



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



Caprinos en Bacum, Sonora, México. Munguía-Xóchihua Javier.

Indizada en EMERGING SOURCES CITATION INDEX, SCIELO CITATION INDEX, SCIELO MEXICO, IMBIOMED, MEDIGRAPHIC, DIALNET, BIBLAT, REDIB, INDEX COPERNICUS, EBSCO- Fuente Académica Plus, CENGAGE-*Informe académico*, ContentEngine LLC, PERIODICA, LATINDEX, REDIB, SIIC DATA BASES, REVIVEC, SCILIT, International Institute of Organized Research (I2OR), Rootindexing, Scholar Google, Conricyt-CONACYT.



## OFERTA EDUCATIVA:

**Bachillerato Mixto, Licenciatura en Innovación Turística, Licenciatura en Competencias Educativas, Maestría en Competencias Educativas y Doctorado en Gestión e Innovación Educativa.**

Teléfono (311) 133.08.93, o visítanos en Av. Preparatoria #11 Edificio a un *costado de la Central Camionera (Tepic, Nayarit)*.

[www.facebook.com/cenaysiglo21](http://www.facebook.com/cenaysiglo21)

[www.cenaysiglo21.com](http://www.cenaysiglo21.com)

[info@cenaysiglo21.com](mailto:info@cenaysiglo21.com)

[#yosoycenay21](https://www.instagram.com/yosoycenay21)

## ABANICO VETERINARIO

Es la revista internacional de las ciencias veterinarias y zootécnicas, arbitrada por pares, de acceso abierto, presente en index, repositorios y directorios para una mayor visibilidad e incremento de citas; cuenta ISSN para formato impreso 2007-428X, y para formato internet [web 2448-6132](http://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario) y DOI. [Página web](http://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario) <http://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario>. 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 Avenida Preparatoria 11. Colonia Insurgentes Aviación, Tepic, Nayarit, México. CP. 63150 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.

### Abel Edmundo Villa Mancera

Laboratorio de Biotecnología y Biología Molecular. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

### Adrián Zaragoza Bastida

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Tabasco, México.

### Fidel Ávila Ramos

Universidad de Guanajuato, México.

### Nadía Abad Matos

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba.

### Rafael Cervantes Beyra

Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

### Raúl Sánchez Sánchez

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, España.

### Sigfredo FM Torres Sandoval

Supervisión Escolar Zona 227 SEP-Jalisco. México.

### Socorro M Salgado Moreno

Escuela Especial de inglés Kipling. Nayarit, México.

### Ulises Macías Cruz

Universidad Autónoma de Baja California, México.

## COMITÉ DE ARBITRAJE

### **ABEL EDMUNDO VILLA MANCERA**

Laboratorio de Biotecnología y Biología Molecular.  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

### **ADELA BIDOT FERNANDEZ**

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

### **ADRIAN ZARAGOZA BASTIDA**

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad  
Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

### **ALBERTO TAYLOR PRECIADO**

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

### **ALEJANDRO CORDOVA IZQUIERDO**

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.  
México.

### **ALMIRA HOOGESTEIJN REUL**

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

### **AMANDA CONSUELO DIAZ MORENO**

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

### **ANGEL CARMELO SIERRA VASQUEZ**

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

### **ANGELA BORROTO PEREZ**

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

### **ANTONIO FLORES MACIAS**

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Xochimilco,  
México.

### **BENITO RAMIREZ VALVERDE**

Colegio de Postgraduados Campus Puebla. México.

### **CARLOS A CARMONA GASCA**

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

### **ESAUJ JARAMILLO LOPEZ**

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

### **ESPERANZA HERRERA TORRES**

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

### **FIDEL AVILA RAMOS**

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

### **FRANCISCO ESCALERA VALENTE**

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

### **FRANCISCO JAVIER PEÑA JIMENEZ**

Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara.  
México.

### **GIANNI BIANCHI OLASCOAGA**

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

### **GUILLERMO MARTINEZ VELAZQUEZ**

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

### **HÉCTOR SUAREZ MAHECHA**

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

### **JORGE LUIS TORTORA PEREZ**

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

### **JOSE CARMEN RAMIREZ RAMIREZ**

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

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

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

### **JOSE LUIS PONCE COVARRUBIAS**

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

### **JUAN ANTONIO HERNANDEZ BALLESTEROS**

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

### **MARIA GUADALUPE OROZCO BENITEZ**

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

### **NALLELY RIVERO PEREZ**

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

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

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

### **OMAR FRANCISCO PRADO REBOLLEDO**

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

### **PRIMITIVO IRIARTE DEL HOYO**

SEP-Nayarit, México.

### **RAFAEL MARTINEZ GARCIA**

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

### **RAUL SANCHEZ SANCHEZ**

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y  
Alimentaria, España.

### **RUBEN CORNELIO MONTES PEREZ**

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

### **SIOMARA MARTINEZ MARRERO**

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

### **ULISES MACIAS CRUZ**

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

**ABANICO VETERINARIO 8(3) 2018**  
**CONTENIDO**

**Cintillo Legal 7**

**Editorial 8**

**Indicaciones para los autores 9**

**Indizada en 12**

**Suscripciones y pagos por publicación 13**

<b>Revisión: El Ciclo Reproductivo de la Yegua</b>	14
Mare Reproductive Cycle: A Review	
<b>Parásitos gastroentéricos, población <i>haemonchus contortus</i> en caprinos en clima semiárido de Bacum, Sonora, México</b>	42
Gastroenteric parasites and parasitic burdens of <i>Haemonchus contortus</i> in goat from the semiarid climate of the Bacum, Sonora, Mexico	
<b>Productividad de vacas lecheras Holstein sin sombra en dos épocas del año</b>	51
Productivity of Holstein dairy cows without shade at two seasons of the year	
<b>Inclusión de la hoja <i>Moringa oleifera</i> sobre constantes inmunológicas en pollos de engorda</b>	68
Inclusion of the <i>Moringa oleifera</i> leaf on immunological constants in broiler chickens	
<b>Harina de atún negra en dietas de gallina para incrementar los ácidos eicosapentanoico y docosahexaenoico</b>	75
Black tuna meal in chicken diets to increase eicosapentanoic and docosahexaenoic acids	
<b>Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas</b>	86
A proximal chemical analysis in artisanal beer solid waste, and its acceptance in sows	
<b>Sincronización del estro en ovejas con PGF<sub>2</sub><math>\alpha</math> y bioestimuladas con “efecto macho”</b>	94
Estrus synchronization in ewes with PGF <sub>2</sub> $\alpha$ and biostimulated with “male effect”	
<b>Descripción del hábitat invernal de aves de pastizal con sensores remotos y estimación visual</b>	106
Description of the winter habitat of grassland birds with remote sensors and visual estimation	
<b>Evaluación de bolos selenio sobre parámetros productivos e IgG en cabritos inmunizados con bacterina-toxoide</b>	118
Evaluation of selenium boluses on productive parameters and IgG in kids immunized with bacterin-toxoid	
<b>Bovinos intoxicados por <i>Melochia pyramidata</i> en Colima, México</b>	130
Intoxication due to the consumption of huinar ( <i>Melochia pyramidata</i> ) in bovine of Colima, Mexico	

## **CINTILLO LEGAL**

Abanico Veterinario, Año 8, Volumen 8, No. 3, Septiembre-Diciembre 2018, Publicación cuatrimestral editada por Sergio Martínez González, Calle Tezontle 171, Colonia El Pedregal, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63164, Tel 01 311 1221626, [abanicoveterinario@gmail.com](mailto:abanicoveterinario@gmail.com).

Editor responsable: Sergio Martínez González. Cuenta para formato web ISSN 2448-6132 y reserva de derechos al uso exclusivo y 04-2018-061914102900-203 respectivamente, gestionados en el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Sergio A Martínez Orozco, Calle Av Preparatoria 11. Colonia Insurgentes Aviación, Tepic, Nayarit, México. CP. 63150, fecha de la última modificación, 29 de julio de 2018.

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

## EDITORIAL

Estimados este número 8(3) 2018 presenta en la portada Caprinos en clima semiárido de Bacum, Sonora, México; enviada por Munguía-Xóchihua Javier del Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora, México.

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

Se continua con el **CONGRESO INTERNACIONAL ABANICO VETERINARIO, AGROFORESTAL Y PESQUERO.**


<https://abanicoacademico.mx/congreso/congreso-internacional-abanico-veterinario-agroforestal-y-pesquero/>

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

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






## INDICACIONES PARA LOS AUTORES

Se publican artículos científicos con las siguientes características:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

16.- Para obtener tu ID ORCID, ingresa a <https://orcid.org/register>

**INDIZADA EN**

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

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

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

**SCIELO MEXICO. Scientific Electronic Library Online**

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

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

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

**MEDIGRAPHIC. Índice de Revistas Médicas Latinoamericanas**

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

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

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

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

<https://redib.org/?lng=es>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## SUSCRIPCIONES Y PAGOS POR PUBLICACIÓN

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

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

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

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario>  
[www.imbiomed.com](http://www.imbiomed.com)

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

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

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

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

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

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

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

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

## Revisión: El Ciclo Reproductivo de la Yegua Mare Reproductive Cycle: A Review

**Cortés-Vidauri Zimri** [mvzzcv@hotmail.com](mailto:mvzzcv@hotmail.com) **Aréchiga-Flores Carlos\***

[arechiga.uaz@gmail.com](mailto:arechiga.uaz@gmail.com) **Rincón-Delgado Melba** [rmelba47@hotmail.com](mailto:rmelba47@hotmail.com)

**Rochín-Berumen Fabiola** [fabiola.uaz@outlook.com](mailto:fabiola.uaz@outlook.com) **López-Carlos Marco**

[lopcarmarco@hotmail.com](mailto:lopcarmarco@hotmail.com) **Flores-Flores Gilberto** [doktorflores@yahoo.com.mx](mailto:doktorflores@yahoo.com.mx)

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. \*Autor responsable y de correspondencia: Aréchiga-Flores Carlos. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Jardín Juárez No. 147, Col. Centro, Zacatecas, Zac. México. C.P. 98000.

### RESUMEN

El ciclo estral, o intervalo interovulatorio en la yegua, permite monitorear y seleccionar el momento más adecuado para la cópula o la inseminación artificial (IA). El ciclo estral se debe a la interacción de hormonas de la glándula pineal, hipotálamo, hipófisis, gónada y endometrio, y dura 21 días. La glándula pineal segrega melatonina durante las horas de oscuridad. En primavera-verano, existe menor secreción de melatonina, y el hipotálamo secreta a la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) para inducir la secreción de gonadotropinas: (FSH, hormona folículo estimulante y LH, hormona luteinizante) en la adenohipófisis y estimular la función ovulatoria. La FSH promueve el crecimiento folicular y la LH, la maduración folicular y la ovulación. Ambas estimulan la producción de estradiol en los folículos ováricos. El estradiol causa las manifestaciones de estro. Después de la ovulación, se forma el cuerpo lúteo que produce progesterona (P4), para la gestación. La P4 bloquea al hipotálamo y reduce la secreción de GnRH, interrumpiendo el ciclo estral. El hipotálamo, produce oxitocina, que se almacena en neurohipófisis y actúa en endometrio, estimulando a la prostaglandina F2 $\alpha$ , para que ejerza luteolisis, y el inicio de un nuevo ciclo estral. En otoño e invierno se interrumpe la actividad ovulatoria.

**Palabras clave:** yeguas, ciclo estral, intervalo interovulatorio, estro, ovulación, estacionalidad.

### ABSTRACT

The estrous cycle or interovulatory interval in the mare allows monitoring and selection of the most appropriate time for copulation or artificial insemination (AI). Estrous cycle is an interaction of hormones of the pineal gland, hypothalamus, pituitary, gonad and endometrium lasting 21 days. The pineal gland secretes melatonin during dark hours. In spring and summer, there is less melatonin secretion, and the hypothalamus secretes gonadotropin-releasing hormone (GnRH) to induce gonadotropins secretion: (FSH, follicle-stimulating hormone, and LH, luteinizing hormone) in the anterior pituitary and stimulates the ovulatory function. FSH promotes follicular growth and LH, follicular maturation and ovulation. Both stimulate the production of estradiol in the ovarian follicles. Estradiol causes estrus signs. After ovulation, the corpus luteum is formed and produces progesterone (P4) for gestation. P4 blocks the hypothalamus and reduces the secretion of GnRH, interrupting the estrous cycle. The hypothalamus produces oxytocin, which is stored in the neurohypophysis and acts on the endometrium, stimulating prostaglandin F2 $\alpha$  secretion, to exert luteolysis, and the start of a new estrous cycle. In autumn and winter, ovulatory activity is interrupted.

**Keywords:** mare, estrous cycle, interovulatory period, estrus, ovulation, seasonality.

## INTRODUCCIÓN

Las yeguas se reproducen en forma estacional con fotoperiodo alto (muchas horas luz/día ò primavera-verano), y así presentan sus partos en la temporada más adecuada para la supervivencia de su descendencia (Bronson y Heideman, 1994; Escobar, 1997). Utilizan el fotoperiodo para programar su actividad reproductiva: actividad ovulatoria o ciclicidad estral en los días con mayor cantidad de horas luz y anestro con la reducción del fotoperiodo (Escobar, 1997). El efecto del fotoperiodo se realiza por medio de la hormona melatonina, secretada en la glándula pineal durante las horas oscuras (Diekman *et al.*, 2002). Por lo tanto, se establecen diferentes patrones de secreción a través del año, un periodo de mayor y otro con menor duración de melatonina, los cuales determinan las temporadas de anestro y de ovulación respectivamente (Guillaume *et al.*, 1995). Existen además dos periodos de transición: primavera y otoño (Donadeu y Ginther, 2002; Ginther *et al.*, 2003<sup>a</sup>).

En la temporada ovulatoria, la yegua presenta ciclos estrales; se repiten sucesivamente, mientras la yegua no conciba y permanezcan las condiciones de fotoperiodo adecuadas (días con más cantidad de horas luz). Para establecer los intervalos interovulatorios se estimula el eje hipotálamo-hipófisis-gónada, con la participación adicional del útero. Estímulo que conduce al crecimiento folicular con producción de estradiol, ovulación, formación de cuerpo lúteo con producción de progesterona y regresión del cuerpo lúteo.

Conocer los intervalos interovulatorios permite establecer las condiciones para incrementar la fertilidad de las yeguas, mediante la selección del momento más apropiado para la monta natural o la inseminación artificial; así como la aplicación adecuada de hormonas, para manipular el ciclo estral, cuando sea necesario. Además, identificar las alteraciones que se presenten en esta parte del ciclo reproductivo, y aplicar los tratamientos más apropiados.

### LA SECRECIÓN DE MELATONINA

El fotoperiodo influye sobre la secreción de melatonina vía neuroendócrina. En las especies donde se ha estudiado, el estímulo se capta en retina, posteriormente pasa al núcleo supraquiasmático (NSQ) del hipotálamo, ganglio cervical superior (GCS) y glándula pineal (GP). La ausencia del estímulo de la luz en la glándula pineal promueve la síntesis de la enzima *N*-acetil transferasa, la cual influye sobre la serotonina para transformarla en *N*-acetil serotonina, que se convierte en melatonina por acción de la enzima hidroxindol-*o*-metil transferasa. La melatonina actúa en el hipotálamo para regular la secreción de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH). Figura 1.

La retina actúa como foto-receptor, registra la presencia o ausencia de luz; el NSQ opera como reloj biológico interno, regula el ritmo circadiano endógeno; y la GP sirve como

traductor, convierte la información neural en señal hormonal (Bittman *et al.*, 1983; Lincoln, 1984<sup>b</sup>; Fitzgerald y McManus, 2000; Goldman, 2001).

