sup>8</sup> Peso de la camada al destete

**Cuadro 2. Efecto del consumo de alimento adicionado con 100 ppm de Zinc orgánico en el desempeño productivo de cerdas gestantes y lactantes durante la época fresca del año.**

Variable	Tratamientos		Valor de P
	Testigo	Met-Zn <sup>1</sup>	
Observaciones (n)	22	24	
LNV <sup>2</sup>	12.18	11.63	
LD <sup>3</sup>	10.09	9.83	
Mortalidad durante la lactancia (%)	17	15.5	0.70

<sup>1</sup>Metionina de zinc, <sup>2</sup>Lechones nacidos vivos, <sup>3</sup>Lechones destetados

**Cuadro 3. Efecto del consumo de alimento adicionado con 100 ppm de Zinc orgánico en la época fresca del año en la tasa de mortalidad durante la lactancia.**

Variable	Tratamiento		EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Testigo	Met-Zn <sup>2</sup>		
Hembras, n	22	24		
IgA, ng/mL	1057.2	1001.4	35.9	0.448
Lechones, n	20	20		
IgG, ng/mL	267	390.8	19.8	0.001
IgM, ng/mL	214.1	207.1	11.5	0.765

<sup>1</sup>Error estándar de la media, <sup>2</sup>Metionina de zinc

**Cuadro 4. Influencia del consumo de alimento adicionado con Zn durante la época fresca en los niveles de IgA en el calostro y niveles plasmáticos de IgM e IgG en los lechones 14 días posdestete.**

Variable	Tratamientos		EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Testigo	Met-Zn <sup>2</sup>		
Observaciones (n)	25	19		
EGD <sup>3</sup> 35 d de gestación (mm)	14.64	14.55	0.4999	0.93
EGD 111 d de gestación (mm)	14.87	16.64	0.5903	0.05
LNT <sup>4</sup>	12.64	11.55	0.4334	0.21
LNV <sup>5</sup>	10.44	9.35	0.4660	0.24
PCN <sup>6</sup> (kg)	12.55	12.34	0.5768	0.85
LD <sup>7</sup>	7.72	8.31	0.2971	0.32
PCD <sup>8</sup> , ajustada a 21 d de lactancia (kg)	42.28	45.58	1.8582	0.38

<sup>1</sup>Error estándar de la media, <sup>2</sup>Metionina de zinc, <sup>3</sup>Espesor de grasa dorsal, <sup>4</sup>Lechones nacidos totales, <sup>5</sup>Lechones nacidos vivos, <sup>6</sup>Peso de la camada al nacimiento, <sup>7</sup>Lechones destetados y <sup>8</sup>Peso de la camada al destete

**Cuadro 5. Efecto del consumo de alimento adicionado con 100 ppm de Zinc orgánico en el desempeño de cerdas gestantes y lactantes durante la época cálida del año.**

Variable	Tratamientos		Valor de P
	Testigo	Met-Zn <sup>1</sup>	
Observaciones (n)	25	19	
LNV <sup>2</sup>	10.44	9.35	
LD <sup>3</sup>	7.72	8.31	
Mortalidad durante la lactancia (%)	26	11	0.006

<sup>1</sup>Metionina de zinc, <sup>2</sup>Lechones nacidos vivos, <sup>3</sup>Lechones destetados

**Cuadro 6. Efecto del consumo de alimento adicionado con 100 ppm de Zinc orgánico durante la época cálida del año en la tasa de mortalidad durante la lactancia.**

Variable	Tratamiento		EEM <sup>1</sup>	Valor de P
	Testigo	Met-Zn <sup>2</sup>		
Hembras, n	25	19		
IgA, ng/mL	1100.6	1017.9	22.7	0.068
Lechones, n	24	23		
IgG, ng/mL	373.3	310	29.5	0.288
IgM, ng/mL	235.1	221.8	16.5	0.691

<sup>1</sup> Error estándar de la media, <sup>2</sup> Metionina de zinc

**Cuadro 7. Influencia del consumo de alimento adicionado con metionina de Zn durante la época de calor, en los niveles de IgA en el calostro y niveles plasmáticos de IgM e IgG en los lechones 14 días posdestete.**

## CONCLUSIÓN

El consumo de dietas adicionadas con 100 mg de Zn por kg de alimento, aumenta el espesor de grasa dorsal y disminuye el porcentaje de lechones muertos durante la lactancia, en cerdas bajo estrés calórico; el consumo de alimento adicionado con Zn durante la época fresca incrementa los niveles de IgG en los lechones con 14 días posdestete.

## LITERATURA CITADA

ALONSO-SPILSBURY MD, Mota-Rojas, Villanueva-García D, Martínez-Burnes J, Orozco H, Ramírez-Necochea R, Mayagoitia AL, Trujillo ME. 2005. Perinatal asphyxia pathophysiology in pig and human: A review. *Animal Reproduction Science*. 90(1-2):1–30. ISSN: 0378-4320, <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.01.007>

BALABAN NP, Rudakova NL, Sharipova MR. 2012. Structural and functional characteristics and properties of metzincins. *Biochemistry (Moscow)*. ISSN: 1608-3040, 77(2):119–127. <http://dx.doi.org/10.1134/S0006297912020010>

BAO YM, M. Choct, Iji PA, Bruerton K. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *The Journal of Applied Poultry Research*. 16:448–455. ISSN: 1537-0437, <https://doi.org/10.1093/japr/16.3.448>

BATE LA, Hacker RR. 1985. The influence of the sow's adrenal activity on the ability of the piglet to absorb IgG from colostrum. *Canadian Journal of Animal Science*. 65(1):77–85. ISSN: 0008-3984, <http://dx.doi.org/10.4141/cjas85-008>

BAUMGARD LH, Rhoads RP. 2012. Ruminant production and metabolic responses to heat stress. *Journal of Animal Science*. 90(6):1855–1865. ISSN: 1525-3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2011-4675>.

BERNABUCCI U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 4(7):1167–1183. ISSN: 1751-732X, <https://dx.doi.org/10.1017/S175173111000090X>

BHOWMIK D, Chiranjib KP, Sampath K. 2010. A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic disease. *International Journal Pharmaceutical and Biomedical Research*. 1(1):05-11. ISSN: 2348-0262 <https://www.researchgate.net/publication/277014212> A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic disease

BLECHA F, Kelley KW. 1981. Cold stress reduces the acquisition of colostral immunoglobulin in piglets. *Journal of Animal Science*. 52:594–600. ISSN: 1525- 3163, <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19820749155>

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>

BURKEY TE, Skjolaas KA, Minton JE. 2009. BOARD-INVITED REVIEW: Porcine mucosal immunity of the gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science*. 87(4):1493–1501. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-1330>

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*. 86(3):453–462. ISSN: 0034-5288, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.10.005>. Epub 2008 Dec 4

CHAND N, Naz S, Khan A, Khan S, Khan RU. 2014. Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. *International Journal of Biometeorology*. 58 (10):2153–2157. ISSN: 1432-1254 <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-014-0815-7>

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

HAASE H, Rink L. 2009a. The immune system and the impact of zinc during aging. *Immunity and Ageing*. 6:9. ISSN: 1742-4933, <http://dx.doi.org/10.1186/1742-4933-6-9>

HAASE H, Rink L. 2009b. Functional significance of zinc-related signalling pathways in immune cells. *Annual Review of Nutrition*. 29:133–152. ISSN: 1545-4312, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-nutr-080508-141119>

HANSEN PJ. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 364(1534):3341–3350. ISSN: 0080–4614, <https://dx.doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>