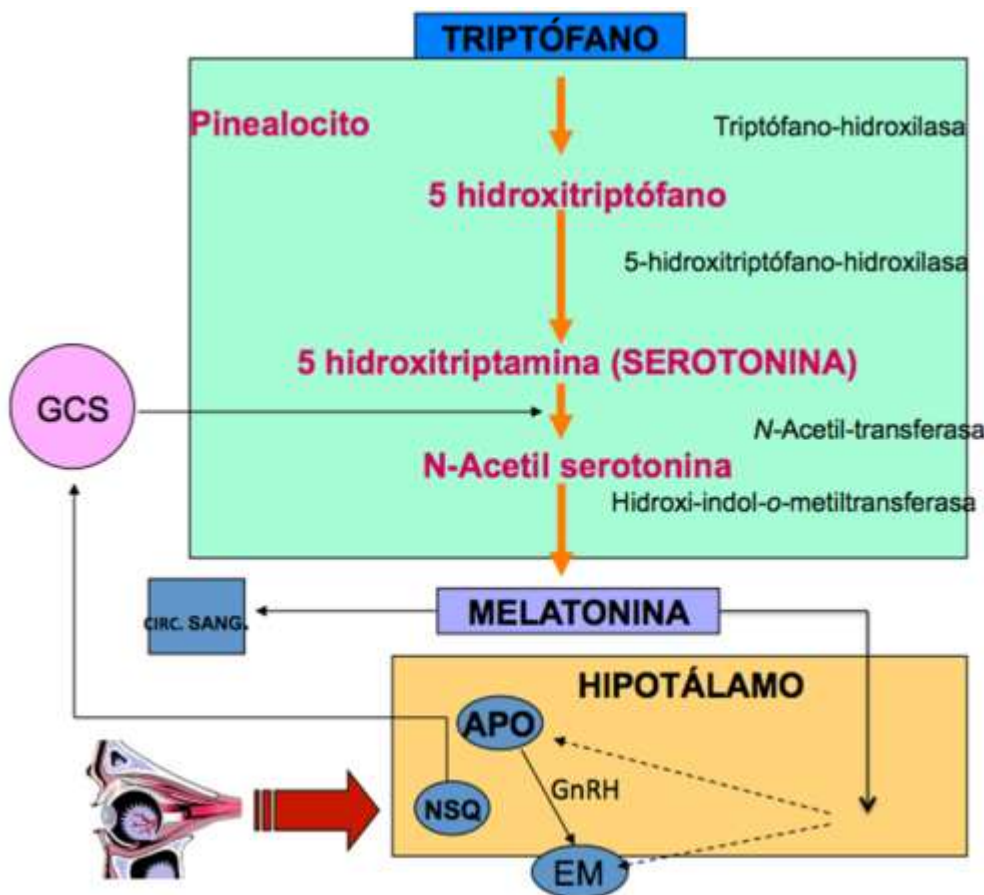


Figura 1. Trayectoria de la señal fotoneuroendocrina y síntesis de melatonina.

La secreción de melatonina presenta ritmo circadiano, se reduce durante las horas de luz y se eleva durante la oscuridad (Salazar-Ortiz *et al.*, 2011); por lo tanto, su periodo de secreción varía de acuerdo al número de horas luz del día y época del año. La Figura 2, muestra la concentración de melatonina en yeguas durante dos temporadas del año, con diferente proporción de horas luz/oscuridad. La concentración de la hormona se incrementa en horas oscuras y se reduce en horas con luz.

La secreción reducida de melatonina, como ocurre en primavera y verano, permite la función del eje hipotálamo-hipófisis-gónada (HHG), y como consecuencia la yegua presenta ciclos estrales hasta lograr concebir. En cambio, el mayor periodo de secreción de melatonina, como sucede en otoño-invierno, época del año con mayor cantidad de horas oscuras, los folículos no alcanzan el crecimiento adecuado para llevar a cabo la desviación o selección folicular; esto se debe a la reducción en la secreción de hormona

luteinizante (LH); hormona relacionada con la desviación y maduración folicular (Bergfeld *et al.*, 2001; Collins *et al.*, 2007). Los folículos ováricos se atresian y no ovulan; por lo tanto, no se presenta el concierto endocrinológico que conduce a la ovulación y la yegua permanece en anestro (Guillaume *et al.*, 1995).

Existen además dos periodos de transición: primavera y otoño (Donadeu y Ginther, 2002; Ginther *et al.*, 2003<sup>a</sup>). El periodo de transición de primavera se lleva a cabo del anestro a la ovulación; se caracteriza por incremento del crecimiento folicular y culmina con la primera ovulación del año (Bergfeld *et al.*, 2001; Donadeu y Ginther, 2002). El de otoño une las temporadas ovulatoria y anestro; se caracteriza por la reducción del crecimiento folicular (Ginther *et al.*, 2003<sup>a</sup>).

Con base en lo anterior, la estacionalidad se debe incrementar en animales mantenidos en los hemisferios y reducirse conforme se aproxime al Ecuador; y de hecho así sucede. Las yeguas mantenidas en los hemisferios (Hughes *et al.*, 1977; Sharp, 1980; Dowsett *et al.*, 1993; Gentry *et al.*, 2002) y alrededor del Trópico de Cáncer (Silva y Chávez, 1991; Orozco *et al.*, 1992; Escobar, 1997); presentan una estacionalidad reproductiva más marcada que a menor latitud (González y Valencia, 1977; Saltiel *et al.*, 1982) y en regiones cercanas al Ecuador (Quintero *et al.*, 1995).

### **LA TEMPORADA OVULATORIA**

En esta temporada se presenta el concierto hormonal que conduce a la ovulación (Irvine y Alexander, 1994), para conformar el intervalo interovulatorio. Como se puede observar en la Figura 3, en el hipotálamo se produce GnRH, la cual estimula la secreción de gonadotropinas: hormona folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), en el lóbulo anterior de la hipófisis (Alexander e Irvine, 1987).

Las gonadotropinas promueven el desarrollo folicular, la FSH hasta la desviación y LH hasta el nivel preovulatorio (Bergfeld *et al.*, 2001). Los folículos producen estradiol e inhibina. El estradiol ejerce retroalimentación negativa sobre las gonadotropinas (Ginther *et al.*, 2008<sup>a</sup>) y la inhibina sobre FSH (Bergfeld y Ginther, 1985); además la LH se relaciona con la ovulación (Ginther, 1992). En las yeguas sin gestación mantenidas en la temporada con mayor cantidad de horas luz, las ovulaciones (acompañadas de celo) se repiten cada 21 días en promedio para constituir el ciclo estral (Ginther y Pierson, 1989; Ginther, 1992; Ginther *et al.*, 2008f).

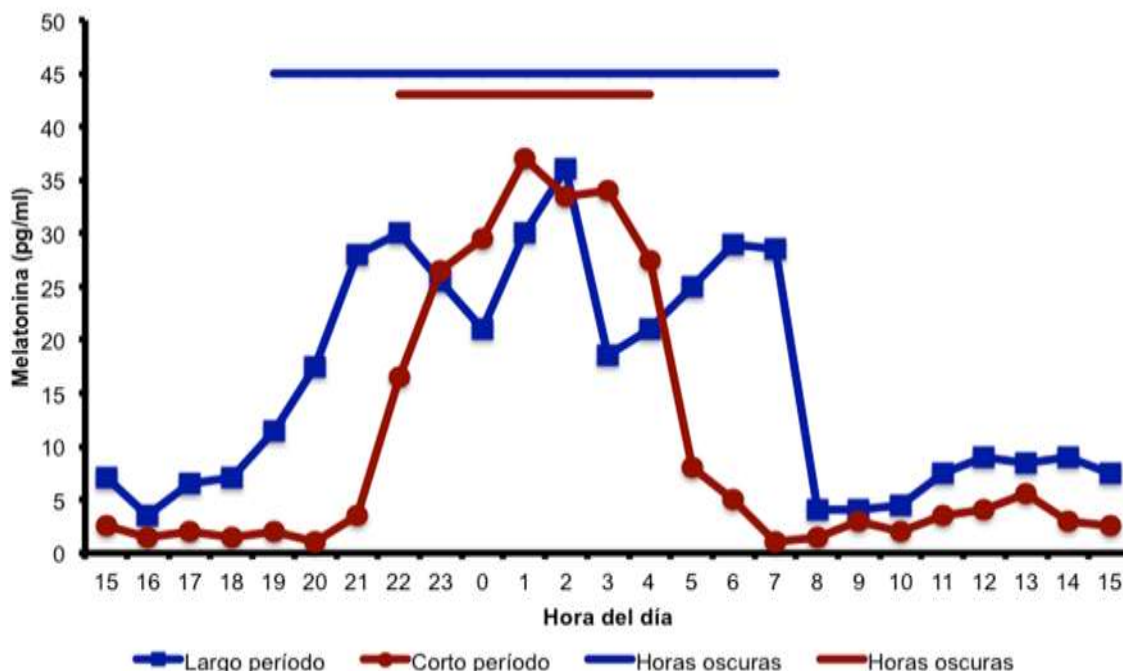
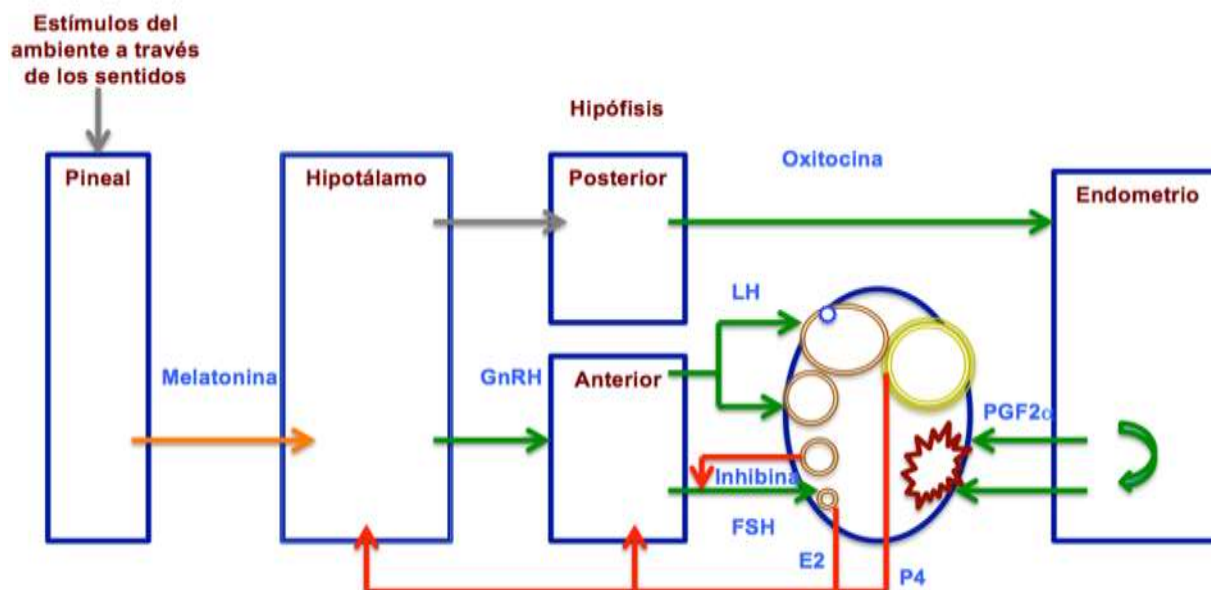


Figura 2. Concentración de melatonina en yeguas con largo y corto periodo de horas oscuras durante el día (adaptado de Salazar-Ortiz *et al.*, 2011).

Ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo, el cual produce progesterona; y ejerce retroalimentación negativa sobre las gonadotropinas (Gastal *et al.*, 1999). El hipotálamo también produce oxitocina, esta hormona se almacena y se secreta en el lóbulo posterior de la hipófisis (Lincoln, 1984<sup>a</sup>) y estimula el endometrio para la producción de prostaglandina F2 $\alpha$  (Shand *et al.*, 2000), la cual a su vez se encarga de la regresión del cuerpo lúteo al final del ciclo (Ginther y First, 1971; Stabenfelt *et al.*, 1974; Ginther *et al.*, 2008<sup>b</sup>; Ginther y Beg, 2009), con la subsiguiente reducción de progesterona y una nueva oportunidad para que la yegua conciba en el nuevo ciclo estral (Neely *et al.*, 1979). La oxitocina también se produce en útero (Watson *et al.*, 1997; Stout *et al.*, 2000; Allen, 2001), con lo cual se establece su secreción pulsátil; proceso importante en la luteólisis. Con base en lo anterior, los folículos ováricos crecen, maduran y ovulan debido al efecto de las gonadotropinas; y la yegua tiene la oportunidad de concebir y desarrollar la gestación (Gastal *et al.*, 1997; Goudet *et al.*, 1999; Crowell-Davis, 2007). El porcentaje de concepciones a través del año se presenta en la Figura 4. Como consecuencia, los partos se presentan en la primavera, época del año con las condiciones apropiadas para la supervivencia de su descendencia.



Flecha gris indica transmisión neural, verdes estímulo positivo, rojas retroalimentación negativa y naranja efecto de la melatonina sobre hipotálamo (se realizó con la información de varios autores, ver texto)

**Figura 3. Neuroendocrinología del ciclo estral en la yegua.**

Con relación al comportamiento de la yegua, el ciclo estral se ha dividido en estro y diestro; y con relación a la fisiología en dos partes: folicular y lútea (Ginther *et al.*, 1992; 1993). Estro es el periodo de receptibilidad sexual de la yegua, y el aparato genital se encuentra en condiciones de recibir y transportar espermatozoides, para finalmente culminar con la ovulación (Crowell-Davies, 2007; Ginther *et al.*, 2008<sup>f</sup>). Se caracteriza por la presencia de folículos en diferente desarrollo y la secreción simultánea de estradiol, por lo cual también se le conoce como fase folicular. Su duración es de 5 a 7 días, con variación de 3 a 9 dependiendo de la época del año; es más prolongado en otoño (7 a 10 días), y de menor duración al inicio del verano (4-5 días). En el estro, la yegua busca al garañón, con desplazamiento lateral de la cola, orina frecuentemente en pequeñas cantidades, con secreción mucosa y eversión del clítoris; además baja la cabeza, relaja los músculos faciales, inclina la pelvis y separa los cuartos traseros para permitir la introducción del pene en el momento de la cópula (Crowell-Davis, 2007).

El diestro comprende la parte restante del ciclo, sin alteración del comportamiento del animal, permanece en su actividad cotidiana. Se caracteriza por la presencia de cuerpo lúteo con producción de progesterona, por lo cual también se le conoce como parte lútea; su duración varía de 12 a 16 días. La progesterona ejerce retroalimentación negativa sobre el hipotálamo para reducir la secreción de GnRH y como consecuencia de LH (Irvine y Alexander, 1993). A nivel de los ovarios, durante el intervalo entre ovulaciones o ciclo estral se presenta el crecimiento folicular con producción de estradiol, ovulación, formación del cuerpo lúteo y finalmente regresión lútea.