HILL GM, Mahan DC, Jolliff JS. 2014. Comparison of organic and inorganic zinc sources to maximize growth and meet the zinc needs of the nursery pig. *Journal of Animal Science*. 92:1582–1594. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas2013-6744>

HU CH, Song ZH, Xiao K, Song J, Jiao LF, Ke YL. 2014. Zinc oxide influences intestinal integrity, the expressions of genes associated with inflammation and TLR4-myeloid differentiation factor 88 signaling pathways in weanling pigs. *Innate Immunity*. 20:478–486. ISSN: 17534267, <http://dx.doi.org/10.1177/1753425913499947>

HUANG SX, McFall M, Cegielski AC, Kirkwood RN. 1999. Effect of dietary zinc supplementation on *Escherichia coli* septicemia in weaned pigs. *Journal of Swine Health and Production*. 7:109-111. ISSN: 1537-209X <https://www.aasv.org/shap/issues/v7n3/v7n3p109.pdf>

HYUN-JU S, Young-Eun C, Taewan K, Hong-In S, In-Sook K. 2010. Zinc may increase bone formation through stimulating cell proliferation, alkaline phosphatase activity and collagen synthesis in osteoblastic MC3T3-E1 cells. *Nutrition Research and Practice*. 4(5):356-361. ISSN: 2005-6168, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2981717/pdf/nrp-4-356.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2981717/pdf/nrp-4-356.pdf)

INOUE T. 1981. Possible factors influencing immunoglobulin: A concentration in swine colostrum. *American Journal of Veterinary Research*. 42:533–536. ISSN: 0002-9645, <http://europepmc.org/abstract/med/7271021>

ISLAM M, Loots DT. 2007. Diabetes, metallothionein and zinc interactions: a review. *Biofactors*. 29 (4):203-212. ISSN: 1872-8081, <http://dx.doi.org/10.1002/biof.5520290404>

KAUTOULI M, Melin L, Jensen-Waern M, Wallgren P, Mollby R. 1999. The effect of zinc oxide supplementation on the stability of the intestinal flora with special reference to composition of coliformes in weaned pigs. *Journal of Applied Microbiology*. 87:564-573. ISSN: 1365-2672, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2672.1999.00853.x>

KELLEHER S, McCormick NH, Velasquez V, Lopez V. 2011. Zinc in specialized secretory tissues: Roles in the pancreas, prostate, and mammary gland. *Advances in Nutrition*. 2:101–111. ISSN: 2156-5376, <http://advances.nutrition.org/content/2/2/101.full.pdf+html>

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. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola*. 9(1):01–06. ISSN: 1806-9061, <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2007000100006>

LEWIS CRG, Bunter KL. 2011. Effects of seasonality and ambient temperature on genetic parameters for production and reproductive traits in pigs. *Animal Production Science*. 51:615–626. ISSN, 1836-0939, <http://dx.doi.org/10.1071/AN10265>

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*. 93:3421–3430. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2015-8910>

MACHADO-NETO R, Graves CN, Curtis SE. 1987. Immunoglobulins in piglets from sows heat-stressed prepartum. *Journal of Animal Science*. 65(2):445–455. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas1987.652445x>

MADER TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84:712-719. ISSN: 1525- 3163, <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1622&context=animalscifacpub>

MAGGINI S, Wintergerst ES, Beveridge S, Hornig DH. 2007. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. *The British Journal of Nutrition*. 1:29–35. ISSN: 1475-2662, <http://dx.doi.org/10.1017/S0007114507832971>

MAHAN DC, Watts MR, St-Pierre N. 2009. Macro- and micromineral composition of fetal pigs and their accretion rates during fetal development. *Journal of Animal Science*. 87:2823–2832. ISSN: 1525- 3163, <http://www.prairieswine.com/pdf/40184.pdf>

MARAI IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep: a review. *Small Ruminant Research*. 71:1–12. ISSN: 0921-4488, <http://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>

MÉNDEZ-LUCAS A, Duarte JA, Sunny NE, Satapi S, He TT, Fu X, Bermúdez J, Burgess SC, Perales JC. 2013. PEPCK-M expression in mouse liver potentiates, not replaces, PEPCK-C mediated gluconeogenesis. *Journal of Hepatology*. 59 (1): 105-113. ISSN: 0168-8278, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhep.2013.02.020>

MÉNDEZ-LUCAS A, Hyroššová P, Novellasdemunt L, Viñals F, Perales JC. 2014. Mitochondrial phosphoenolpyruvate carboxykinase (PEPCK-M) is a pro-survival, endoplasmic reticulum (ER) stress response gene involved in tumor cell adaptation to nutrient availability. *The Journal of Biological Chemistry*. 289 (32): 22090-102. ISSN - 0021-9258, <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M114.566927>

MING-ZHE L, Jie-Ting H, Yi-Hao T, Syuan-Yian M, Chao-Ming F, Tu-Fa L. 2016. Nanosize of zinc oxide and the effects on zinc digestibility, growth performances, immune response and serum parameters of weanling piglets. *Animal Science Journal*. 87: 1379–1385. ISSN: 1740-0929, <http://dx.doi.org/10.1111/asj.12579>

MISTRY HD, Williams PJ. 2011. The importance of antioxidant micronutrients in pregnancy. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. ID 841749, 12 pages. ISSN: 1942-0994, <http://dx.doi.org/10.1155/2011/841749>

MOCHEGANI E, Giacconi R, Cipriano C, Malavolta M. 2009. NK and NKT cells in aging and longevity: role of zinc and metallothioneins. *Journal of Clinical Immunology*. 29:416–425. ISSN: 1573-2592, <http://dx.doi.org/10.1007/s10875-009-9298-4>

NOLLET L, Van der Klis JD, Lensing M, Spring P. 2007. The Effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. *The Journal of Applied Poultry Research*. 16:592–597. ISSN: 1537-0437, <https://doi.org/10.3382/japr.2006-00115>

NRC (National Research Council). 2012. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. ISBN: 978-0-309-22423-9

PAYNE RL, Bidner TD, Fakler TM, Southern LL. 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: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2005-627>

PEARCE SC, Gabler NK, Ross JW, Escobar J, Patience JF, Rhoads RP, Baumgard LH. 2013. The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 91:2108–2118. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2012-5738>

PEARCE SC, Sanz FMV, 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*. 93:4702–4713. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas2015-9018>

QU H, Donkin SS, Ajuwon KM. 2015. Heat stress enhances adipogenic differentiation of subcutaneous fat depot–derived porcine stromovascular cells. *Journal of Animal Science*. 93(8):3832–3842. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2015-9074>

QU H, Yan H, Lu H, Donkin SS, Ajuwon KM. 2016. Heat stress in pigs is accompanied by adipose tissue–specific responses that favor increased triglyceride storage<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*. 94(5):1884–1896. ISSN: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas2015-0084>

RENAUDEAU D, Collin A, Yahav S, de Basilio V, Gourdiere JL, R. Collier J. 2012. Adaptation to tropical climate and research strategies to alleviate heat stress in livestock production: A review. *Animal*. 6(5):707–728. ISSN: 1751-732X, <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731111002448>

RICHARDS JD, Zhao J, Harrell RJ, Atwell CA, Dibner JJ. 2010. Trace Mineral Nutrition in Poultry and Swine. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 23 (11):1527-1534. ISSN, 1011-2367, <http://www.ajas.info/upload/pdf/23-200.pdf>