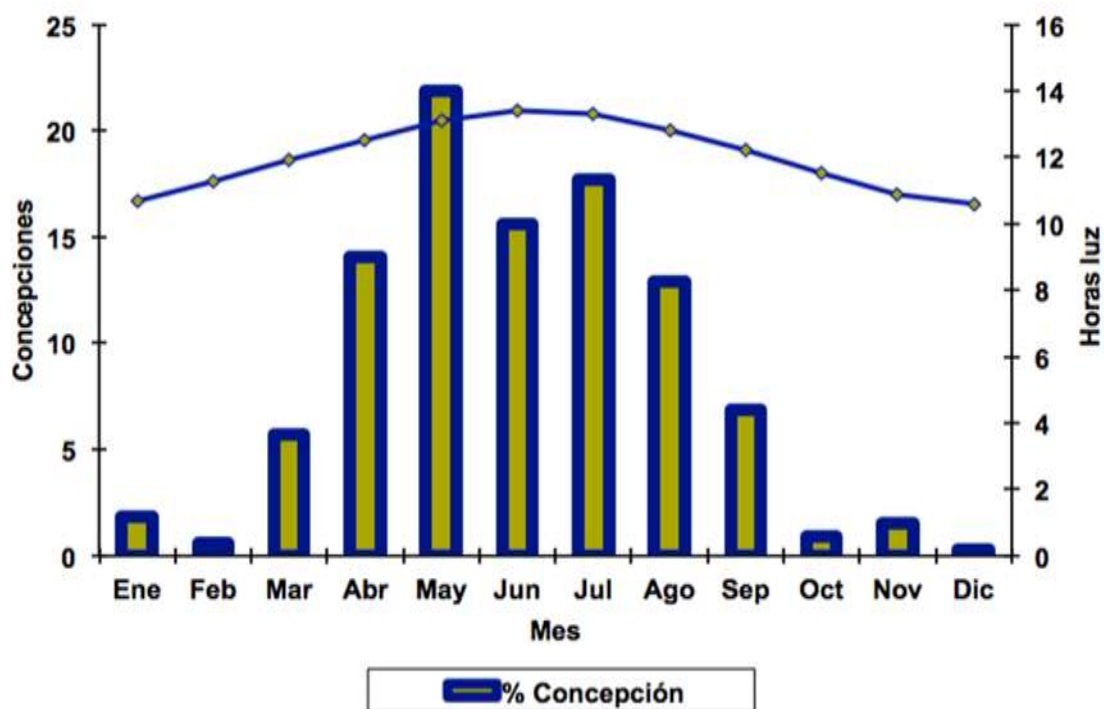


Figura 4. Porcentaje de concepción a través del año en yeguas mantenidas bajo fotoperiodo natural a 22° 58' (Escobar, 1997).

## EL CRECIMIENTO FOLICULAR

El crecimiento folicular se caracteriza por la proliferación, diferenciación y secreción de las células foliculares, con el fin de establecer un ambiente apropiado para la maduración y preparación para fertilizar al ovocito (Armstrong y Webb, 1997); se realiza por medio de ondas y oleadas. En las yeguas se han encontrado dos tipos de oleadas: ovulatorias y anovulatorias (Ginther, 1993). Las ondas ovulatorias son las más frecuentes e inician su desarrollo en la parte media del intervalo interovulatorio y culmina con la ovulación (Ginther *et al.*, 2003). Un detalle de esta información se puede observar en la Figura 5. Las anovulatorias pueden ser mayores o menores. Las mayores se han encontrado en el 24 al 25% de las yeguas, con desarrollo del folículo ovulatorio (Ginther *et al.*, 2004<sup>a</sup>) y se desarrolla durante la primera parte del intervalo entre ovulaciones (Bergfelt y Ginther, 1993<sup>a</sup>). Las oleadas anovulatorias menores corresponden a folículos que llegan a medir de 22 a 23 mm de diámetro y se vuelven atrésicos. Estas oleadas se pueden presentar en menos del 25% de los casos y en cualquier parte del intervalo interovulatorio (Bergfelt y Ginther, 1993<sup>a</sup>, Ginther, 1993; Ginther *et al.*, 2004<sup>a</sup>). Las oleadas ovulatorias, pese a tratarse de un proceso continuo, se pueden dividir para su estudio en 4 fases o periodos: común de crecimiento, desviación o selección, dominancia y ovulación.

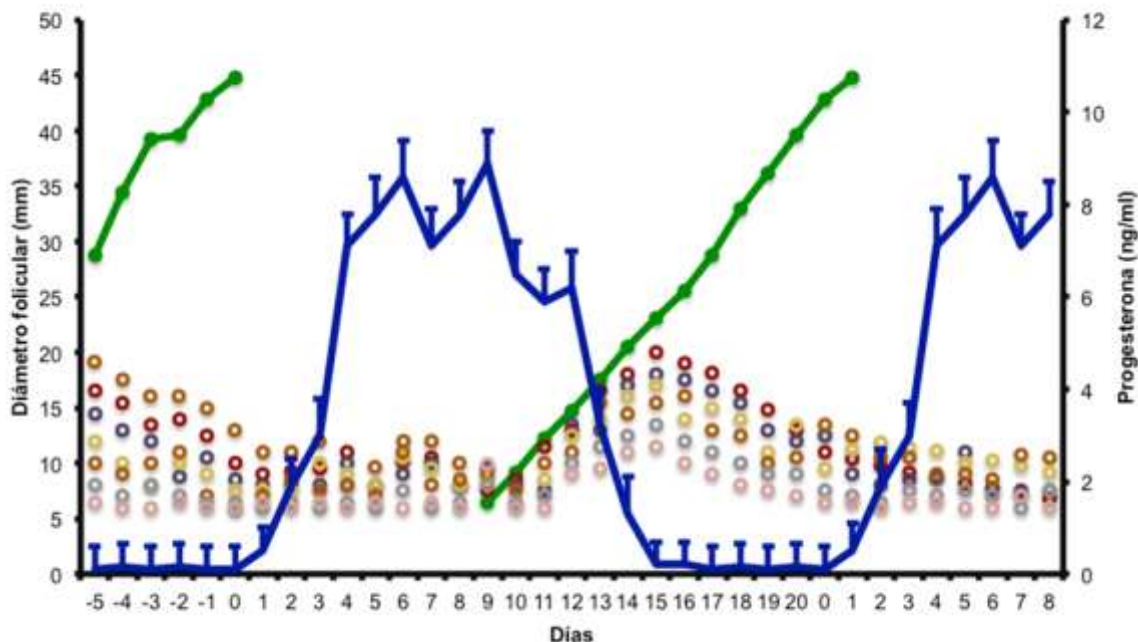
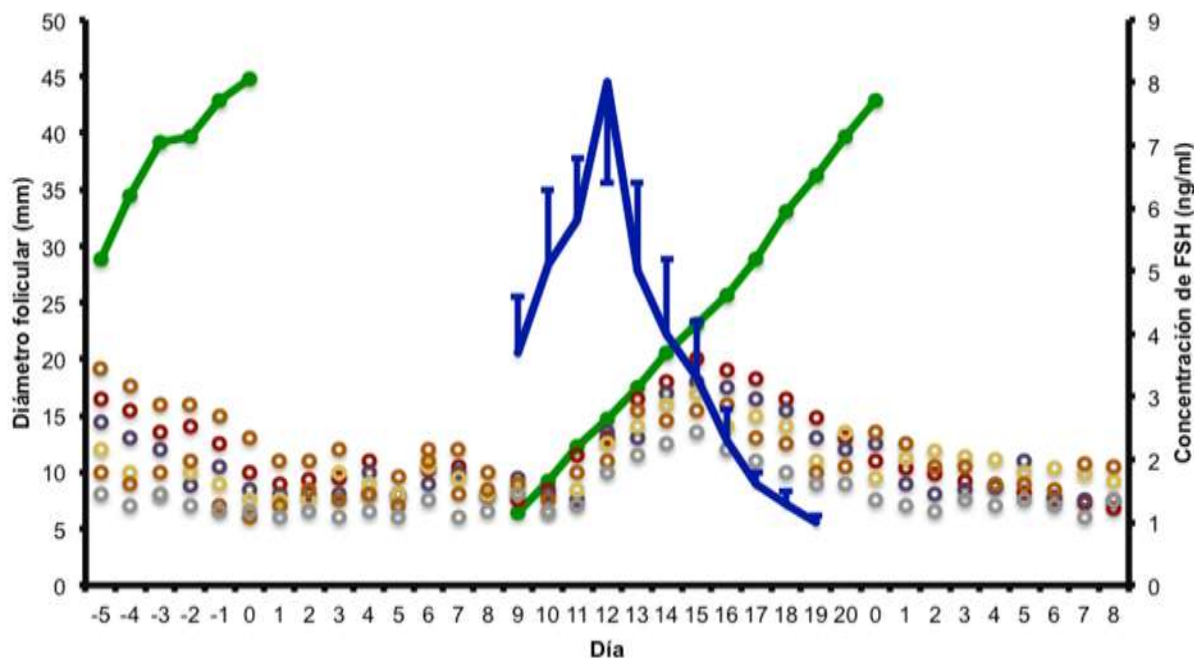


Figura 5. Crecimiento folicular y concentración sanguínea de progesterona durante el ciclo estral de la yegua (adaptado de Gastal *et al.*, 1997; Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>; Slough *et al.*, 2011).

**Fase común de crecimiento:** comprende desde la identificación de los folículos mediante ultrasonografía, generalmente de 6 mm de diámetro, hasta la desviación (periodo en que se selecciona un folículo para continuar su crecimiento y los demás sufren atresia (Ginther, 1993). En esta parte del proceso, los folículos aumentan su tamaño de manera uniforme, 2.8 mm/día, y ninguno influye sobre el crecimiento de sus compañeros (Gastal *et al.*, 1997). Todos los folículos presentan la capacidad para continuar su crecimiento y participar en la siguiente fase del desarrollo folicular. Sin embargo, sólo uno (u ocasionalmente dos; Ginther *et al.*, 2009<sup>a</sup>) lo hará; los demás pierden esta capacidad aproximadamente 48 horas después de la desviación y sufren atresia (Gastal *et al.*, 2004; Ginther *et al.*, 2004<sup>a</sup>, 2004<sup>b</sup>).

Los folículos de mayor diámetro, alcanzan antes el tamaño para la desviación (Gastal *et al.*, 1997); por lo tanto, presentan mayor probabilidad para continuar su desarrollo; la probabilidad aumenta conforme se aproxima el diámetro esperado para el inicio de la desviación. En el 60% de las oleadas, el folículo de mayor tamaño continúa su crecimiento; en los casos restantes, el folículo mayor detiene (o ligeramente reduce) su incremento de tamaño durante la fase común de crecimiento y lo reemplaza el segundo. La FSH estimula el crecimiento folicular durante la fase común en todas las oleadas; en las oleadas ovulatorias, la concentración sanguínea de FSH se incrementa paulatinamente desde el periodo previo, a la identificación de los folículos, mediante ultrasonografía hasta 13 mm de diámetro; lo que sucede 3 días anteriores a la fecha

esperada para la desviación (Gastal *et al.*, 1997; Donadeu y Ginther, 2001; Bergfeld *et al.*, 2001; Ginther *et al.*, 2003<sup>a</sup>; 2003<sup>b</sup>). Posteriormente la concentración sanguínea de FSH disminuye, pero con el nivel suficiente para impulsar el desarrollo del futuro folículo dominante hasta 48 horas después del diámetro esperado para la desviación (22 mm), pero incapaz de promover el desarrollo de los demás, los cuales sufren atresia debido a la falta de apoyo hormonal (Ginther *et al.*, 2003<sup>a</sup>; 2003<sup>b</sup>; Checura *et al.*, 2009). La información detallada de este proceso se muestra en la Figura 6.



**Figura 6.** Desarrollo folicular durante la fase común de crecimiento (diferentes colores), esviación y folículo dominante (línea verde); así como medias de FSH (línea azul) durante el ciclo estral de la yegua (adaptado de Gastal *et al.*, 1997; Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>).

El efecto de la FSH se realiza por medio del IGF-I (Ginther *et al.*, 2004<sup>c</sup>; 2004<sup>d</sup>; 2008<sup>c</sup>; 2008<sup>d</sup>; Checura *et al.*, 2010<sup>a</sup>; 2010<sup>b</sup>), y su reducción se debe al efecto de retroalimentación negativa que realizan el estradiol y la inhibina; hormonas producidas en las células de la granulosa (Miller *et al.*, 1979, 1981; Bergfeld y Ginther, 1985; Bergfeld *et al.*, 2001; Watson *et al.*, 2002; Donadeu y Ginther, 2003; Ginther *et al.*, 2005<sup>a</sup>; 2008<sup>a</sup>). El nivel de FSH regresa a su concentración basal de 2 a 3 días después de la desviación (Checura *et al.*, 2009).

**La desviación ó selección folicular:** en la desviación o selección folicular un folículo de cada oleada (ocasionalmente dos) continúa su producción de estradiol y como consecuencia mantiene su crecimiento, los demás sufren atresia (Gastal *et al.* 1997, 1999; Ginther *et al.*, 2003<sup>a</sup>; 2003<sup>b</sup>; 2004<sup>b</sup>). El incremento continuo de la síntesis de estradiol en este folículo promueve el desarrollo de receptores para LH en sus células de

la granulosa, receptores que se incrementan conforme aumenta el diámetro folicular (Goudet *et al.*, 1999); con lo cual puede incrementar su producción de estradiol (pese a la reducción de FSH) y transformarse en folículo dominante (FD) (Goudet *et al.*, 1999; Gastal *et al.*, 1999<sup>a</sup>; 1999<sup>b</sup>; Ginther *et al.*, 2004<sup>a</sup>); lo que no sucede en los folículos subordinados, por eso sufren atresia (Ginther y Bergfelt, 1993; Ginther *et al.*, 2004<sup>a</sup>; Gastal *et al.*, 2006<sup>a</sup>; 2006<sup>b</sup>; Claes *et al.*, 2017).

La reducción en la concentración de LH conduce a la disminución del diámetro folicular (Gastal *et al.*, 1999<sup>b</sup>, 2000). La continua disminución de FSH, como sucede en esta parte del proceso, conduce al daño morfológico y funcional de los folículos subordinados (Gastal *et al.*, 1999<sup>a</sup>; Gastal *et al.*, 1999<sup>b</sup>; Donadeu y Ginther, 2001); por lo tanto, la FSH apoya el desarrollo folicular hasta la desviación. La tarea de promover el crecimiento del folículo dominante corresponde a la LH (Gastal *et al.*, 1997; Bergfelt *et al.*, 2001).

La concentración sanguínea de LH se incrementa antes de la desviación (Bergfelt *et al.*, 2001); además de los cambios hormonales discutidos anteriormente, se incrementa el flujo sanguíneo en el futuro folículo dominante dos días antes de que adquiera el diámetro esperado para la desviación (Acosta *et al.*, 2004<sup>b</sup>).

La Figura 5, muestra al folículo dominante que mantiene su crecimiento constante hasta uno o dos días antes de la ovulación (Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>), y ovula (oleada ovulatoria) o sufre atresia (oleada anovulatoria mayor). El folículo dominante incrementa su tamaño de 2.5 a 3 mm de diámetro por día después de la luteólisis. Por consiguiente, el folículo llega a medir de 40 a 45 mm de diámetro el día previo a la ovulación (Ginther, 1993; Ginther *et al.*, 2003), y en forma de pera (Kimura *et al.*, 2005). La tasa de crecimiento del folículo ovulatorio disminuye la víspera de la ovulación en yeguas con una y dos ovulaciones (Gastal *et al.*, 2006<sup>a</sup>; Gastal *et al.*, 2006<sup>b</sup>; Ginther *et al.*, 2008<sup>c</sup>). El inicio de la reducción del diámetro folicular coincide con el mayor nivel de LH de la secreción ovulatoria (Gastal *et al.*, 2006<sup>a</sup>; Gastal *et al.*, 2006<sup>b</sup>; Gastal *et al.*, 2006<sup>c</sup>). (Figura 7).

Los factores de crecimiento: similares a la insulina-I (IGF-I) y vascular endotelial (VEGF), también participan en la desviación folicular. El IGF-I estimula la proliferación en las células de la granulosa (CG) y realiza sinergia con las gonadotropinas para promover la diferenciación de las células foliculares (Spicer y Echtenkamp, 1995). La concentración de IGF-I libre se incrementa diferencialmente en el futuro folículo dominante antes del inicio de la desviación (Donadeu y Ginther, 2002), e incluso estimula su desarrollo en animales con bajo nivel de gonadotropinas (Checura *et al.*, 2010<sup>a</sup>). El estradiol incrementa la síntesis de IGF-I y potencializa la expresión de receptores para gonadotropinas en las células de la granulosa. La IGF-I aumenta la sensibilidad de las células de la granulosa a las gonadotropinas.

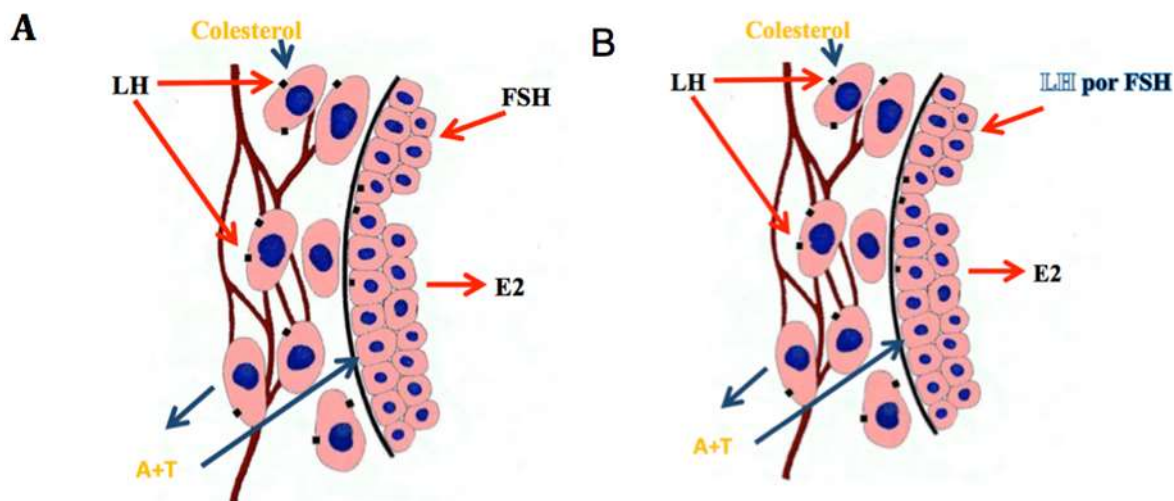
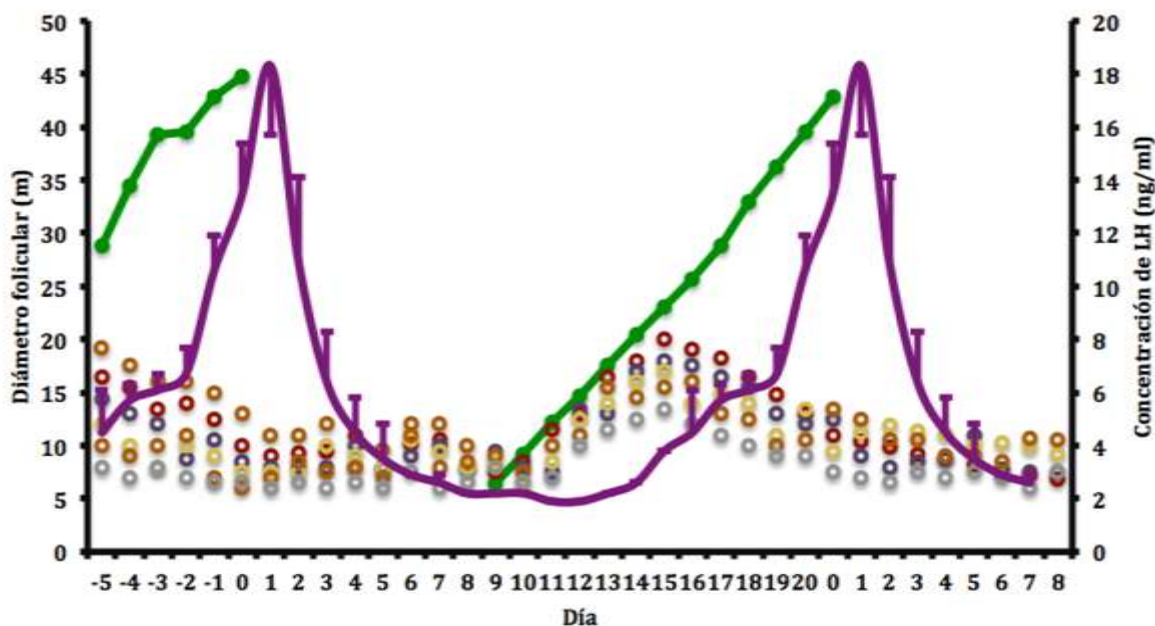


Figura 7. Síntesis de estradiol en los folículos antes (A) y después (B) de la desviación (varios autores, ver texto).

El VEGF se incrementa en el folículo dominante y su aumento parece mediado en parte por IGF-I (Ginther *et al.*, 2004<sup>d</sup>). Se cree que el VEGF se involucra en el incremento de vascularización del futuro folículo dominante antes de la desviación, lo cual presumiblemente aumenta la disponibilidad de gonadotropinas circulantes al folículo (Acosta *et al.*, 2004<sup>a</sup>). El folículo dominante incrementa el flujo sanguíneo antes de la desviación, mayor flujo que los folículos subordinados (Acosta *et al.*, 2004<sup>b</sup>). El incremento de la vasculatura en la pared del folículo dominante se mantiene durante su maduración y conforme se aproxima a la ovulación (Gastal *et al.*, 2006<sup>a</sup>, 2007; Ginther *et al.*, 2009<sup>d</sup>), pero con reducción drástica de la perfusión sanguínea horas antes de la ovulación (Gastal *et al.*, 2006<sup>a</sup>; Ginther *et al.*, 2007<sup>b</sup>).

## LA OVULACIÓN

La ovulación es el proceso mediante el cual se desintegra la pared folicular para dejar en libertad al ovocito y al fluido folicular en la fosa de ovulación. El ovocito y la corona radiada se depositan en el oviducto y el líquido folicular en cavidad abdominal. Las hormonas contenidas en el líquido folicular se absorben y ejercen su acción en el proceso reproductivo (Bergfelt *et al.*, 1991). Las yeguas con dos folículos dominantes en un ciclo presentan doble ovulación, con 24 horas de intervalo, lo cual sucede en el 40% de los casos aproximadamente, y podría conducir a doble gestación (Ginther *et al.*, 2008<sup>e</sup>).



**Figura 8. Desarrollo folicular durante su fase de crecimiento (varios colores), desviación y folículo dominante (línea verde); además, medias de LH durante el ciclo estral de la yegua (adaptado de Gastal *et al.*, 1997; Ginther *et al.*, 2006).**

Se presenta la luteolisis y la reducción de progesterona, así como la disminución de estradiol en los días previos a la ovulación. Se remueve la retroalimentación negativa sobre el hipotálamo y, por consiguiente, se incrementa la liberación de GnRH; la cual, a su vez, estimula la secreción de LH que se relaciona con la ovulación (Gastal *et al.*, 1999<sup>b</sup>; Ginther *et al.*, 2006). La concentración de LH se incrementa paulatinamente en los últimos días del intervalo interovulatorio, su aumento en esta parte del ciclo es muy ligero; posteriormente registra aumento considerable en el periodo comprendido entre 48 horas antes a un día después de la ovulación; el máximo nivel se presenta el día posterior a la ovulación (Ginther *et al.*, 2005; Ginther *et al.*, 2006; Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>). Ver Figuras 8 y 9.

La FSH muestra un incremento ligero que coincide con un aumento considerable de LH y reducción de estradiol, dos días previos a la ovulación (Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>). El estradiol ejerce retroalimentación negativa sobre la secreción de gonadotropinas, a esto se debe la coincidencia entre reducción de estradiol e incremento de gonadotropinas (Miller *et al.*, 1981; Donadeu y Ginther, 2003; Gastal *et al.*, 2006<sup>a</sup>; Ginther *et al.*, 2007<sup>a</sup>; Ginther *et al.*, 2008<sup>a</sup>; Ginther *et al.*, 2008<sup>c</sup>; Ginther *et al.*, 2009<sup>b</sup>; Ginther *et al.*, 2010). El estradiol presenta su mayor concentración dos días previos a la ovulación y después disminuye para registrar su nivel basal, 7 días después; lo que equivale a 5 días posteriores a la ovulación (Ginther *et al.*, 2007<sup>a</sup>; Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>), ver Figura 9.

La inhibina ejerce retroalimentación negativa sobre la FSH, su liberación en cavidad abdominal, con su correspondiente absorción, interrumpe el incremento de FSH iniciado previamente; esto se realiza de 12 horas antes a 12 horas después de la ovulación (Nambo *et al.*, 2002; Ginther *et al.*, 2008<sup>a</sup>). Como se muestra en la Figura 9, después de esta ligera interrupción, la concentración de FSH continúa incrementando (Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>). El máximo nivel de inhibina coincide con la ovulación (Bergfelt *et al.*, 1991; Rosser *et al.*, 1994; Nambo *et al.* 2002; Ginther *et al.*, 2008<sup>a</sup>). El estradiol e inhibina presentan efecto sinérgico sobre la supresión de FSH (Miller *et al.*, 1981; Donadeu y Ginther, 2003; Ginther *et al.*, 2008<sup>a</sup>).

La progesterona se incrementa paulatinamente después de la ovulación y ejerce retroalimentación negativa sobre la LH (Gastal *et al.*, 1999<sup>b</sup>; Ginther *et al.*, 2006; Ginther *et al.*, 2007<sup>a</sup>; Ginther *et al.*, 2007<sup>b</sup>), por consiguiente, el nivel de LH se reduce después del día posterior a la ovulación (Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>); por lo tanto, conforme se incrementa el nivel de progesterona se reduce la secreción de LH (Jacob *et al.*, 2009<sup>b</sup>). Esta información se puede consultar en la Figura 9. Lo mismo sucede durante el desarrollo folicular, el tratamiento con progesterona durante la primera parte de la oleada de crecimiento folicular reduce la concentración circulante de LH (Gastal *et al.*, 1999<sup>b</sup>; Gastal *et al.*, 2000; Bergfelt *et al.*, 2001). La LH, además de participar en la maduración folicular y ovulación, también se encarga del desarrollo y mantenimiento del cuerpo lúteo (Ginther *et al.*, 2004<sup>a</sup>; Ginther *et al.*, 2005<sup>b</sup>; Ginther *et al.*, 2008<sup>f</sup>).

La yegua ovula de 24 a 48 h antes del final del celo, con variación del diámetro folicular entre 35 y 55 mm (Ginther, 1993; Ginther y Bergfelt, 1993), y el folículo en forma de pera (Kimura *et al.*, 2005). Para esto, el folículo emigra hacia la fosa de ovulación, el único sitio en el cual el ovario libera al ovocito. El cambio en su forma de esférico a no esférico (Gastal *et al.*, 1998) y reducción de su turgencia (Gastal *et al.*, 2006<sup>c</sup>) se presenta de 24 a 12 horas antes de la ovulación. Las yeguas ovulan consistentemente al mismo diámetro folicular en los ciclos consecutivos (Cuervo-Arango y Newcombe, 2008).

La información disponible en el proceso de ovulación en la yegua indica que el incremento de LH, durante el pulso ovulatorio, activa la matriz de metaloproteinasas (Li *et al.*, 2006). Las enzimas proteolíticas encargadas de la remodelación tisular que se extiende hacia el ápice del folículo, lo cual culmina con la desintegración de la pared folicular y, como consecuencia, la ovulación (Song *et al.*, 1999; Robker *et al.*, 2000; Riley *et al.*, 2004; Sessions *et al.*, 2009).

La acción de la LH probablemente se realice a través de las prostaglandinas. En la yegua, la enzima prostaglandina G/H sintasa-2 (PGHS-2), también llamada ciclooxigenasa-2 (COX-2), se expresa en las células de la granulosa, 30 h después del inicio del incremento ovulatorio de LH, o después de la aplicación de hCG. La PGHS-2 es la primera enzima limitante en la biosíntesis de prostanoïdes a partir de ácido araquidónico (Sirois y Dore,

1997). La ovulación se ha impedido en yeguas tratadas experimentalmente con inhibidores de la síntesis de prostaglandinas, como flunixin meglumine (Cuervo-Arango y Domingo-Ortiz, 2011) aún en yeguas con elevada concentración de LH (Cuervo-Arango *et al.*, 2011).

### **LA FORMACIÓN DEL CUERPO LÚTEO**

La secreción ovulatoria de LH, además de provocar la ruptura folicular, luteiniza las células de la granulosa para constituir el cuerpo lúteo. En cada lugar donde se realiza la ruptura folicular durante la ovulación, se forma un cuerpo lúteo. El cuerpo lúteo conserva la misma forma que tenía el folículo antes de la ovulación, en forma de pera (Kimura *et al.*, 2005).

El cuerpo lúteo en la yegua se forma a partir de las células de la granulosa del folículo ovulatorio, y se constituye por células lúteas grandes y pequeñas (Van Niekerk *et al.*, 1975). Las células grandes producen progesterona, bajo la influencia de LH y progesterona; estas hormonas actúan a través de sus receptores celulares específicos para la producción de progesterona (Roberto da Costa *et al.*, 2005; Galvao *et al.*, 2010).

El efecto luteotrópico de la LH se realiza a través de la trayectoria de la señal-transducción PKA y MAPK con el incremento en la fosforilación de la proteína StAR. La proteína StAR fosforilada incrementa en forma aguda el transporte de colesterol, a través de la membrana de la mitocondria, para que en ella actúe la enzima de desdoblamiento de la cadena lateral citocromo P450; la enzima limitante en la síntesis de progesterona. La secreción de esta hormona se inicia en el momento de la ovulación (Roberto da Costa *et al.*, 2005), se incrementa paulatinamente hasta alcanzar su mayor concentración en la circulación sanguínea (12.8 ng/ml) en el día 8 del intervalo, posteriormente se reduce ligeramente hasta la regresión del cuerpo lúteo o luteólisis, esto último sucede alrededor del día 14 (Ginther *et al.*, 2007<sup>c</sup>).

El periodo de ligera reducción de la hormona, es decir, entre los días 8 y 14, se le conoce como preluteolítico, y se debe a la reducción del apoyo hormonal de la LH (Ginther *et al.*, 2007<sup>c</sup>) y a la secreción de prostaglandina F2 $\alpha$  (Ginther *et al.*, 2011<sup>b</sup>). En la mayoría de las yeguas (67%) se presentan de 2 a 3 pulsos de poca amplitud ( $\approx$ 45 pg/ml), a intervalos de 8 horas de prostaglandina F2 $\alpha$  en el período preluteolítico (Ginther *et al.*, 2011<sup>b</sup>). Ver Figura 9.

La concentración de progesterona es muy variable, algunos estudios han publicado diferentes concentraciones, pero con nivel superior a 4 ng/ml (Evans e Irvine, 1975; Beules y Holdworth, 1978; Hunt *et al.*, 1978; Nagy *et al.*, 2004; Honnens *et al.*, 2011; Slough *et al.*, 2011), valores considerados adecuados para mantener la gestación (Ginther, 1992). El área del cuerpo lúteo y la concentración sanguínea de progesterona

presentan la misma tendencia, se reducen paralelamente del día 8 del ciclo al inicio de la luteólisis (Ginther *et al.*, 2007<sup>c</sup>).

La progesterona promueve la secreción del endometrio con lo cual prepara el útero para la gestación, inhibe la contracción del miometrio y presenta retroalimentación negativa sobre GnRH (Irvine y Alexander, 1993). Como consecuencia, inhibe el comportamiento del estro.