RICHARDS JD, Fisher PM, Evans JL, Wedekind KJ. 2015. Greater bioavailability of chelated compared with inorganic zinc in broiler chicks in the presence or absence of elevated calcium and phosphorus. *Open Access Animal Physiology*. 7:97-109. ISSN: 1179-2779, <https://doi.org/10.2147/OAAP.S83845>

SANZ FMV, Pearce SC, Gabler NK, Patience JF. 2014. Effects of supplemental zinc amino acid complex on gut integrity in heat-stressed growing pigs. *Animal*. 8:43–50. ISSN: 1751-732X, <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731113001961>

SCHLEGEL P, Sauvant D, Jondreville C. 2013. Bioavailability of zinc sources and their interaction with phytates in broilers and piglets. *Animal*. 7(1):47–59. ISSN: 1751-732X, <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731112001000>

SLY WS, Hu PY. 1995. Human carbonic anhydrases and carbonic anhydrase deficiencies. *Annual Review of Biochemistry*. 64:375– 401. ISSN: 1545-4509, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.bi.64.070195.002111>

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: 1525- 3163, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2014-8580>

SONI NEETA, Mishra SK, Swain R, Das A, Chichilichi B, Sethy K. 2013. Bioavailability and Immunity Response in Broiler Breeders on Organically Complexed Zinc Supplementatio. *Food and Nutrition Sciences*. 4: 1293-1300. ISSN: 2157-9458, <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.412166>

STEEL GD, Torrie JH. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. (2da. Ed.) McGraw-Hill, México, D. F. ISBN: 0-07-060926-8

SWAMYNATHAN S. 2010. Krüppel-like factors: Three fingers in control. *Humans Genomics*. 4(4):263–270. ISSN: 1479-7364, <http://dx.doi.org/10.1186/1479-7364-4-4-263>

VALLET JL, Rempel LA, Miles JR, Webel SK. 2014. Effect of essential fatty acid and zinc supplementation during pregnancy on birth intervals, neonatal piglet brain myelination, stillbirth, and preweaning mortality. *Journal of Animal Science*. 92(6):2422–2432. ISSN: 1525- 3163, <https://dx.doi.org/10.2527/jas.2013-7130>

ZHANG B, Guo Y. 2009. Supplemental zinc reduced intestinal permeability by enhancing occludin and zonula occludens protein-1 (ZO-1) expression in weaning piglets. *The British*

*Journal of Nutrition.* 102:687–693. ISSN: 0007-1145,  
<http://dx.doi.org/10.1017/S0007114509289033>

ZHANG HB, Wang MS, Wang ZS, Zhou AM, Zhang XM, Dong XW, Peng QH. 2014. Supplementation dietary zinc levels on growth performance, carcass traits, and intramuscular fat deposition in weaned piglet. *Biological Trace Element Research.* 161:69-77. ISSN: 1559-0720, <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-014-0078-5>

ZITKA O, Kukacka J, Krizkova S, Huska D, Adam V, Masarik M, Prusa R, Kizek R. 2010. Matrix Metalloproteinases. *Current Medicinal Chemistry.* 17:3751-3768. ISSN: 0929-8673,  
[http://web2.mendelu.cz/af\\_239\\_nanotech/data/pub/Matrix%20Metalloproteinases.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_239_nanotech/data/pub/Matrix%20Metalloproteinases.pdf)

Artículo Original. Mayo-Agosto 2017; 7(2):60-67. Recibido: 16/01/2017 Aceptado: 09/04/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.5>

## Utilización de aceites ozonizados para el tratamiento de heridas en bovinos de engorda

Use of ozonized oils for the treatment of wounds in fattening bovine

Peña-Jiménez Francisco<sup>1\*</sup> [fjpenj@hotmail.com](mailto:fjpenj@hotmail.com), Zamora-Rodríguez Zullyt<sup>2</sup> [efleitas@infomed.sld.cu](mailto:efleitas@infomed.sld.cu), Hernández-Aco Rodrigo<sup>1</sup> [salomon.kaleb@hotmail.com](mailto:salomon.kaleb@hotmail.com), Fleitas-González Eduardo<sup>3</sup> [efleitas@infomed.sld.cu](mailto:efleitas@infomed.sld.cu), Hernández-González Adrián<sup>1</sup> [adrianhg10@hotmail.com](mailto:adrianhg10@hotmail.com), Hernández-Rosado Abigail<sup>4</sup> [abidu71@hotmail.com](mailto:abidu71@hotmail.com)

1Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Tulancingo de Bravo, Hidalgo. México. 2Departamento de Farmacología, Unidad de Sustancias Ozonizadas y Productos Naturales, Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba. 3Clínico Privado. Director de la Clínica Veterinaria "Almiqui", La Habana, Cuba. 4Clínico Privado. \*Autor responsable y de correspondencia: Peña-Jiménez Francisco. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Rancho Universitario. Av. Universidad Km. 1. Ex Hacienda Aquetzalpa, Apartado Postal No. 32, Tulancingo de Bravo, Hidalgo.

### RESUMEN

El cierre de heridas cutáneas está compuesto por una compleja organización de los tejidos, que incluyen hemorragia, inflamación, re-epitelización, formación de tejido de granulación, fases finales de la reparación y remodelación. Hoy en día, es práctico utilizar el O<sub>3</sub> en combinación con aceites vegetales como aceite de oliva, lo que da como resultado aceite de oliva ozonizado. El aceite ozonizado se utiliza para el tratamiento de heridas crónicas, pero ha habido pocos estudios relacionados con los efectos terapéuticos del aceite de oliva ozonizado en cicatrización aguda. La finalidad de este trabajo fue probar la eficacia de aceites ozonizados en la cicatrización de heridas cutáneas en bovinos de engorda. A 10 bovinos de engorda se les realizaron tres incisiones quirúrgicas circulares en la tabla del cuello, que fueron tratadas diariamente con aceites ozonizados, aceite ozonizado de oliva (T1), aceite ozonizado comercial (Oleozon®) (T2) y un control negativo. La cicatrización se evaluó diariamente. Los bovinos tratados con aceite de oliva ozonizado tuvieron una menor producción de costra, las heridas estaban humectas y con escasa retracción de la epidermis, respecto a los controles negativos. Concluyendo que el aceite de oliva ozonizado aceleran el proceso de cicatrización en los bovinos de engorda.

**Palabras clave:** Ozono, aceites ozonizados, heridas, bovinos.

### ABSTRACT

The closure of cutaneous wounds is a complex system of tissues organization that includes hemorrhage, inflammation, re-epithelialization, the formation of granulation tissue and the final stages of repair and remodeling. Today, it is practical and cost-effective to use O<sub>3</sub> in combination with vegetable oil like olive oil to obtain ozonized oils. Ozonized oils have been used topically for the treatment of chronic wounds. However, exist few investigations related to the therapeutic effects on acute healing. The purpose of this study was to evaluate the efficacy of ozonated oils in the healing of skin wounds in fattening bovines. Ten bovines were submitted to three circular surgical incisions in the neck table, which were treated daily with ozonated olive oil (T1) and commercial ozonized oil (Oleozon®) (T2). One surgical incision was used as negative control. The effect of daily cicatrization was evaluated, finding that the bovine treated with ozonated olive oils had a lower production of scab. Also, the wounds were humid and with a little retraction of the

epidermis in comparison with the negative controls. Concluding that ozonized olive oil accelerates the healing process in fattening bovines.

**Keywords:** Ozone, ozonized oils, wounds, bovine

## INTRODUCCIÓN

El cierre de heridas cutáneas está compuesto por una compleja organización de los tejidos, que incluyen la hemorragia, inflamación, re-epitelización, formación de tejido de granulación y las fases finales de la reparación y la remodelación (Kim *et al.*, 2009). Esta compleja organización incluye la coordinación de docenas de tipos de células y proteínas de la matriz, que son importantes para controlar las etapas del proceso de la reparación. Estudios previos han demostrado que los factores de crecimiento endógenos, tales como factores de crecimiento de los fibroblastos (FGF) (Ornitz y Itoh, 2001), factores de crecimiento derivados de las plaquetas (PDGF) (Heldin y Westermark, 1999), factores de crecimiento  $\beta$  (TGF- $\beta$ ) (Werner y Grose, 2003) y factores de crecimiento del endotelio vascular (VEGF) (Lauer *et al.*, 2000), son polipéptidos reguladores del proceso de curación, que están relacionados con la liberación de macrófagos, fibroblastos y queratinocitos en el sitio de la lesión que participan en la regulación de la reepitelización, formación de tejido de granulación, síntesis de colágeno y neovascularización (Kim *et al.*, 2009).

El ozono (O<sub>3</sub>) ha sido ampliamente reconocido como uno de los mejores bactericidas y antifúngicos (Al-Dalain *et al.*, 2001; Valacchi *et al.*, 2005; Elvis y Ekta, 2011) y se ha utilizado empíricamente como un agente terapéutico en el tratamiento de heridas, tales como úlceras tróficas, úlceras isquémicas y en heridas de diabéticos (Martínez-Sánchez *et al.*, 2005; De Monte *et al.*, 2005; Elvis y Ekta, 2011). Los efectos beneficiosos del O<sub>3</sub> en la cicatrización de heridas se ha atribuido a la disminución de la carga bacteriana en la herida infectada y al aumento de la tensión de oxígeno por la exposición O<sub>3</sub> en el área de la herida (Gajendreddy *et al.*, 2005; Lim *et al.*, 2006).

El ozono es un fuerte agente oxidante y posee propiedades bactericidas; éste puede actuar como un inductor de citosinas (Bocci *et al.*, 1993), tales como interferón (IFN- $\gamma$  y  $\beta$ ), factor de necrosis tumoral (FNT- $\alpha$ ) interleucinas (IL)1 $\beta$ , 2, 4, 6, 8 y 10, factor estimulador de colonia granulocito-macrófago (GM-CSF) y el factor transformador del crecimiento (TGF-  $\beta$ 1) (Bocci *et al.*, 1994).

Hoy en día, es práctico y rentable utilizar el O<sub>3</sub> en combinación con aceites vegetales, como es el caso del aceite de oliva, obteniendo aceite de oliva ozonizado. Los aceites ozonizados contienen la molécula de O<sub>3</sub> estabilizada, como un ozónido entre los enlaces dobles de un ácido graso monoinsaturado como el ácido oleico, que es ideal para el uso tópico del O<sub>3</sub> en heridas cutáneas crónicas e infectadas (Valacchi *et al.*, 2005).

El aceite ozonizado se ha utilizado tópicamente para el tratamiento de heridas crónicas, pero ha habido pocos estudios relacionados con los efectos terapéuticos del aceite de oliva ozonizado en la cicatrización aguda (Kim *et al.*, 2009).

Durante la última década, han sido objeto de publicación diversos efectos beneficiosos del pre-condicionamiento oxidativo con Ozono (POO) (Ajamieh *et al.*, 2004; Borrego *et al.*, 2004), el cual, aplicado con un criterio adecuado, se define como una adaptación ante un estrés oxidativo agudo o pre-condicionamiento oxidativo (Bocci, 2006; Zamora *et al.*, 2007; Zamora *et al.*, 2008). También se ha demostrado que la ozonoterapia restablece el balance redox intracelular; incrementando la actividad de las enzimas antioxidantes endógenas, y de esta forma disminuye el estrés oxidativo generado en cualquier proceso patológico (Borrego *et al.*, 2004; Zamora *et al.*, 2005).

Por lo cual, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los aceites vegetales ozonizados sobre la cicatrización en heridas cutáneas agudas en bovinos de engorda.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **Bovinos de engorda**

El presente trabajo se realizó con diez bovinos machos enteros, mestizos, con un peso promedio de 405.85 kilogramos y con una edad promedio de 15 meses.

### **Ozonización del aceite de oliva**

Se empleó aceite de oliva extra virgen comercial, el cual contiene 78.5 % de grasas monoinsaturados (omega 9), 7.1 % de grasas poli insaturados (Omega 3 y 6) y 14% de grasas saturadas. Se ozonizaron 100 ml del aceite de oliva, con un ozonizador de aceite de dos potencias (OzonoBio3, Modelo AO-5); se burbujeó durante 1 h una concentración de ozono de 50 mg/ml, el cual estaba conectado a un generador de oxígeno (Respironics Everflo, Philips) generando un flujo de oxígeno de 2 L/min.

Para dicho estudio se empleó el aceite de oliva ozonizado antes mencionado, además de un aceite de girasol ozonizado comercial OLEOZON®.

### **Determinación del índice de peróxidos**

El índice de peróxido se determinó empleado la técnica reportada por Farmacopeia Británica (British Pharmacopeia, 2000). Se evaluó el índice de peróxido para el aceite de oliva ozonizado y OLEOZON®. Para su realización se colocaron 5g de la muestra en un matraz con 30 ml de una solución ácido acético-cloroformo 2:3. La muestra se agitó hasta disolverse totalmente y se le adicionó 0.5 ml de una solución saturada de yoduro de potasio y se dejó reposar por un minuto. Al finalizar el tiempo se le adicionaron 30 ml de agua destilada y procedió a titularse con tiosulfato de sodio 0.01N hasta obtener una coloración ligeramente amarilla. Después de obtener dicha coloración, se le adicionó 0.5 ml de una solución indicadora de almidón y se continuó titulado hasta la aparición de un color azul. Bajo las mismas condiciones se realizó la titulación de un blanco.

El índice de peróxido se expresó en mili equivalentes de peróxido en un kg de aceite y se calculó empleando la siguiente fórmula.

$$I.P = \frac{(A - A_1) * N * 1000}{M}$$

I.P = Índice de Peróxido

A = Mililitros de solución de tiosulfato de sodio gastados en la titulación de la muestra.

A1= ml de solución de tiosulfato de sodio gastados en la titulación del blanco.

N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

M = Masa de la muestra en gramos.

El índice de peróxido encontrando para el aceite ozonizado de oliva, estuvo en un rango de 400 to 490 mmol/kg y el aceite ozonizado comercial, OLEOZON® en un rango de 500 to 800 mmol/kg.

### **Preparación de los animales experimentales**

Se realizó un examen físico general a cada uno de los animales experimentales, en el cual no se encontró ninguna anormalidad; enseguida se preparó la tabla del cuello derecha para la intervención quirúrgica. Los animales fueron anestesiados localmente con lidocaína al 2%. A cada paciente se le hicieron tres incisiones quirúrgicas circulares en la tabla del cuello, con un diámetro de 2 cm y una profundidad de 3 mm.

La intervención se realizó con los animales en pie, razón por la que no se utilizaron tranquilizantes para evitar decúbitos accidentales durante la manipulación de los mismos.







### **Tratamiento experimentales**

Las heridas de los bovinos en engorda fueron monitoreadas cada 24 h. Cada una de las heridas realizadas recibió un tratamiento diferente, dos de ellas se trataron de manera tópica con los aceites ozonizados; para el tratamiento 1 (T1) se usó el aceite de oliva ozonizado y para el tratamiento 2 (T2) se usó el aceite ozonizado comercial OLEOZON®. Una de las heridas (control negativo) no recibió ningún tratamiento.