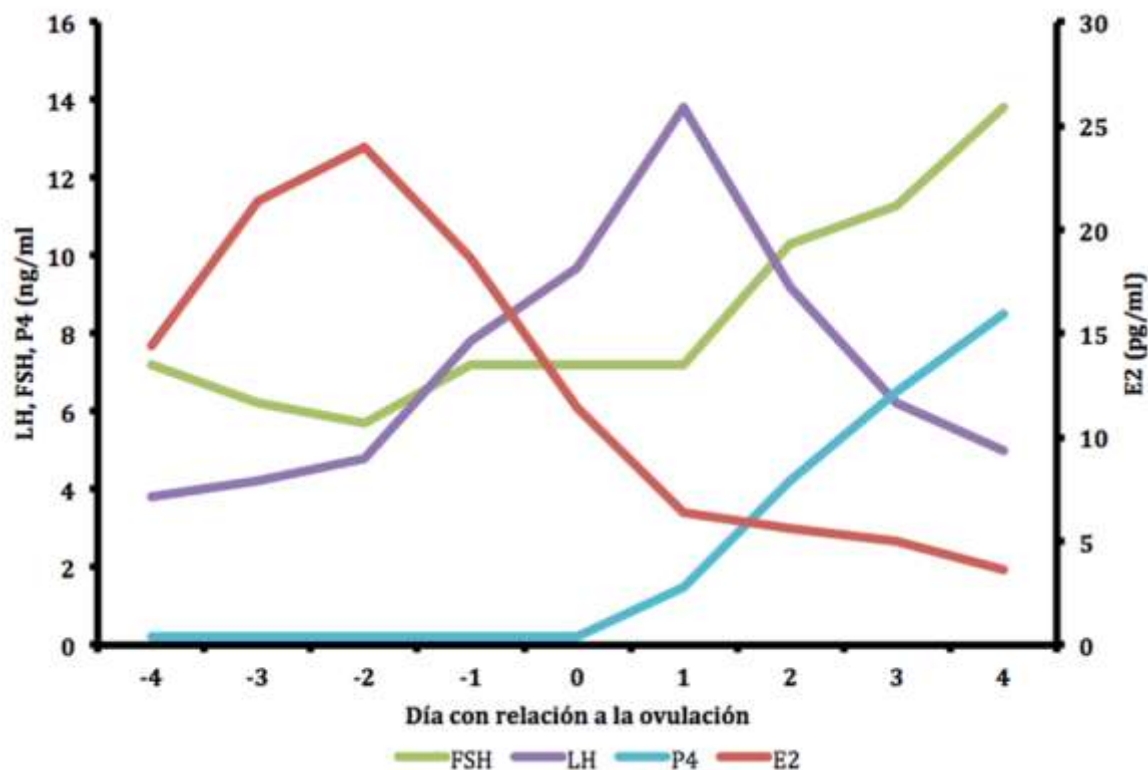


Figura 9. Concentración hormonal con relación a la ovulación en la yegua (adaptado de Jacob *et al.*, 2009<sup>a</sup>).

### LA PRODUCCIÓN DE PROGESTERONA

La progesterona se sintetiza a partir del precursor colesterol, el cual en la célula lútea pasa al interior de la mitocondria para transformarse en pregnenolona, bajo la influencia de la enzima de desdoblamiento de la cadena lateral Citocromo P450. En el ingreso del colesterol a la mitocondria participa la proteína reguladora aguda de los esteroides (StAR; por sus siglas en inglés: steroid acute regulatory protein). Este proceso es el paso limitante para la síntesis de esteroides (Stocco y Clark, 1996<sup>a,b</sup>; Watson *et al.*, 2000; Slough *et al.*, 2011). La pregnenolona sale de la mitocondria y se dirige al retículo endoplásmico liso, en donde la enzima 3 $\beta$ -deshidrogenasa hidroxisteroide lo transforma en progesterona (Slough *et al.*, 2011). Se ha sugerido que la LH incrementa simultáneamente la expresión de los genes codificadores para proteína StAR y las

enzimas de desdoblamiento de la cadena lateral P450 y  $3\beta$ -deshidrogenasa hidroxiesteroide (Beg *et al.*, 2005; Slough *et al.*, 2011; Kozai *et al.*, 2012).

### LA REGRESIÓN DEL CUERPO LÚTEO

En la ausencia de un embrión viable, se presenta la regresión estructural y funcional del cuerpo lúteo, también conocida como luteólisis, con una reducción drástica en la concentración sanguínea de progesterona a menos de 1 ng/ml. Antes se presenta la pre-luteólisis (del día 8 al 14 del ciclo), y el periodo de transición de pre-luteólisis a luteólisis; esta última se manifiesta con un pulso de prostaglandina F $2\alpha$  de  $\approx 45$  pg/ml y corresponde al momento en que inicia la reducción drástica de progesterona (Ginther y Beg, 2012<sup>a</sup>); luego viene la posluteólisis, y corresponde al periodo con menor concentración de progesterona ( $\leq 0.9$  ng/ml).

La luteólisis en la yegua inicia el día 14 del ciclo, lo que equivale a 9 días antes de la siguiente ovulación, con duración aproximada de 23 horas (Ginther *et al.*, 2011<sup>a</sup>; Ginther *et al.*, 2011<sup>b</sup>; Ginther y Beg, 2012<sup>a</sup>; Ginther y Beg, 2012<sup>b</sup>). La prostaglandina F $2\alpha$  que se produce en el endometrio promueve la regresión del cuerpo lúteo (Ginther y First, 1971; Stabenfeldt *et al.*, 1974). La yegua es muy sensible a la acción de la prostaglandina F $2\alpha$  (Kimball y Wyngarden, 1977); esta hormona se segrega en pulsos, el intervalo promedio entre ellos es de 9 horas (Ginther *et al.*, 2011<sup>b</sup>); La amplitud de los pulsos de esta hormona se incrementa conforme avanza la luteólisis. Al inicio se presenta un pulso de  $\approx 78$  pg/ml, seguido de otro de mayor amplitud,  $\approx 193$  pg/ml (Ginther *et al.*, 2011<sup>a</sup>). La luteólisis se inicia con los primeros pulsos de secreción de prostaglandina F $2\alpha$  (Ginther *et al.*, 2009<sup>c</sup>) y se induce con 2 a 4 pulsos secuenciales (Ginther *et al.*, 2008<sup>f</sup>, Ginther *et al.*, 2009<sup>a</sup>).

Se han identificado la secreción de cortisol, estradiol y oxitocina, asociado a la secreción pulsátil de prostaglandina F $2\alpha$  durante la luteólisis (Ginther y Beg, 2011<sup>a</sup>; Ginther y Beg, 2011<sup>b</sup>; Ginther y Beg, 2012<sup>a</sup>; Ginther y Beg, 2012<sup>b</sup>). De éstas, la oxitocina se secreta simultáneamente a cada pulso de la luteólisis, por lo tanto, su secreción también es pulsátil. De hecho, se ha estimulado la secreción de prostaglandina F $2\alpha$  mediante aplicación de oxitocina de manera pulsátil. Por lo tanto, la oxitocina se considera, como se ha hecho para otras especies, estimuladora de la secreción de prostaglandina F $2\alpha$  y como consecuencia participa en la luteólisis (Penord *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2015). La oxitocina se sintetiza en el hipotálamo y se almacena en el lóbulo posterior de la hipófisis ó neurohipófisis. No se produce en el cuerpo lúteo (Stevenson *et al.*, 1991; Stout y Allen, 1999) como sucede en rumiantes (Wathes y Swann, 1982; Ivell y Richter, 1984; Swann *et al.*, 1984). Pero en la yegua también se sintetiza en el endometrio. Ver Figura 3.

En la regresión del cuerpo lúteo se disminuye el suministro sanguíneo, se presenta infiltración de leucocitos, disrupción celular y pérdida de capacidad esteroidogénica de

las células lúteas para desintegrar el cuerpo lúteo, y como consecuencia la secreción de progesterona (Ginther y Beg, 2011).

## CONCLUSIONES

El ciclo estral en la yegua se presenta en primavera y verano, durante la época de mayor cantidad de horas luz/día (fotoperiodo alto); lo que equivale a menor periodo de secreción de la hormona melatonina. La melatonina se produce en la glándula pineal. El hipotálamo segrega GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), con características para promover la secreción de las hormonas folículo-estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH), del lóbulo anterior de la hipófisis ó adenohipófisis, de manera adecuada para estimular la función ovulatoria.

La FSH promueve el crecimiento folicular y la LH se encarga de la maduración folicular y ovulación; su acción coordinada se relaciona con producción de estradiol, hormona relacionada con la manifestación del celo. Después de la ovulación se desarrolla el cuerpo lúteo el cual produce progesterona, hormona que ejerce retroalimentación negativa sobre la secreción de gonadotropinas. Al final del ciclo, la oxitocina promueve la secreción endometrial de prostaglandina F2 $\alpha$ , la cual se encarga de la regresión del cuerpo lúteo. Con esto se inicia otro ciclo, con una nueva oportunidad para que la yegua conciba.

## LITERATURA CITADA

ACOSTA TJ, Beg MA, Ginther OJ. 2004a. Aberrant blood flow and plasma gonadotropins concentrations during the development of dominant-sized transitional anovulatory follicles in mares. *Biology of Reproduction*. 71: 637-642. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.104.028498>

ACOSTA TJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA, Ginther OJ. 2004b. Differential blood flow changes between the future follicle dominant and subordinate follicles precede diameter changes during follicle selection in mares. *Biology of Reproduction*. 71: 502-507. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.104.027896>

ALEXANDER SL, Irvine CHG. 1987. Secretion rates and short-term patterns of gonadotropin-releasing hormone, FSH and LH throughout the periovulatory period in the mare. *Journal of Endocrinology*. 114: 351-362. ISSN 0022-0795 (print); 1479-6805 (online).

ALLEN WR. 2001. Luteal Deficiency and Embryo Mortality in the Mare. *Reproduction in Domestic Animals*. 36:121-131. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0531.2001.00312.x>

ALMADHIDI J, Seralini GE, Fresnel J, Silberzahn P, Gaillard JL. 1995. Immunochemical localization of cytochrome P450 aromatase in equine gonads. *Journal of Histology and Cytochemistry*. 43: 571-577. ISSN 0022-1554/95

AMRI H, Gaillard J-L, Al-Timimi I, Silberzahn P. 1993a. Equine ovarian aromatase: evidence for a species specificity. *Biochemistry and Cell Biology*. 71: 296-302. <https://doi.org/10.1139/o93-044>

AMRI H, Siberzahn P, Al-Timimi I, Gaillard J-L. 1993b. Aromatase activity in the mare ovary during estrous cycle. Measurement of endogenous steroids and of their in vitro inhibitory effect. *Acta Endocrinologica*. 129:536-542. doi:10.1530/acta.0.1290536.

ARMSTRONG DG, Webb R. Ovarian follicular dominance: 1997. The role of intraovarian growth factors and novel proteins. *Reviews of Reproduction*. 2:139-146. doi: 10.1530/ror.0.0020139

BEG MA, Gastal EL, Gastal MO, Ji S, Wiltbank MC, Ginther OJ. 2005. Changes in steady-state concentrations of messenger ribonucleic acids in luteal tissue during prostaglandin F2 $\alpha$  induced luteolysis in mares. *Animal Reproduction Science*. 90:273-285. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.02.008>

BERGFELT DR, Gastal EL, Ginther OJ. 2001. Response of estradiol and inhibin to experimental reduced luteinizing hormone during follicle deviation in mares. *Biology of Reproduction*. 65:426-432. <https://doi.org/10.1095/biolreprod65.2.426>

BERGFELT DR, Ginther OJ. 1985. Delayed follicular development and ovulation following inhibition of FSH with equine follicular fluid in the mare. *Theriogenology*. 24:99-108. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(85\)90215-8](https://doi.org/10.1016/0093-691X(85)90215-8).

BERGFELT DR, Ginther OJ. 1993. Relationships between FSH surges and follicular waves during the estrous cycle in mares. *Theriogenology*. 39:781-796. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(93\)90418-5](https://doi.org/10.1016/0093-691X(93)90418-5)

BERGFELT DR, Mann BC, Sheartz NB, Ginther OJ. 1991. Circulating concentrations of immunoreactive inhibin and FSH during the estrous cycle of mares. *Journal of Equine Veterinary Sciences*. 11:319-322. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(06\)81260-8](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)81260-8).

BEULES G, Holdworth RJ. 1978. Progesterone in mares' milk. *British Veterinary Journal*. 134:214-221. ISSN 0007-1935

BITTMAN EL, Karsch FJ, Hopkins JW. 1983. Role of the pineal gland in ovine photoperiodism: regulation of seasonal breeding and negative feedback effects of estradiol upon luteinizing hormone secretion. *Endocrinology*. 113:329-336. <https://doi.org/10.1210/endo-113-6-2276>

BRONSON FH, Heideman PD. 1994. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Knobil E, Neil JD, editors. *The Physiology of Reproduction*. New York: Raven Press, 541-584 p. ISBN=1344160522

CARNEVALE EM. 2017. "The Mare as an Animal Model for Reproductive Aging in the Women". En: Shatten H, Constantinescu GM. (ed). *Animal Models and Human Reproduction*. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley Blackwell (John Wiley & Sons Inc.),

235-242 p. ISBN 9781118881606 (cloth); ISBN 9781118881422 (adobe PDF); ISBN 9781118881347 (epub).

CHECURA CM, Beg MA, Gastal EL, Gastal MO, Wiltbank MC, Parrish JJ, Ginther OJ. 2009. Effect of suppression of FSH with antagonist (acycline) before and during follicle deviation in the mare. *Reproduction in Domestic Animals*. 44:504-511. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01222.x>

CHECURA CM, Beg MA, Parrish JJ, Ginther OJ. 2010a. Positive effect of FSH but not LH on early development of the dominant follicle in mares. *Reproduction Fertility and Development*. 22:1092-1099. <https://doi.org/10.1071/RD09275>

CHECURA CM, Beg MA, Parrish JJ, Ginther OJ. 2010b. Functional relationships among intrafollicular insulin-growth factor 1, circulating gonadotropins, and development of the dominant follicle in mares. *Animal Reproduction Science*. 118:270-278. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.09.002>

CLAES A, Ball BA, Scoggin KE, Roser JF, Woodward EM, Davolli GM, Squires EL, Troedsson MHT. 2017. The influence of age, antral follicle count and diestrous ovulations on estrous cycle characteristics of mares. *Theriogenology*. 97:34-40. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.019>

COLLINS SM, Zieba DA, Williams GL. 2007. Continuous administration of low-dose GnRH mares; II: pituitary and ovarian response to uninterrupted treatment beginning near to autumnal equinox and continuing throughout the anovulatory season. *Theriogenology*. 68:673-681. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.05.057>.

CROWELL-DAVIS SL. 2007. Sexual behavior of mares. *Hormonal Behavior*. 52:12-17. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.020>

CUERVO-ARANGO J, Newcombe JR. 2008. Repeatability of preovulatory follicular diameter and uterine edema pattern in two consecutive cycles in the mare and how they are influenced by ovulation inductors. *Theriogenology*. 69:681-687. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.11.019>

CUERVO-ARANGO J, Domingo-Ortiz R. 2011. Systemic treatment with high dose of flumixin-meglumine is able to block ovulation in mares by inducing hemorrhage and luteinization of follicles. *Theriogenology*. 75:707-714. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.10.011>

DIEKMAN MA, Brown W, Peter D, Cook D. 2002. Seasonal serum concentration of melatonin in cyclic and noncyclic mares. *Journal of Animal Science*. 80:2949-2952.

DONADEU FX, Ginther OJ. 2001. Effect of number and diameter of follicles on plasma concentrations of inhibin and FSH in mares. *Reproduction*. 121:897-903. DOI: [10.1530/rep.1.00757](https://doi.org/10.1530/rep.1.00757)

DONADEU FX, Ginther OJ. 2002. Changes in concentration of follicular fluid factors during follicle selection in mares. *Biology of Reproduction*. 66:1111-1118. <https://doi.org/10.1095/biolreprod66.4.1111>

DONADEU FX, Ginther OJ. 2003. Interactions of follicular factors and season in the regulation of circulating concentrations of gonadotrophins in mares. *Reproduction*. 125:743-750. doi: [10.1530/rep.0.1250743](https://doi.org/10.1530/rep.0.1250743)

DOWSETT FK, Knott ML, Woodward AR, Boderer VAD. 1993. Seasonal variation in the estrous cycles of mares in the subtropics. *Theriogenology*. 39:631-653. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(93\)90250-9](https://doi.org/10.1016/0093-691X(93)90250-9)

ESCOBAR MFJ. 1997. Comportamiento reproductivo de la yegua y la burra. *Veterinaria Zacatecas* 1:22-26. ISSN: 1870-. 5774.

EVANS MJ, Irvine CHG. 1975. Serum concentrations of FSH, LH and progesterone during the oestrous cycle and early pregnancy in the mare. *Journal of Reproduction and Fertility*. 23 (Suppl):193-200. (PMID:1060778)

FAY JE, Douglas RH. 1987. Changes in thecal and granulosa cell LH and FSH receptor content associated with follicular fluid and peripheral plasma gonadotrophin and steroid hormone concentrations in perovulatory follicles of mares. *Journal of Reproduction and Fertility*. 35 (Suppl):169-181. (PMID:3119827)

FITZGERALD BP, McManus CJ. 2000. Photoperiodic versus metabolic signals as determinants of seasonal anestrus in the mare. *Biology of Reproduction*. 63:335-340. <https://doi.org/10.1095/biolreprod63.1.335>

GALVAO AM; Ramilo DW, Skarzynski DJ, LuKasik K, Tramontano A, Mollo A, Mateus LM, Ferreira-Dias GM. 2010. Is Fas/Fas ligand system involved in equine corpus luteum functional regression? *Biology of Reproduction*. 83:901-908. DOI [10.1095/biolreprod.110.084699](https://doi.org/10.1095/biolreprod.110.084699)

GASTAL EL, Gastal MO, Bergfelt DR, Ginther OJ. 1997. Role of diameter differences among follicles in selection of a future dominant follicle in mares. *Biology of Reproduction*. 57:1320-1327. <https://doi.org/10.1095/biolreprod57.6.1320>

GASTAL EL, Gastal MO, Ginther OJ. 1998. The suitability of echotexture characteristic of the follicular wall for identifying the optimal breeding day in mares. *Theriogenology*. 50:1025-1038. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00205-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00205-2)

GASTAL EL, Bergfelt DR, Nogueira GP, Gastal MO, Ginther OJ. 1999a. Role of luteinizing hormone in follicle deviation based on manipulating progesterone concentrations in mares. *Biology of Reproduction*. 61:1492-1499 <https://doi.org/10.1095/biolreprod61.6.1492>

GASTAL EL, Gastal MO, Wiltbank MC, Ginther OJ. 1999b. Follicular deviation and intrafollicular and systemic estradiol concentrations in mares. *Biology of Reproduction*. 61:31-39. <https://doi.org/10.1095/biolreprod61.1.31>

GASTAL EL, Gastal MO Nogueira GP, Bergfelt DR, Ginther OJ. 2000. Temporal interrelationships among luteolysis, FSH and LH concentrations and follicle deviation in mares. *Theriogenology*. 53: 925-940. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00240-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00240-5)

GASTAL EL, Gastal MO, Beg MA, Ginther OJ. 2004. Interrelationships among follicles during common-growth phase of a follicular wave and capacity of individual follicles for dominance in mares. *Reproduction*. 128:417-422. doi: 10.1530/rep.1.00259

GASTAL EL, Gastal MO, Donadeu FX, Acosta TJ, Beg MA, Ginther OJ. 2007. Temporal relationships among LH, estradiol, and follicle vascularization preceding the first compared with later ovulations during the year in mares. *Animal Reproduction Science*. 102:314-321. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.04.003>

GASTAL EL, Gastal MO, Ginther OJ. 2006a. Relationships of changes in B-mode echotexture and colour-Doppler signals in the wall of the preovulatory follicle to changes in systemic oestradiol concentrations and the effects of human chorionic gonadotrophin in mares. *Reproduction*. 131:699-709. doi: 10.1530/rep.1.01011

GASTAL EL, Silva LA, Gastal MO, Evans MJ. 2006b. Effect of different doses of hCG on diameter of the preovulatory follicle and interval to ovulation in mares. *Animal Reproduction Science*. 94:186-190. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.04.007>

GASTAL EL, Gastal MO, Ginther OJ. 2006c. Serrated granulosa and other discrete ultrasound indicators of impending ovulation in mares. *Journal of Equine Veterinary Science*. 26:67-73. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2005.12.005>

GENTRY LR, Thompson DL Jr, Gentry GT Jr, Davies KA, Godke RA, Cartmill JA. 2002. The relationship between body condition, leptin, and reproductive and hormonal characteristics of mares during the seasonal anovulatory period. *Journal of Animal Science*. 80:2695-2703. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.10.2695>

GINTHER OJ, First NL. 1971. Maintenance of the corpus luteum in hysterectomized mares. *American Journal of Veterinary Research*. 32:1687-1691. <http://www.nal.usda.gov/>

GINTHER OJ. 1983. Mobility of the early equine conceptus. *Theriogenology* 19:603-611. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(83\)90180-2](https://doi.org/10.1016/0093-691X(83)90180-2)

GINTHER OJ, Pierson RA. 1989. Regular and irregular characteristics of ovulation and the interovulatory interval in mares. *Journal of Equine Veterinary Science* 9:4-12. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(89\)80110-8](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(89)80110-8)

GINTHER OJ. 1992. *Reproductive Biology of the Mare: Basic and Applied Aspects* 2nd ed. Cross Plains, WI: Equiservices, pp.439. Record Number : 19802262549

GINTHER OJ. 1993. Major and minor follicular waves during the equine estrous cycle. *Journal of Equine Veterinary Sciences*. 13:18-25. [Doi:10.1016/S0737-0806\(07\)80012-8](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(07)80012-8)

GINTHER OJ, Bergfelt DR. 1993. Growth of small follicles and concentration of FSH during the equine estrous cycle. *Journal of Reproduction and Fertility*. 99:105-111. doi: [10.1530/jrf.0.0990105](https://doi.org/10.1530/jrf.0.0990105)

GINTHER OJ, Beg MA, Donadeu FX, Bergfelt DR. 2003a. Mechanism of follicle deviation in monovular farm species. *Animal Reproduction Science*. 78:239-257. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00093-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00093-9)

GINTHER OJ, Woods BG, Meira C, Beg MA, Bergfelt DR. 2003b. Hormonal mechanism of follicle deviation as indicated by major versus minor follicular wave during the transition into the anovulatory season in mares. *Reproduction*. 126:653-660. doi: [10.1530/rep.0.1260653](https://doi.org/10.1530/rep.0.1260653)

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal OM, Bergfelt DR, Baerwald AR, Pierson RA. 2004a. Comparative study of the dynamics of follicular waves in mares and women. *Biology of Reproduction*. 71:1195-1201. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.104.031054>

GINTHER OJ, Bergfelt DR, Beg MA, Meira C, Kot K. 2004b. In vivo effects of an intrafollicular injection of insulin-like growth factor-I on the mechanism of follicle deviation in heifers and mares. *Biology of Reproduction*. 70:99-105. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.103.021949>

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal MO, Checurea CM, Beg MA. 2004c. Dose-response study of intrafollicular injection of insulin-like growth factor-I on follicular fluid factors and follicle dominance in mares. *Biology of Reproduction*. 70:1063-1069. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.103.024844>

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA. 2004d. Critical role of insulin-like growth factor system in follicle selection and dominance in mares. *Biology of Reproduction*. 70:1374-1379. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.103.026195>

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA. 2005a. Regulation of circulating gonadotropins by the negative effects of ovarian hormones in mares. *Biology of Reproduction*. 73:315-323. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.105.040253>

GINTHER OJ, Beg MA, Gastal EL, Gastal MO, Baerwald AR, Pierson RA. 2005b. Systematic concentrations of hormones during the developing of follicular waves in mares and women: a comparative study. *Reproduction*. 130:379-388. doi: [10.1530/rep.1.00757](https://doi.org/10.1530/rep.1.00757)

GINTHER OJ, Utt MD, Bergfelt DR, Beg MA. 2006. Controlling interrelationships of progesterone/LH and estradiol/LH in mares. *Animal Reproduction Science*. 95:144-150. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.10.008>

GINTHER OJ, Utt MD, Beg MA, Gastal EL, Gastal MO. 2007a. Negative effect of estradiol on LH throughout the ovulatory LH surge in mares. *Biology of Reproduction*. 77:543-550. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.107.061705>

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal MO. 2007b. Spatial relationships between serrated glanulosa and vascularity of the preovulatory follicle and developing corpus luteum. *Journal of Equine Veterinary Science*. 27:20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2006.11.012>

GINTHER OJ, Utt MD, Beg MA. 2007c. Follicle deviation and diurnal variation in circulating hormone concentration in mares. *Animal Reproduction Science*. 100:197-203. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.025>

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA. 2008a. Passage of postovulatory follicular fluid into the peritoneal cavity and the effect on concentrations of circulating hormones in mares. *Animal Reproduction Science*. 107:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.03.014>

GINTHER OJ, Rodrigues BL, Ferreira JC, Araujo RR, Beg MA. 2008b. Characterization of pulses of 13,14-dihydro-15-keto-PGF<sub>2</sub> $\alpha$  (PGFM) and relationships between PGFM pulses and luteal blood flow before, during, and after luteolysis in mares. *Reproduction, Fertility and Development*. 20:684-693. <https://doi.org/10.1071/RD08077>

GINTHER OJ, Gastal EL, Rodrigues BL, Gastal MO, Beg MA. 2008c. Follicle diameters and hormone concentrations in the development of single and double ovulation in mares. *Theriogenology*. 69:583-590. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.11.004>

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA. 2008d. Intrafollicular effect of IGF-1 on development of follicle dominance in mares. *Animal Reproduction Science*. 105:417-423. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.11.007>

GINTHER OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA. 2008e. Dynamics of the equine preovulatory follicle and periovulatory hormones: What's new? *Journal of Equine Veterinary Science*. 28:454-460. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2008.07.008>

GINTHER OJ, Beg MA, Neves AP, Mattos RC, Petrucci BP, Gastal MO, Gastal EL. 2008f. Miniature ponies: 2. Endocrinology of the estrous cycle. *Reproduction, Fertility and Development*. 20:386-390. <https://doi.org/10.1071/RD07165>

GINTHER OJ, Beg MA. 2009. Concentrations of circulating hormones normalized to pulses of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  metabolite during spontaneous luteolysis in mares. *Theriogenology*. 72:1111-1119. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.06.024>

GINTHER OJ, Jacob JC, Gastal MO, Gastal EL, Beg MA. 2009a. Development of one versus multiple ovulatory follicles and associated systemic hormone concentrations in mares. *Reproduction in Domestic Animals*. 44:441-449. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01109.x>

GINTHER OJ, Beg MA, Gastal EL, Gastal MO, Cooper DA. 2009b. Treatment with human chorionic gonadotropin (hCG) for ovulation induction is associated with a immediate 17 $\beta$ -estradiol decrease and more rapid LH increase in mares. *Animal Reproduction Science*. 114:311-317. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.08.026>

GINTHER OJ, Siddiqui MA, Beg MA. 2009c. Progesterone response to intravenous and intrauterine of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  in mares. *Reproduction, Fertility and Development*. 170:688-695. <https://doi.org/10.1071/RD09019>

GINTHER OJ, Gastal MO, Gastal EL, Jacob JC, Beg MA. 2009d. Age-related dynamics of follicles and hormones during an induced ovulatory follicular wave in mares. *Theriogenology*. 71:780-788. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.09.051>

GINTHER OJ, Almamun M, Shahiduzzaman AK, Beg MA. 2010. Disruption of the preovulatory LH surge by a transient increase in circulating  $17\beta$ -estradiol at the time of ovulation in mares. *Animal Reproduction Science*. 117:178-182. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.04.003>

GINTHER OJ, Beg MA. 2011. Hormone concentration changes temporally associated with the hour of transition from preluteolysis to luteolysis in mares. *Animal Reproduction Science* 129:67-72. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.09.013>

GINTHER OJ, Hannan MA, Beg MA. 2011a. Luteolysis and associated interrelationships among circulating PGF $2\alpha$ , progesterone, LH, and estradiol in mares. *Domestic Animal Endocrinology*. 41:174-184. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2011.06.003>

GINTHER OJ, Rodriguez MB, Beg MA. 2011b. Concentration of circulating hormones during the interval between pulses of a PGF $2\alpha$  metabolite in mares and heifers. *Animal Reproduction Science*. 128:22-28. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.08.009>

GINTHER OJ, Beg MA. 2012a. The hour of transition into luteolysis in horses and cattle: A species comparison. *Theriogenology*. 77:1731-1740. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.01.001>

GINTHER OJ, Beg MA. 2012b. Dynamics of circulating progesterone concentrations before and during luteolysis: A comparison between cattle and horses. *Biology of Reproduction*. 86:1-12. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.112.099820>

GOLDMAN BD. 2001. Mammalian photoperiod system: formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. *Biology Rhythms*. 16:283-301. <https://doi.org/10.1177/074873001129001980>

GONZÁLEZ MAF, Valencia MJJ. 1977. Estudio del comportamiento reproductivo de la yegua en México. *Veterinaria México*. 8:19-22. ISSN 0301-5092

GOUDET G, Belin F, Bezard J, Gerard N. 1999. Intrafollicular content of luteinizing hormone receptor,  $\beta$ -inhibin, and aromatase in relation to follicular growth, estrous cycle stage, and oocyte competence for in vitro maturation in the mare. *Biology of Reproduction*. 60:1120-1127. <https://doi.org/10.1095/biolreprod60.5.1120>

GUILLAUME D, Rio N, Toutain PL. 1995. Kinetic studies and production rate of melatonin in pony mares. *American Journal of Physiology and Regulatory Integral Components of Physiology*. 268:R1236-R1241. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1995.268.5.R1236>

HONNENS A, Weisser S, Welter H, Einspanier R, Bolwein H. 2011. Relationship uterine blood flow, peripheral sex steroids, expression of endometrial estrogen receptors and

nitric oxide synthase during the estrous cycle in mares. *Journal of Reproductive Development*. 57:43-48. <https://doi.org/10.1262/jrd.10-023T>

HUGHES JP, Stabenfeldt GH, Evans JW. 1977. The oestrus cycle of the mare and its uterine control. *Australian Veterinary Journal*. 53:415-419. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1977.tb05488.x>

IRVINE CHG, Alexander SL. 1993. Secretory patterns and rates of gonadotropin-releasing hormone, follicle stimulating hormone, and luteinizing hormone revealed by intensive sampling of pituitary venous blood in the luteal phase mare. *Endocrinology*. 32:212-218. ISSN: 0804-4643; Online ISSN: 1479-683X

IRVINE CHG, Alexander SL. 1994. The dynamics of gonadotropin-releasing hormone, LH and FSH secretion during the spontaneous ovulatory surge of the mare as revealed by intensive sampling of pituitary venous blood. *Journal of Endocrinology*. 140:283-295. doi: [10.1677/joe.0.1400283](https://doi.org/10.1677/joe.0.1400283)

IVELL R, Richter D. 1984. The gene for hypothalamic hormone oxytocin is highly expressed in the bovine corpus luteum: biosynthesis, structure and sequence analysis. *EMBO Journal*. 3:2351-2354. <https://doi.org/10.1002/j.1460-2075.1984.tb02139.x>

JACOB JC, Gastal EL, Gastal MO, Berg MA, Ginther OJ. 2009a. Follicle deviation in ovulatory follicular waves with one or two dominant follicles in mares. *Reproduction in Domestic Animals*. 44:248-254. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.01048.x>

JACOB JC, Gastal EL, Gastal MO, Carvalho GR, Beg MA, Ginther OJ. 2009b. Temporal relationships and repeatability of follicle diameters and hormone concentrations within individuals in mares. *Reproduction in Domestic Animals*. 44:92-99. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.01003.x>

KIMBALL FA, Wyngarden LJ. 1977. Prostaglandin F<sub>2α</sub> specific binding in equine corpora lutea. *Prostaglandins*. 13:553-564. [https://doi.org/10.1016/0090-6980\(77\)90032-6](https://doi.org/10.1016/0090-6980(77)90032-6)

KIMURA J, Hirano Y, Takemoto S, Nambo Y, Ishinazaka T, Mishima T, Tsumagar S, Yokota H. 2005. Three-dimensional reconstruction of the equine ovary. *Anatomy, Histology, Embryology*. 34:48-51. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2004.00567.x>

KOZAI K, Hojo T, Takahashi M, Acosta TM, Nambo Y, Okuda K. 2012. Seasonal changes in luteal progesterone concentration and mRNA expressions of progesterone synthesis-related proteins in the corpus luteum of mares. *Journal of Reproduction and Development*. 58:393-397. <https://doi.org/10.1262/jrd.2012-023>