La duración del tratamiento fue de quince días, el cual consistió en la limpieza diaria de cada una de las heridas y la aplicación tópica de estos aceites cada veinticuatro horas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Tabla 1 se observan los signos más relevantes de la cicatrización respecto al tiempo y tratamiento.

Semana	Control negativo	Aceite de oliva ozonizado (T1)	Oleozon® (T2)
Semana 1			
	Evidencio tejido de granulación correspondiente a la cicatrización con formación de costra adherida a la epidermis con características de desecación y retracción de la epidermis	Evidencio tejido de granulación con escasa formación de costra observada solo en la periferia de la lesión. Con relativa humectación y escasa retracción de la epidermis.	Evidencio tejido de granulación con formación de costra blanca en forma de placas y escasa retracción de la epidermis, humectación en el epitelio de granulación.
Semana 2			
	Evidencio tejido de granulación correspondiente a la cicatrización disminuido con retracción de la epidermis con tejido de reparación y restos de costra concéntrica oscura.	Evidencio escaso tejido de granulación y formación de costra disminuida observada solo en la zona central de la lesión. Con relativa humectación y retracción de la epidermis.	Evidencio tejido de granulación con formación de costra en el área central de la lesión, cicatrización retardada y en proceso de retracción.

**Tabla 1. Evaluación macroscópica de la cicatrización de las heridas cutáneas en bovinos de engorda.**

Se observó de manera general que la cicatrización de heridas fue más rápida cuando se empleó el aceite de oliva ozonizado, esto puede atribuirse a las propiedades germicidas, de restauración de tejido e inmune-estimulantes de los aceites ozonizados (Martínez-Sánchez *et al.*, 2012). Además, cuando se emplearon los aceites ozonizados se observaron que las heridas se encontraban más humectadas respecto al control y se sabe que las heridas en un entorno húmedo, tiene una mayor epitelización, lo cual influye en el tiempo de recuperación (Bigbie *et al.*, 1989). El mecanismo de acción exacto sobre

la actividad biológica de los aceites ozonizados es aún desconocido; sin embargo, existen varias hipótesis que intentan explicarlo. Una de ellas plantea que es probable que los triozonidos estables al entrar en contacto con los exudados de las heridas, que se encuentran a una temperatura de aproximada de 37°C, provoca que se descompongan y generen ozono, el cual forma peróxido de hidrógeno y lipoperóxidos, que son los responsables de los efectos regenerativos y desinfectantes (Bocci, 2005; Martínez-Sánchez, *et al.*, 2012).

También se plantea que la liberación lenta de ozono en las heridas favorece el proceso de cicatrización, no sólo por la desinfección local, sino también por favorecer a nivel local la liberación de citosinas con efectos reparadores (Valacchi *et al.*, 2005; Valacchi *et al.*, 2011).

### CONCLUSIÓN

Los aceites vegetales ozonizados aceleraron el proceso de cicatrización de las heridas cutáneas de los bovinos en engorda. Las heridas tratadas con aceite de oliva ozonizado, mostraron mayor retracción de la epidermis, con respecto a los controles negativos y a los tratados con el aceite comercial. Las heridas tratadas con el aceite ozonizado comercial (OLEOZON®), tuvieron una cicatrización más tardada, con respecto a las tratadas con aceite de oliva ozonizado.

### LITERATURA CITADA

AJAMIEH HH, Menéndez S, Martínez-Sánchez G, Candelario-Jalil E, Re L, Giuliani A and Fernández OS. 2004. Effects of ozone oxidative preconditioning on nitric oxide generation and cellular redox balance in a rat model of hepatic ischemia-reperfusion. *Liver Int.* 24(1):55- 62. ISSN: 1478-3231. DOI: 10.1111/j.1478-3231.2004.00885.x

AL-DALAIN SM, Martínez G, Candelario-Jalil E, Menéndez S, Re L, Giuliani A, Leon OS. 2001. Ozone treatment reduces markers of oxidative and endothelial damage in an experimental diabetes model in rats. *Pharmacol Res.* 44(5):391-6. ISSN: 1043-6618. DOI: 10.1006/phrs.2001.0867

BIGBIE RB, Schumacher J, Moll D, Engelbert T. 1989. Equine amnion as a biological dressing in the treatment of open wounds in horses. *Proceedings. Am. Associ. Equine pract.* 117-125. ISSN: 17498848

BOCCI V, Luzzi E, Corradeschi F, Paulesu L, Rossi R, Cardaioli E, Di Simplicio P. 1993. Studies on the biological effects of ozone: 4 Cytokine production and glutathione levels in human erythrocytes. *J Biol Regul Homeost Agents.* 7:133-138. ISSN: 0393-974X/2017

BOCCI V, Luzzi E, Corradeschi F, Silvestri S. 1994. Studies on the biological effects of ozone: Production of transforming growth factor  $\beta$  by human blood after ozone treatment. *J Biol Regul Homeost Agents.* 8:108- 111. ISSN: 0393-974X/2017

BOCCI V. 2006. Is true that ozone is always toxic? The end of a dogma. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1; 216(3):493-504. ISSN: 0041-008X. DOI: 10.1016/j.taap.2006.06.009

BOCCI V. 2005. *Ozone A New Medical Drug*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 295 p. ISBN-13: 978-1402031397

BORREGO A, Zamora ZB, González R, Romay Ch, Menéndez S, Hernández F, Montero T, Rojas E. 2004. Protection by ozone preconditioning is mediated by the antioxidant system in cisplatin-induced nephrotoxicity in rats. *Mediat Inflamm*. 13(1):13-19. ISSN: 1466-1861. DOI: 10.1080/09629350410001664806

BRITISH Pharmacopoeia. 2000. Appendix XF, IA, IB. Peroxide value. <http://www.uspbpep.com/bp2008/data/899.asp>

DE MONTE A, van der Zee H, Bocci V. 2005. Major ozonated autohemotherapy in chronic limb ischemia with ulcerations. *J Altern Complement Med*. 11(2):363-7. ISSN: 1075-5535. DOI: 10.1089/acm.2005.11.363

ELVIS AM, Ekta JS. 2011. Ozone therapy: A clinical review. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*. 2(1):66-70. ISSN: 0976-9668. DOI: 10.4103/0976-9668.82319

GAJENDRAREDDY PK, Sen CK, Horan MP, Marucha PT. 2005. Hyperbaric oxygen therapy ameliorates stress-impaired dermal wound healing. *Brain Behav Immun*. 19(3): 217-22. ISSN: 0889-1591. DOI: 10.1016/j.bbi.2004.09.003

HELDIN CH, Westermark B. 1999. Mechanism of action and in vivo role of platelet-derived growth factor. *Physiol Rev*. 79(4):1283-316. ISSN: 0031-9333.

KIM HS, Noh SU, Han YW, Kim KM, Kang H, Kim HO, Park YM. 2009. Therapeutic Effects of Topical Application of Ozone on Acute Cutaneous Wound Healing. *J Korean Med Sci*. 24 (3): 368-374. ISSN: 1011-8934. DOI: 10.3346/jkms.2009.24.3.368

LAUER G, Sollberg S, Cole M, Flamme I, Sturzebecher J, Mann K, Krieg T, Eming SA. 2000. Expression and proteolysis of vascular endothelial growth factor is increased in chronic wounds. *J Invest Dermatol*. 115(1):12-8. ISSN: 0022-202X. DOI: 10.1046/j.1523-1747.2000.00036.x

LIM Y, Phung AD, Corbacho AM, Aung HH, Maioli E, Reznick AZ, Cross CE, Davis PA, Valacchi G. 2006. Modulation of cutaneous wound healing by ozone: differences between young and aged mice. *Toxicol Lett*. 160(2):127-34. ISSN: 0378-4274. DOI: 10.1016/j.toxlet.2005.06.013

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ G, Al-Dalain SM, Menéndez S, Re L, Giuliani A, Candelario-Jalil E, Álvarez H, Fernández-Montequin JI, León OS. 2005. Therapeutic efficacy of ozone in

patients with diabetic foot. *Eur J Pharmacol.* 523(1-3):151-61. ISSN: 0014-2999. DOI: 10.1016/j.ejphar.2005.08.020.