LI Q, Jimenez-Krassel F, Kobayashi Y, Ireland JJ, Smith GW. 2006. Effect of intrafollicular indomethacin injection on gonadotropin surge-induced expression of select extracellular matrix degrading enzymes and their inhibitors in bovine preovulatory follicles. *Reproduction*. 131:533-544. doi: [10.1530/rep.1.00926](https://doi.org/10.1530/rep.1.00926)

LINCOLN DW. 1984a. "The Posterior Pituitary Gland". En: Austin CR, Short RV. Hormonal Control of Reproduction. Reproduction in Mammals. Cambridge, MA, USA: Cambridge University Press; 21-51p. ISBN 0521 25637 2

LINCOLN GA. 1984b. "The Pineal Gland. En: Austin CR, Short RV. Hormonal Control of Reproduction. Reproduction in Mammals. Cambridge, MA, USA: Cambridge University Press; 52-75p. ISBN 0521 25637 2

MILLER KF, Wesson JA, Ginther OJ. 1979. Changes in concentration of circulating gonadotropins following administration of equine follicular fluid to ovariectomized mares. *Biology of Reproduction*. 21:869-872. <https://doi.org/10.1095/biolreprod21.4.867>

MILLER KF, Wesson JA, Ginther OJ. 1981. Interaction of estradiol and a nonsteroidal follicular fluid substance in regulation of gonadotropin secretion in the mare. *Biology of Reproduction*. 24:354-358. <https://doi.org/10.1095/biolreprod24.2.354>

NAGY P, Huszenicza G, Reiczigel J, Juñasz J, Kulcsár M, Abaváric K, Guillaume D. 2004. Factors affecting plasma progesterone concentration and the retrospective determination of the time of ovulation in cyclic mares. *Theriogenology*. 61:203-214. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00211-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00211-5)

NAMBO Y, Nagaoka K, Tanaka Y, Nagamine N, Shinbo H, Nagata S, Yoshihara T, Watanabe G, Groome N, Taya K. 2002. Mechanisms responsible for increase in circulating inhibin levels at the time of ovulation in mares. *Theriogenology*. 57:1707-1717. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)00683-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)00683-0)

NEELY DP, Kindahl H, Sabenfeldt GH, Edquist LE, Hughes JP. 1979. Prostaglandin release patterns in the mare: Physiological, patho-physiological, and therapeutics responses. *Journal of Reproduction and Fertility*. 27(Suppl):181-189. PMID:289787

OROZCO JL, Escobar FJ, de la Colina F. 1992. Actividad reproductiva de la yegua y la burra en los días con menor cantidad de horas luz. *Veterinaria México*. 23:47-50. ISSN 0301-5092

PEDREROS M, Ratto M, Guerra M. 2011. Expression of functional melatonin MT(1) receptors in equine luteal cells: in vitro effects of melatonin on progesterone secretion. *Reproduction Fertility and Development*. 23:417-423. <https://doi.org/10.1071/RD10137>

PENORD LV, Allen RE, Rhoads ML, Limesand SW, Arms MJ. 2013. Oxytocin stimulated release of PGF2 $\alpha$  and its inhibition by cyclooxygenase inhibitor and an oxytocin receptor antagonist from equine endometrial cultures. *Animal Reproduction Science*. 139:69-75. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.04.010>

QUINTERO B, Manzo M, Díaz T, Verde O, Benacchio N, Sifontes L. 1995. Seasonal changes in ovarian activity and estrous behavior of Thoroughbred mares in a tropical environment. *Biology of Reproduction*. 1:469-474. <http://www.nal.usda.gov/>

ROBERTO da Costa RP, Branco V, Pessa P, Robalo Silva J, Ferreira-Dias G. 2005. Progesterone receptors and proliferating cell nuclear antigen expression in equine luteal tissue. *Reproduction, Fertility and Development*. 17:659-666. <https://doi.org/10.1071/RD05024>

ROSER JF, McCue PM, Hoyer E. 1994. Inhibin activity in the mare and stallion. *Domestic Animal Endocrinology*. 11: 87-100. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(94\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0739-7240(94)90037-X)

SALAZAR-ORTIZ J, Camous S, Briant C, Lardic L, Chesneau D, Guillaume D. 2011. Effect of nutritional cues on the duration of the winter anovulatory phase and on associated hormone levels in adult female Welsh pony horses (*Equus caballus*). *Reproduction, Biology, Endocrinology*. 9: 30. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-9-130>

SALTIEL A, Calderón A, García N, Hurley DP. 1982. Ovarian activity in the mare between latitude 15° and 22° N. *Journal of Reproduction and Fertility*. (Suppl); 32:261-267. PMID:6962860)

SANTOS VG, Castro T, Bettencourt EM, Ginther OJ. 2015. Oxitocin induction of pulses of a prostaglandin metabolite and luteolysis in mares. *Theriogenology*. 83:730-738. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.11.006>

SHARP DC. 1980. Environmental influences on reproduction in horse. *Veterinary Clinics of North American Large Animal Practice*. 2:207-223. <http://www.nal.usda.gov/>

SIROIS J, Kimmich TL, Fortune JE. 1991. Steroidogenesis by equine preovulatory follicle: relative roles of theca interna and granulosa cells. *Endocrinology*. 128:1159-1166. <https://doi.org/10.1210/endo-128-2-1159>

SLOUGH TL, Rispoli LA, Carnevale EM, Niswender GD, Bruemmer JE. 2011. Temporal gene expression in equine corpora lutea based on serial biopsies in vivo. *Journal of Animal Science*. 89: 389-396. [doi:10.2527/jas.2010-3247](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3247)

SPICER LJ, Echtenkamp SE. 1995. The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with emphasis on domestic animals. *Domestic Animal Endocrinology*. 12:223-245. [doi:10.2527/jas.2010-3247](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3247)

STABENFELDT GH, Hughes JP, Wheat JD, Evans JW, Kennedy PC, Cupps PT. 1974. The role of the uterus in ovarian control of the mare. *Journal of Reproduction and Fertility*. 37:343-351. [doi: 10.1530/jrf.0.0370343](https://doi.org/10.1530/jrf.0.0370343)

STEVENSON KR, Parkindon TJ, Wathes DC. 1991. Measurement of oxytocin concentrations in plasma and ovarian extracts during the oestrous cycle of mares. *Journal of Reproduction and Fertility*. 93:437-441. [doi: 10.1530/jrf.0.0930437](https://doi.org/10.1530/jrf.0.0930437)

STOCCO DM, Clark BJ. 1996a. Regulation of the acute production of steroids in steroidogenic cells. *Endocrine Reviews*. 17:221-244. <https://doi.org/10.1210/edrv-17-3-221>

STOCCO DM, Clark BJ. 1996b. Role of the steroidogenic acute regulatory protein (StAR) in steroidogenesis. *Biochemical Pharmacology*. 51:197-205. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(95\)02093-4](https://doi.org/10.1016/0006-2952(95)02093-4)

STOUT TAE, Allen WR. 1999. The role of oxytocin in luteolysis in the cycling mare. *Reproduction in Domestic Animals*. 34:351-354. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.1999.tb01263.x>

STOUT TAE, Lamming GE, Allen WR. 2000. The uterus as a source of oxytocin in cyclic mares. *Journal of Reproduction and Fertility*. 56 (Suppl):281-287. (PMID:20681139)

SWANN RW, O'Saughnessy PJ, Birkett SD, Wathes DC, Porter DG, Pickering BT. 1984. Biosynthesis of oxytocin in the corpus luteum. *FEBS Letters*. 174:262-266. [https://doi.org/10.1016/0014-5793\(84\)81170-9](https://doi.org/10.1016/0014-5793(84)81170-9)

VAN NIEKERK CH, Morgenthal JC, Gerneke WH. 1975. Relationship between the morphology of and progesterone production by the corpus luteum in the mare. *Journal of Reproduction and Fertility*. 23 (Suppl):171-175. ISSN : 1019-9128E-ISSN: 2224-9435

VÁZQUEZ-DUEÑAS S, Escobar-Medina FJ, de la Colina-Flores F, Hayden-Valles S. 2004. Comportamiento reproductivo de yeguas Pura Sangre Inglés en un criadero con partos al principio del año. *Revista Biomédica*. 15:27-31. <http://www.uady.mx/sitios/biomedic/revbiomed/pdf/rb041515.pdf>

WATHES DC, Swann RW. 1982. Is a oxytocin an ovarian hormone? *Nature London*. 297:225-227. [doi:10.1038/297225a0](https://doi.org/10.1038/297225a0)

WATSON ED, Bjorkstein TS, Buckingham J, Nikilakopoulos E. 1997. Immunolocalisation of oxytocin in the uterus of the mare. *Journal of Reproduction and Fertility Abstract Series*. 20:31. ISSN:1476-3990 (Print).

WATSON ED, Thomassen R, Steele M, Herld M, Leask R, Groome NP, Riley SC. 2002. Concentrations of inhibin, progesterone and estradiol in fluid form dominant and subordinate follicles from mares during spring transition and the breeding season. *Animal Reproduction Sciences*. 74:55-67. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(02\)00170-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00170-7)

WATSON ED, Thompson SRM, Howie AF. 2000. Detection of steroidogenic acute regulatory protein in equine ovaries. *Journal of Reproduction and Fertility*. 119:187-192. [doi: 10.1530/jrf.0.1190187](https://doi.org/10.1530/jrf.0.1190187)

YOUNG LAI EV, Jarrell JF. 1983. Release of  $^3\text{H}_2\text{O}$  from  $1\beta$ ,  $2\beta$  [ $^3\text{H}$ ] androstenedione by equine granulosa cells. *Acta Endocrinologica*. 104:227-232. [doi: 10.1530/acta.0.1040227](https://doi.org/10.1530/acta.0.1040227)

## Parásitos gastroentéricos, población *haemonchus contortus* en caprinos en clima semiárido de Bacum, Sonora, México

Gastroenteric parasites and parasitic burdens of *Haemonchus contortus* in goat from the semiarid climate of the Bacum, Sonora, Mexico

Munguía-Xóchihua Javier [javier.munguia@itson.edu.mx](mailto:javier.munguia@itson.edu.mx) Navarro-Grave Ramón [reng220451@hotmail.com](mailto:reng220451@hotmail.com) Hernández-Chávez Juan [juan.hernandez@itson.edu.mx](mailto:juan.hernandez@itson.edu.mx) Molina-Barrios Ramón [rammol62@yahoo.com](mailto:rammol62@yahoo.com) Cedillo-Cobián Jesús [jcedillo@itson.edu.mx](mailto:jcedillo@itson.edu.mx) Granados-Reyna Javier [javier.reyna@itson.edu.mx](mailto:javier.reyna@itson.edu.mx)

Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Instituto Tecnológico de Sonora. Sonora, México. \*Autor responsable y de correspondencia: Munguía-Xóchihua Javier. Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora; 5 de febrero 818 sur. Colonia Centro. Ciudad Obregón, Sonora, México. CP 85000.

### RESUMEN

Los parásitos gastroentericos (PGE), y en especial *Haemonchus contortus* (HC), se han logrado adaptar a diferentes ecosistemas y ocasionan daños directos e indirectos a la producción de caprinos. Con el objetivo de determinar la frecuencia de PGE y las cargas parasitarias en abomaso de HC en caprinos infectados en forma natural y sacrificados en un rastro local de Bacum. De 2015 al 2017 se recolectaron 1823 muestras de heces y 770 abomasos. Las heces de cabras adultas fueron positivas 815 (42.4%) a Strongylideos; 69 positivas (3.69%) a *Moniezia expansa* y 5 positivas (0.21%) a *Skjabinema caprae*. En la revisión de abomasos en tres años de estudio se encontró la presencia de *Strongylideos* spp y de *Haemonchus contortus*, se recolectaron 770 abomasos con 447 positivos (58.05%), la población total de HC fue 50,296: Hembras 33,222 (66.05%) y machos 17,074 (33.94%). Se revisa los efectos de los parásitos y el potencial biótico de HC que representa el valor en situación ideal de adaptación a diferentes ambientes que permite la infección de nuevos huéspedes.

Se concluye que la presencia de PGE y población de *Haemonchus contortus* en abomaso representa un potencial biótico esencial de adaptación y sobrevivencia en diferentes ambientes.

**Palabras claves:** Biótico, Sonora, semiárido, abomaso, cabras.

### ABSTRACT

The gastrointestinal parasites (PGE), and in special *Haemonchus contortus* (HC) have been adapted to different ecosystems and cause direct and indirect damage to the goat production. In order to determine the frequency of PGE and parasitic burdens of HC in abomasum in naturally infected goats and sacrificed in a local slaughter in Bacum during 2015 to 2017, 1,823 feces samples were collected of adult goats. 815 (42.4%) samples were positive to Strongylidea; 69 (3.69%) were positive to *Moniezia expansa* and 5 (0.21%) were positive to *Skjabinema caprae*. In the same period, 770 abomasums were collected and 447 (58.05%) were positive to the presence of adult *Haemonchus contortus*. The parasitic burden of HC was 50,296: 33,222 (66.05%) female and 17,074 (33.94%) male. The parasite effects and its biotic potential of HC have been reviewed which represents the value of adaptation to different environments that allow the infection of new guests. It is concluded that the presence of PGE and the population of *Haemonchus contortus* in abomasum represent an abiotic potential essential for adaptation and survival in different environments.

**Keywords:** Biotic, Sonora, semiarid, abomasum, goat.

## INTRODUCCIÓN

La producción de caprinos en el sur del estado de Sonora se realiza por lo general en forma extensiva, con pastoreo en agostadero diurno y encierro nocturno. Su principal ingreso se basa en obtener una cosecha de cabrito, producción de leche y venta de animales de desecho. La ganancia económica depende de una adecuada temporada de lluvias (disponibilidad de pasto o ramoneo), sanidad, nutrición, fertilidad y prolificidad del hato. A pesar de las condiciones ambientales los parásitos gastroentéricos (PGE), han logrado adaptarse, creando áreas endémicas; lo cual permite que estén expuestos a infecciones que pueden cursar de forma crónica subclínica y clínica en el abomaso, intestino delgado, intestino grueso e hígado; compitiendo por los pocos nutrientes que el huésped obtiene de la vegetación característica de este ecosistema.

Las parasitosis por PGE, se consideran un complejo que afectan las características productivas del huésped, los animales reducen su consumo de alimento entre un 15 a 20 %, se pueden presentar casos de anorexia aguda, daño a los tejidos, anemia, toxemia y obstrucción de órganos (Angulo *et al.*, 2010; Biswajit *et al.*, 2017). Las cabras con mucha frecuencia se afectan por *Haemonchus contortus* en todo el mundo. Es de alta prevalencia en clima tropical y subtropical, pero se ha adaptado a diferentes climas (Simpson, 2000), es un patógeno primario hematófago, capaz de afectar clínica y subclínicamente a la población joven y adulta de caprinos; disminuye la eficacia de la digestión (nitrógeno digestible en 25%) y la absorción de nutrientes (Attindehou *et al.*, 2012; Yacob *et al.*, 2009), lo cual reduce el metabolismo energético de mantenimiento y producción, que ocasiona los casos de anemia que son comunes por la severa pérdida de sangre, mientras que una baja en el consumo de alimento y conversión alimenticia ocasiona pérdida de peso en animales en producción y con frecuencia alta mortalidad en animales jóvenes, causando importantes pérdidas económicas (Vineer *et al.*, 2016; Zvinorova *et al.*, 2016).

En el municipio de Bacum, estado de Sonora, México, a pesar de tener un clima árido y semiárido, se encuentran áreas capaces de mantener poblaciones de nematodos gastroentéricos en la producción de caprinos en pastoreo, por lo cual es necesario realizar estudios sobre las características de la infección natural de PGE y la población de *Haemonchus contortus* en caprinos, de este modo aportar conocimientos parasitológicos en este ecosistema.