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ G, Re L, Pérez-Davison G, Horwat Delaporte R. 2012. Las aplicaciones médicas de los aceites ozonizados, actualización. *Revista Española de Ozonoterapia.* 2(1):121-139. ISSN: 2174-3215

ORNITZ DM, Itoh N. 2001. Fibroblast growth factors. *Genome Biol.* 2(3): 3005. ISSN: 1474-760X. DOI: 10.1186/gb-2001-2-3

VALACCHI G, Fortino V, Bocci V. 2005. The dual action of ozone on the skin. *Br J Dermatol.* 153(6):1096-100. ISSN: 1365-2133. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2005.06939.x

VALACCHI G, Lim Y, Belmonte G, et al. 2011. Ozonated sesame oil enhances cutaneous wound healing in SKH1 mice. *Wound Repair Regen.* 19(1):107-15. ISSN: 1524-475X. DOI: 10.1111/j.1524-475X.2010.00649.x

WERNER S, Grose R. 2003. Regulation of wound healing by growth factors and cytokines. *Physiol Rev.* 83:835-70. ISSN: 0031-9333. DOI: 10.1152/physrev.00031.2002

ZAMORA-RODRÍGUEZ ZB, González Álvarez R, Guanche D, Merino N, Hernández RF, Menéndez CS, Alonso GY, Schulz S. 2007. Antioxidant mechanism is involved in the gastroprotective effects of ozonized sunflower oil in ethanol-induced ulcers in rats. *Mediators Inflamm.* 2007(65873). ISSN: 1466-1861. DOI: 10.1155/2007/65873

ZAMORA Z, González R, Guanche D, et al. 2008. Ozonized sunflower oil reduces oxidative damage induced by indomethacin in rat gastric mucosa. *Inflamm Res.* 57(1): 39-43. ISSN: 1023-3830. DOI: 10.1007/s00011-007-7034-1

ZAMORA ZB, Borrego A, López OY, Delgado R, González R, Menéndez S, Hernández F, Schulz S. 2005. Effects of ozone oxidative Preconditioning on TNF- alpha release and antioxidant-prooxidant intracellular balance in mice during endotoxic shock. *mediators inflamm.* (1):16-22. ISSN: 1466-1861. DOI: 10.1155/MI.2005.16

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este artículo agradecen a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP) por el apoyo facilitado para la realización de este trabajo.

Artículo Original. Mayo-Agosto 2017; 7(2):68-74. Recibido: 07/12/2016 Aceptado: 10/07/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.6>

## **Efecto de la humedad en incubación sobre la incubabilidad y mortalidad embrionaria del pollo de engorda en el trópico seco mexicano**

Effect of incubator relative humidity on hatchability and embryonic mortality of broiler chicken in Mexican dry tropic

**Prado-Rebolledo Omar<sup>\*1</sup> [omarpr@ucol.mx](mailto:omarpr@ucol.mx); Juárez-Estrada Marco<sup>2</sup> [britoco@unam.mx](mailto:britoco@unam.mx)**

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, México. <sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. \*Autor responsable y de correspondencia: Prado-Rebolledo Omar. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, México. Autopista Colima-Manzanillo km. 40. Crucero de Tecomán, Colima. C.P 28100.

### **RESUMEN**

El objetivo del presente experimento fue evaluar el efecto de dos humedades relativas (HR) en incubación sobre la incubabilidad y mortalidad embrionaria del pollo de engorda en trópico seco mexicano. Un total de 2,520 huevos fértiles incubables fueron divididos en dos tratamientos (1,260 huevos/ tratamiento), se colocaron en bandejas y se precalentaron. Los tratamientos se mantuvieron con  $50 \pm 2 \%$ , y  $58 \pm 2 \%$  HR. Se mantuvo la temperatura de ambas incubadoras a  $37.7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Estas condiciones prevalecieron desde el día 0 hasta el día 19 de incubación. La pérdida de peso fue más significativa ( $P < 0.05$ ) con  $50 \%$  HR que a  $58 \%$  HR. El peso corporal e incubabilidad no se afectaron por la HR. La mortalidad embrionaria tuvo diferencias significativas en la primera semana con un aumento en la HR de  $50 \%$ , en las posteriores etapas de mortalidad embrionaria fueron iguales ( $P > 0.05$ ) a ambas HR. La pérdida de peso fue mayor con la HR de  $50 \%$ . Se concluye que ambas HR se pueden usar en incubación sin afectar la eclosión.

**Palabras clave:** Incubabilidad, incubación, humedad relativa, mortalidad embrionaria.

### **ABSTRACT**

The objective of this experiment was to evaluate the effect of two relative humidities (RH) in incubator machine over hatchability and embryonic mortality of broiler chicken in Mexican dry tropics. A total of 2,520 incubating eggs were warmed at room temperature, they were weighed each one and divided into treatments (1,260 eggs/each) placed in trays and preheated. These treatments were maintained with RH to  $50 \pm 2 \%$  and the other RH of  $58 \pm 2 \%$ . The temperature in both incubators was kept at  $37.7^\circ\text{C}$ . These conditions prevailed from day 0 until day 19 of incubation. Weight loss was more significant ( $P < 0.05$ ), with  $50 \%$  RH than  $58 \%$  RH. Body weight and hatchability were no affected by incubation RH. The data of embryo mortality had a significant difference in the first week with  $50 \%$  of RH, the other stage of embryonic mortality was equal ( $P > 0.05$ ) with both RH incubation. The eggs incubated at  $50 \%$  RH had increased weight loss in comparison with the other incubation RH. It is concluded that both HR can be used without affecting incubating hatching.

**Keyword:** Hatchability, incubation, relative humidity, embryo mortality.

## INTRODUCCIÓN

El manejo de los huevos fértiles desde la granja a la planta continúa siendo esencialmente el mismo, se recolectan de los nidos varias veces al día para evitar su ruptura y contaminación bacteriana, una vez colectados los huevos son puestos a enfriar aproximadamente de 15 a 20 °C y 75 a 80 % de humedad; los huevos pueden ser desinfectados y almacenados postcolecta, y son enfriados por aproximadamente tres días. La transportación de los huevos en camiones de ambiente controlado no ocurre diariamente, ya que las distancias de la granja a la planta incubadora son considerables y puede ser económicamente ineficiente. Los huevos son transportados a las plantas incubadoras, donde son colocados en un cuarto frío con temperatura y humedad regulada, por lo que el tiempo de almacenamiento varía dependiendo la situación de demanda de la industria del pollo de engorda y planta incubadora. La mayoría de las plantas incubadoras comerciales modernas cuentan con incubadoras multietapas, así que la eficiencia de la operación de la incubadora es afectada por su capacidad y programación de carga (Fasenko 2007).

La temperatura, humedad, ventilación y volteo de los huevos son fundamentales en el proceso de incubación, generalmente se acepta que 37.7 °C, sea una temperatura promedio viable, tanto para los pollos como para los pavos. Por arriba o debajo de este punto, la viabilidad del embrión se puede ver disminuida y el porcentaje de nacimientos reducido (Michels, *et al*; 1974; Meijerhof, 1992; Decuyper *et al*; 1992; Phillips, *et al*, 1992; Suárez *et al*; 1997; French, 1997; Taylor, 1997; Peebles, *et al*; 2001).

El nacimiento de los pollos y el procesado posterior son cruciales para el desempeño productivo de las aves. Las aves de producción son los únicos animales que se transportan una vez que eclosionan, lo que hace que sea una experiencia importante en la vida de las aves. Comúnmente se les llama “Pollos de un día”, pero en realidad pueden tener hasta tres días de edad, debido al tiempo de eclosión desde el primer pollo hasta el último, que va de 24 a 48 h (Jacobs, *et al*; 2016).

Uno de los subproductos del metabolismo que ocurre durante la incubación es el agua; el embrión debe eliminar el exceso de agua para poder eclosionar. Durante la incubación un huevo pierde peso debido a la evaporación de agua; esta pérdida de peso es esencial para crear una suficiente cámara de aire que permita la ventilación pulmonar embrionaria, después del picado interno y una exitosa eclosión. Una alta tasa de eclosión es alcanzada cuando exista una pérdida de agua de 12 a 14 % del peso del huevo al momento de incubar, hasta el momento de la transferencia (Taylor, 1997; Barbosa, *et al*; 2012; Van der Pol, *et al*; 2013). Con el fin de regular la evaporación del agua del huevo, debe controlarse el contenido de humedad relativa exterior (Decuyper y Michels, 1992; Phillips, *et al*; 1992).

Burh (1995) realizó un estudio donde evaluó el efecto de diferentes humedades relativas en incubación sobre la incubabilidad, volumen de fluido alantoideo y peso del embrión; donde no encontró diferencias estadísticas en la incubabilidad en las diferentes humedades empleadas, y la pérdida de peso de los huevos se incrementó al elevar la humedad en incubación; el volumen del fluido alantoideo se incrementó conforme aumentaba la humedad. Por otro lado, está bien documentado que conforme aumenta la edad de la reproductora, el cascarón se vuelve más poroso, por lo que incrementa la pérdida de peso del huevo, afectando el intercambio gaseoso del embrión (Scott, 1999; Wilson, 1991; Burh, 1995; Peebles, *et al*; 1987, Vick, 1993).

La temperatura de bulbo húmedo y seco, son dos variables provistas en las incubadoras modernas y son fácilmente manipulables. La relación entre estas dos humedades determina la humedad relativa (HR). La HR externa tiene gran influencia sobre la pérdida de agua durante el proceso de incubación. En México existen zonas geográficas con alta HR, como resultado de este factor, se puede llegar a afectar la incubabilidad y calidad del pollo.

Por lo antes expuesto, descrito el objetivo del presente trabajo, que es determinar el efecto de la humedad durante el proceso de incubación, sobre la pérdida de humedad, incubabilidad y mortalidad embrionaria en época de verano.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 2,520 huevos fértiles, aptos para incubar de la estirpe Ross x Ross con 38 semanas de edad; se identificaron y clasificaron por peso, los cuales previamente antes de incubar se precalentaron por un periodo de 10 horas, a una temperatura promedio de 32 °C, con 60 % humedad relativa (HR). Los huevos se distribuyeron en dos tratamientos con tres repeticiones de 420 huevos en dos máquinas incubadoras. Todos los huevos residuales se examinaron macroscópicamente para determinar la posible causa de mortalidad embrionaria; los huevos se clasificaron como: infértiles, mortalidad temprana (1 a 7 días), mortalidad intermedia (8 a 13 días), mortalidad tardía (14 a 20 días) y huevo picado pero que no eclosionó. Las variables de respuesta a considerar fueron: peso del huevo al momento de la transferencia, peso del pollito al nacer, porcentaje de incubabilidad y mortalidad embrionaria. Los datos se sometieron a un Análisis de Varianza (ANDEVA). Para las diferencias entre tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). Los porcentajes de los datos se analizaron previa transformación al arco seno (Steel y Torrie, 1981). Los datos se realizaron utilizando el paquete computacional *Statistix for Windows 2.0*. 1985 (Microsoft ®).

## RESULTADOS

La pérdida de humedad durante el proceso de incubación mostró diferencia estadística

entre los tratamientos, resultando con mayor pérdida el tratamiento con 50 % de HR, con una diferencia de 0.78 %; el peso de los pollos al nacimiento y porcentaje de incubabilidad no mostraron significancia entre tratamientos. Los huevos residuales se clasificaron de acuerdo a la etapa de muerte embrionaria, la cual sólo mostró diferencia significativa en la primera etapa de desarrollo embrionario; las posteriores etapas fueron iguales estadísticamente ( $P < 0.05$ ) como se puede apreciar en el Cuadro 1.

Tratamiento	Pérdida de humedad	Peso (g)	Incubabilidad	Mortalidad embrionaria			Picado
				1-7 días	8-13 días	14-20 días	
1 (50 % HR)	11.43±3.85 <sup>a</sup>	42.97±3.49 <sup>a</sup>	86.51±2.95 <sup>a</sup>	8.49±3.4 <sup>a</sup>	3.33±2.7 <sup>a</sup>	2.00±1.7 <sup>a</sup>	1.67±1.0 <sup>a</sup>
2 (58 % HR)	10.65±3.82 <sup>b</sup>	42.85±3.47 <sup>a</sup>	86.82±0.66 <sup>a</sup>	6.10±4.2 <sup>b</sup>	4.33±1.30 <sup>a</sup>	1.33±0.3 <sup>a</sup>	1.33±0.9 <sup>a</sup>

Diferentes literales en la misma columna indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 1. Efecto de dos HR en incubación sobre las variables de incubación**

## DISCUSIÓN

El presente estudio mostró que la pérdida de humedad es afectada al manipular la temperatura de bulbo húmedo, ya que se incrementó significativamente en 50 % HR con respecto a 58 % HR. Los huevos deben de perder alrededor de 11 a 14 % de su peso original durante el proceso de incubación (Peebles *et al*, 2001; Suarez *et al* 1997; Decuypere y Michels 1992; Buhr, 1995; Prado *et al* 2001). La cutícula ha sido caracterizada como la barrera más externa del huevo para el control de microorganismos ambientales y el intercambio gaseoso y pérdida de agua, a través de los poros durante el desarrollo embrionario (Vick *et al* 1993; Nys *et al*, 1999). También se ha demostrado que, si se remueve la cutícula, incrementa la pérdida de vapor de agua por conductancia; esto sugiere que la cutícula juega un papel importante en la regulación de la pérdida de peso del huevo en incubación (Suarez *et al*, 1997; Peebles *et al*, 1987, Vick *et al* 1993; Peebles y Brake, 1987).

El peso de los pollos al nacimiento no mostró diferencia entre tratamiento, esto pudo ser a que ambos tratamientos provenían de la misma edad de reproductora; aunque guarda una relación directa con el peso del huevo y peso del saco vitelino (Barbosa, *et al*, 2012; Suárez *et al*; 1997, Wilson, 1991; Narahara *et al*, 2000). La edad de la reproductora afecta la incubabilidad, por lo que se tiene una relación lineal positiva conforme aumenta la edad de la reproductora y hay un aumento del tamaño del huevo, peso del pollo; más sin embargo hay una correlación lineal negativa entre la edad de la reproductora y la incubabilidad.

En el presente estudio no se observó diferencia significativa, ya que se utilizó únicamente una edad de reproductora, sin que se afectara por la temperatura de bulbo húmedo (Barbosa *et al*; 2012, French, 1997, Michels *et al*; 1974; Fassenko *et al*; 2001, Wilson, 1991; Burh, 1995; Vick *et al*; 1993; Arce, 1998). Aunque en el presente estudio no mostró diferencia significativa entre los tratamientos en las variables de mortalidad embrionaria, se puede apreciar que hay un aumento considerable de mortalidad embrionaria en los primeros días de incubación, puede ser asociado a las condiciones del manejo de todos los huevos en general, ya que la granja de reproductora se localiza a una distancia de 1 000 kilómetros de retirada de la planta incubadora; por lo que el transporte puede estar influyendo de manera significativa. Por otro lado, puede ser que el blastodermo se mueva por una rotura de la chalaza y cambia la posición de la yema y blastodermo, ocasionando la muerte embrionaria durante los primeros días de incubación (Peebles *et al*; 1987; Vick, *et al*; 1993; Ulmer-Franco, *et al*, 2010.). Estos resultados sugieren que, al manipular la temperatura de bulbo húmedo, en lugares donde la humedad ambiental es alta o en época de verano, se pueden controlar de manera más apropiada la pérdida de peso de los huevos durante el proceso de incubación.

#### LITERATURA CITADA

BARBOSA VM, Rocha JSR, Pompeu MA, Martins NRS, Baiã NC, Lara LJC, Batista JVMSP, Leite RC. 2012. The effects of relative humidity and turning in incubators machines on the incubation yield and chick performance. *World's Poultry Science Journal*: 69; 89-98. ISSN: 0043-9339 DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000081>.

BUHR RJ. 1995. Incubation relative humidity effects on allantoic fluid volume and hatchability. *Poultry Science*. 74:874-884. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0740874>

DECUYPERE E, Michels H. 1992. Incubation temperature as a management tool: a review. *World's Poultry Science Journal*. 48:28-38. ISSN: 0043-9339. DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS19920004>

FASENKO GM. 2007. Egg storage and the embryo. *Poultry Science*. 86:1020,1024. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.1020>.

FASENKO GM, Christensen VI, Wineland MJ, Petite N. 2001. Examining the effects of prestorage incubation of turkey breeder eggs on embryonic development and hatchability of eggs stored for four or fourteen days. *Poultry Science*. 80:132-138. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/80.2.132>.

FRENCH NA. 1997. Modeling incubation temperature: The effects of incubation design embryonic development, and egg size. *Poultry Science*. 76:124-133. ISSN: 0032-5791 DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/76.1.124>.

JACOBS L, Delezie E, Duchateau L, Goethals K, Ampe B, Lambrecht E, Gellynck X, Tuytens FAM. 2016. Effect of post-hatch transportation duration and parental age on broiler chicken quality, welfare, and productivity. *Poultry Science*.95:1973-1979. ISSN. 0032-5791. DOI:<https://doi.org/10.3382/ps/pew155>.

MEIJERHOF R.1992. Pre-incubation holding of hatching eggs. *World's Poultry Science Journal*. 48:57-68. ISSN: 0043-9339. DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS19920006>

MICHELS H, Geers R, Muambi S. 1974. The effect of incubation temperature on pre and hatching development in chickens. *British Poultry Science*. 15:517-523. ISSN: 0007-1668. DOI: 10.1080/00071667408416142.

NARAHARA D, Asha Rajin R, Srinivasan G, Ramamurthy N. 2000. Methods to improve the hatchability of checked chicken eggs. *British Poultry Science*. 178-181. ISSN: 0007-1668. DOI: 10.1080/713654922.

NYS Y, Hincke MT, Arias JL, García-Ruiz JM, Solomon SE. 1999. Avian eggshell mineralization. *Poultry and Avian Biology Reviews*. 10(3); 143-166. Issn: 1470-2061. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/279562431>

PEEBLES ED, Brake J, Gildersleeve RP. 1987. Effects of eggshell cuticle removal and incubation humidity on embryonic development and hatchability of broiler. *Poultry Science* 66:834-840. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0660834>.

PEEBLES ED, Brake J. 1987. Eggshell quality and hatchability in broiler eggs. *Poultry Science*. 66:596-604. ISSN: 0032-5791 DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0660596>.

PEEBLES ED. Doyle SM, Zuwalt CD, Gerard PD, Latour MA, Boyle CR, Smith TW. 2001. Breeder age influences embryogenesis in broiler eggs. *Poultry Science*. 80:272-277. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/80.3.272>.

PHILLIPS L, Brake J, Ellner S, Oukama R.1992. A mathematical model for estimation of broiler egg weight loss from physical dimensions and air cell size during incubation. *Poultry Science*. 71:625-630. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0710625>.

SCOTT M. 1999. Embriodiagnóstico. (Principales problemas de incubación). Primera Convención Nacional AVECA-G. Manzanillo, Colima, México. 21-23 de octubre.

STATISTIX for Windows 2.0. 1985 (Microsoft ®). Analytical Software P.O. Box 12185. Tallahassee FL 3217-2185. Disponible: <https://www.statistix.com>

Steel RGD, Torrie JH. 1981. Principles and procedures of Statistix. A biometrical approach. 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill. 633 p. ISBN: 0070609268, 9780070609266.

SUÁREZ ME, Wilson HR, Mather FB, Wilcox CJ, Mepheron BN. 1997. Effect of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. Poultry Science. 76:1029-1036. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/76.7.1029>.

TAYLOR G. 1997. Humedad y pérdida de peso del huevo durante incubación. Boletín de Chick Master Incubator Company.

ULMER-FRANCO AM, Fassenko GM, O'Dea CEE. 2010. Hatching egg characteristics, chick quality, and broiler performance at 2 breeder flock ages and from 3 egg weights. Poultry Science. 89:2735-2742. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00403>.

VAN der Pol C., Roovert-Reijrink van IAm, Maatjens CM, Brand van den H, Molenaar R. 2013. Effect of relative humidity during incubation at a set eggshell temperatura and brooding temperature posthatch on embryonic mortality and chick quality. Poultry Science. 92:2145-2155. ISSN: 0032-5791. DOI: [10.3382/ps.2013-03006](https://doi.org/10.3382/ps.2013-03006).

VICK SV, Brake J, Walsh TJ. 1993. Relationship of incubation humidity and flock age to hatchability of broiler hatching eggs. Poultry Science. 72:251-258. ISSN: 0032-5791. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0720251>.

WILSON HR. 1991. Interrelationships of egg size, chick size, post hatching growth and hatchability. World's Poultry Science Journal. 47:5-20. ISSN: 0043-9339. DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS19910002>.

# 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 Experiencias en la Acreditación de Programas de MVZ.

Taller de uso de Bases de Datos.

Reunión de la Red Latina de Ciencia Animal (RELACAN). Está formada por 12 Cuerpos Académicos de México. <http://redlatinadeciencia.wixsite.com/relacan>

El congreso se realiza en Marzo en Tepic, Nayarit, México. En estas fechas se organiza la Feria de Nayarit y la playa esta a 20 minutos.

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 artículos ACEPTADOS EN EL CONGRESO serán publicados en la revista una vez que pasen el ARBITRAJE de la revista ABANICO VETERINARIO. Enviar los trabajos a [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com)

CONFERENCIAS  
PONENCIAS  
PRESENTACION DE LIBROS  
STAND COMERCIALES

Se entrega Factura por el pago, Constancia de Asistente y Constancia de Ponente, esta última incluye todos los autores del trabajo. El pago incluye café durante el congreso y Cena Show. No se publican memorias.