El objetivo fue determinar la presencia de parásitos gastroentéricos y la población del nematodo abomasal *Haemonchus contortus*, en cabras en clima semiárido del municipio de Bacum, Sonora, México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para obtener la presencia de PGE y la población de HC en abomasos, se realizaron visitas al rastro de caprinos del Municipio de Bacum, Sonora, México; en los años 2015, 2016 y 2017, en donde se recolectaron 1823 muestras de heces y 770 abomasos de caprinos infectados en forma natural. Los cuales se identificaron y refrigeraron para ser trasladados al Laboratorio de Parasitología del Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora, en donde los abomasos fueron incididos a lo largo de la curvatura mayor y lavados lentamente varias veces. Los parásitos adultos hembras y machos se colectaron en una caja de Petri con un amortiguador de fosfatos (PBS, pH 7.2, 4°C). Se lavaron a temperatura ambiente y se identificaron en base a sus características morfológicas (Attindehou *et al.*, 2012; Akkari *et al.*, 2013), se contabilizaron en total y por sexo (Yacob *et al.*, 2009). Con los datos obtenidos de *Haemonchus contortus* de abomaso se usaron para calcular la prevalencia, intensidad media y abundancia (índice de infección) (Rashid y Irshadullah, 2018). A las muestras de heces se les realizaron la técnica cualitativa de flotación (Yacob *et al.*, 2009); por medio de la fórmula de muestreo simple aleatorio se determinó el tamaño de muestra (Petrie y Watson, 2010), es un estudio observacional, longitudinal (Thursfield, 2018). Los resultados se muestran en estadística descriptiva (Wayne, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La frecuencia de parásitos gastrointestinales encontrada al analizar 1823 muestras de heces de cabras adultas fueron positivas, 815 a Strongylideos con 42.4% que se distribuyeron: en 2015 con 170 muestras y 62 positivas (36.47%); en 2016 de 719 con 313 positivas (41.53%) y año 2017 con 934 muestras y 440 positivas (47.1%). En el total de las muestras se encontraron 69 positivas (3.69%) a *Moniezia expansa* y 5 positivas (0.21%) a *Skrajabinema caprae*.

Este es uno de los primeros reportes de la presencia de Strongylideos, *Moniezia expansa* y *Skrajabinema caprae* en cabras en clima semiárido de la región en estudio.

Se ha reportado que los Strongylideos son considerados los más patógenos y económicamente importantes en pequeños rumiantes, los más comunes son: *Haemonchus* spp, *Trichostrongylus* spp, *Teladorsagia* spp, *Strongyloides* spp, *Trichuris* spp, *Bunostomum* spp, *Oesophagostomum* spp, *Cooperia* spp y *Nematodirus* spp (Zvinorova *et al.*, 2016).

Un estudio realizado en cabras de dos comunidades del sur de África, muestra la presencia de Strongylideos, *Eimeria* spp, *Strongyloides* spp y *Trichostrongylus* spp (Rumosa *et al.*, 2009). En Malasia se reporta una prevalencia general de nematodos gastroentéricos de 77.7%, en cabras de un año de edad 87.8%, adultos 86.4%, cabritos 53.1%. Los más frecuentes fueron *Strongyloides* spp. 14.3%, *Trichostrongylus* spp.

14.3%, *Haemonchus* spp 9.0%, y *Trichuris* spp 8.7%; *Eimeria* spp 89.2% en cabritos (Yusof y Lokman. 2016).

En una explotación de cabras productoras de leche se reporta la presencia de parásitos gastroentéricos, con una prevalencia de 58.31%; se identificaron a *Strongylidae* (47.76%), *Strongyloides* spp (15.83%), *Trichuris* spp (7.12%), *Nematodirus* spp (0.26%), *Moniezia benedeni* (10%), *Skrajabinema* spp (25.4%) y *Eimeria* spp (88.5%) (Alberti *et al.*, 2012).

La distribución de los parásitos gastroentéricos es amplia, con adaptación en diferentes ecosistemas como el árido y semiárido; en donde las infecciones son comunes con diferente frecuencia durante todo el año en cabras al pastoreo, y son una importante limitante de la productividad, al disminuir el consumo de alimento, con mala digestión del poco forraje disponible, los daños fisiopatológicos muestran cambios hematológicos en hemoglobina, hematocrito, recuento de células blancas y rojas; el metabolismo proteico es más afectado y ocasiona pérdidas en la producción de leche que contiene menos proteína y grasa; lo cual disminuye la producción de leche, ganancia de peso, problemas reproductivos y aborto (Torres-Acosta y Hoste. 2008; Alberti *et al.*, 2012; Alberti *et al.*, 2014; Fthenakis y Papadopoulos, 2017; Maheshika *et al.*, 2018).

La presencia de PGE puede ocasionar mortalidad de más del 40% en animales jóvenes, pérdidas de ganancia de peso entre 6 a 12 Kg por animal al año, o de más del 40%; se reduce el consumo de alimento y eficiencia alimenticia que baja la productividad que ocasiona pérdidas económicas relevantes (Vineer *et al.*, 2016). La relación parásito-nutrición, disminuye el consumo de alimento y la digestibilidad de los nutrientes por el huésped, reduciendo la productividad de las cabras (Zvinorova *et al.*, 2016).

Con respecto a la revisión de los abomasos, se encontró e identificó la presencia de *Haemonchus contortus*; en la tabla 1 se muestra la frecuencia de *Haemonchus contortus* en abomasos, en donde se observa la presencia del nemátodo abomasal en los años en estudio; se infiere que este nemátodo ha logrado adaptarse a las condiciones áridas y semiáridas de la región de estudio.

**Tabla 1. Frecuencia de *Haemonchus contortus* en abomasos de cabras de Bacum, Sonora, México.**

Año	Número	Positivos	Porcentaje	Negativos	Porcentaje
		Número	%	Número	%
2015-17	770	447	58.05	323	41.95
2015	499	307	61.52	192	38.48
2016	118	66	56.00	62	44.00
2017	153	74	48.00	79	52.00

En la tabla 2 se observa la cantidad total de *Haemonchus contortus* recolectados y diferenciados por sexo, se muestra que hay una mayor cantidad de hembras que de machos.

**Tabla 2. Población de *Haemonchus contortus* en abomasos de cabras de Bacum, Sonora, México.**

Año	Abomasos	Número	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
	Positivos	Total	Hembras	%	Machos	%
2015-17	447	50296	32222	66.05	17074	33.94
2015	307	33946	24693	66.83	12253	33.16
2016	66	5106	3522	69.00	1584	31.00
2017	74	8244	5007	61.00	3237	39.00

En la tabla 3 se muestra la prevalencia, intensidad y abundancia de *Haemonchus contortus* en los años de estudio, del mismo modo persiste la presencia del nematodo abomasal.

**Tabla 3. Prevalencia, intensidad y abundancia de *Haemonchus contortus* de 2015 a 2017.**

Año	Número	Abomasos	Prevalencia	Intensidad	Abundancia
	Total	Positivos	%	media	
2015-17	770	447	85.05	112.51	65.31
2015	499	307	61.52	120	74.04
2016	118	66	55.93	77.36	43.27
2017	153	74	48.36	111.4	53.88

Se consideran como factores de adaptación de *Haemonchus contortus* el potencial biótico, rango de adaptación a factores climáticos, aptitud para la hipobiosis y resistencia a medicamentos. El potencial biótico representa el valor en situación ideal de adaptación al ambiente y se modifica siempre reduciéndose según los ambientes y las circunstancias hasta el límite de supervivencia de la especie en cada región (Romero y Boero, 2001; Biswajit *et al.*, 2017).

Con respecto al rango de adaptación a factores climáticos, se reporta que las infecciones por *Haemonchus contortus* presentan un patrón bien definido, en donde la lluvia, con la humedad y temperatura parecen ser la mayor limitación en la frecuencia y carga parasitaria en el huésped. Dentro de los factores ambientales el desarrollo de los huevos se vuelve lento a baja temperatura y por debajo de 10°C, se detiene la formación de L3 y la sobrevivencia de las larvas, se compromete severamente con temperaturas cercanas a 0° centígrados. La temperatura de 25-30°C y 75-85% de humedad relativa con más de 50 mm de lluvia son factores más adecuados para el desarrollo de las etapas infecciosas

de *Haemonchus contortus* (Chandana *et al.*, 2015; Nahar *et al.*, 2015; Zvinorovaa *et al.*, 2016).

El tercer factor es la aptitud para la hipobiosis en el estado de L4, dentro de la mucosa del abomaso se determina genéticamente y su presentación está condicionada por factores ambientales que se expone la larva fuera del huésped. Las larvas en hipobiosis permite que sobrevivan a periodos desfavorables externos, desde el punto de vista climático (Romero y Boero, 2001; Vineer *et al.*, 2016).

Otro factor de adaptación y sobrevivencia de HC dentro del huésped, es la presencia y población en abomaso que ocasiona diferentes lesiones directamente en el epitelio y células gástricas, que inhibe la secreción y función de jugos gástricos y aumenta las concentraciones en suero de pepsinógeno y gastrina, lo cual afecta el pH 2-3 normal del abomaso que aumenta a 5-6, lo cual es una adaptación de evolución esencial para colonizar un ambiente ácido hostil para el nematodo (Simpson, 2000); y favorecer la permanencia de las cargas parasitarias en abomaso, permitiendo que cada hembra manifieste su fertilidad (Romero y Boero, 2001).

En este estudio las cargas parasitarias fueron mayores en hembras que en machos, como se ha reportado (Angulo *et al.*, 2010). Dentro de las características de HC esta una alta fecundidad y un corto periodo de desarrollo, las fases infectantes que proporciona una gran variabilidad para la adaptación (Emery *et al.*, 2016), y sobrevivencia al haber más hembras que eliminen mayor cantidad de huevos y haya más larvas infectantes (L3), en las áreas de pastoreo que favorecen la infección de nuevos huéspedes dando continuidad al ciclo evolutivo.

La variación de la frecuencia de las cargas parasitarias de HC por año de estudio puede deberse a la diferencia de tamaño de muestra, condiciones agroclimáticas predominantes en cada época del año, estado nutricional y disponibilidad de huéspedes susceptibles. Los factores como: edad, raza, nutrición y estado fisiológico del huésped influyen en la incidencia y la gravedad de la infección (Chandana *et al.*, 2015; Vineer *et al.*, 2016; Zvinorovaa *et al.*, 2016). También se ha encontrado una relación significativa entre cantidad de larvas infectivas en el forraje y las lluvias que causan estrés al huésped, lo que reduce su inmunidad y los predispone a severas infecciones. Es importante considerar que la cantidad y relación de sexo de los parásitos adultos en abomaso puede ser usado para estimar la adaptación de la relación huésped-parásito (Angulo *et al.*, 2010).

El nematodo abomasal *Haemonchus contortus* tiene un elevado potencial biótico, por lo cual puede alcanzar rápidamente altas cargas parasitarias que afectan la salud y limita la productividad; debido a la asociación de los daños, detrimento en la producción,

morbilidad (número de animales infectados), mortalidad; aunado al costo del control con tratamientos químicos, se producen pérdidas directas e indirectas (Attindehou *et al.*, 2012; Zvinorova *et al.*, 2016), importantes favoreciendo una baja productividad, rentabilidad y sustentabilidad de la producción caprina.

## CONCLUSIÓN

Se determinó la presencia de parásitos gastroentéricos, se identificó y determino la población de *Haemonchus contortus* en abomaso que se han adaptado al clima semiárido de Bacum, Sonora, México.

## LITERATURA CITADA

AKKARI H, Jebali J, Gharbi M, Mhadhbi M, Awadu S, Darghouth MA. 2013. Epidemiology study of symatric *Haemonchus* species and genetic characterization of *Haemonchus contortus* in domestic ruminants in Tunisia. *Veterinary Parasitology*. 193:118-125. ISSN: 0304-4017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.12.014>

ATTINDEHOU S, Salifou S, Biauou CF, Gbati OB, Adamou-N´Diaye M, Pangui LJ. 2012. Epidemiology of *haemonchus* in sheep and goats in Benin. *Journal of Parasitology and Vector Biology*. 4(2):20-24. ISSN: 2141-2510, DOI:10.5897/JPVB12.012, <http://www.academicjournals.org/JPVB>

ALBERTI EG, Zanzani SA, Ferrari N, Bruni G, Manfredia MT. 2012. Effects of gastroitestinal nematodes on milk productivity in three dairy goat breeds. *Small Ruminant Research*. 106:12-17. ISSN: 0921-4488. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.04.027>

ALBERTI EG, Zanzani SA, Gazzonis AL, Zanatt G, Bruni G, Villa M, Rizzi R, Manfredi MT. 2014. Effects of gastrointestinal infections caused by nematodes on milk production in goats in a mountain ecosystem: Comparison between a cosmopolite and local breed. *Small Ruminant Research*. 120:155-163. ISSN:0921-4488. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.04.017>

ANGULO CFJ, García CL, Alunda JM, Cuquerella M, Fuente C. 2010. Biological characterization and pathogenicity of three *Haemonchus contortus* isolates in primary infections in lambs. *Veterinary Parasitology*.171:99-105. ISSN: 0304-4017, 0304-4017. DOI:10.1016/j.vetpar.2010.03.004

BISWAJIT D, Konch P, Rahman T, Upadhyaya TN, Pathak DC, Tamuli SM, Phangchoo CV, Begum SA. 2017. Ocurrence and pathology of *Haemonchus contortus* infections in goats. *Journal of Entomology and zoology Studies*. 5(3):1284-1287. E-ISSN:2320-7078, P-ISSN:2349-6800, DOI: <http://dx.doi.org/10.22271/j.ento>. [www.entomoljournal.com](http://www.entomoljournal.com), <http://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue3/PartR/5-3-122-461.pdf>

CHANDANA ChB, Mousumi H, Adbus S, Pranjal B, Pranad D. 2015. Prevalence of gastrointestinal helminth infections in goats at goat research station Byrnithat. *International Journal of Advanced Research Biological Sciences*. 2(4):297-305. ISSN: 2348-8069, DOI:10.22192/ijarbs(Crossref, USA), ICV:57.38 (2015), [www.ijarbs.com](http://www.ijarbs.com).

EMERY DL, Hunt PW, Jambre LFL. 2016. Haemonchus contortus: the then and now, and where to form here?. *International Journal for Parasitology*. 46(12): 755-769. ISSN: 0020-7519. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.07.001>, [www.parasite.org.au/parasite.html](http://www.parasite.org.au/parasite.html).

FTHENAKIS GC, Papadopoulus S. 2017. Impact of parasitism in goat production. *Small Ruminant Reseach. Article in Press*. ISSN: 0921-4488. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.04.001>

MAHESHIKA SK, Pradeepa S, Dematawewa CMB, Ariyaratne HBS, Rajapakshe RPVJ, Wickramaratne SHG, Jayasooriya LJPAP, Munasinghe DMS, Lokugalappatti LGS, Notter RR. 2018. Responses of Sri Lankan indigenous goats and their Jamnapari crosses to artificial challenge with Haemonchus contortus. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*- 11:41-48. ISSN: 2405-9390. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.11.011>

NAHAR L, Sarder MJU, Mondal MMH, Faruque MO, Rahman M. 2015. Prevalence of haemonchosis of goats at Rajshahi district in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*. 13(1): 29-36. ISSN: 2308-0922, DOI: <http://dx.doi.org/10.3329/bjvm.v13i1.23713>, <https://www.banglajol.info/index.php/BJVM/article/view/23713>

RASHID S, Irshadullah M. 2018. Epidemiology and seasonal dynamics of adult Haemonchus contortus in goats of Aligarh, Uttar Pradesh, India. *Small Ruminant Research*. 161:63–67. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.01.018>.

ROMERO JR, Boero CA. 2001. Epidemiología de la gastroenteritis verminosa de los ovinos en las regiones templadas y calidad de la Argentina. *Analecta Veterinaria*. 2(1):21-37. ISSN: 1514259-0, [www.produccion-animal.com.ar/sanidad...ovinos/63-gastroenteritis\\_ovina.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad...ovinos/63-gastroenteritis_ovina.pdf)

RUMOSA GF, Chimonyo M, Dzama K. 2009. Prevalence and loads of gastrointestinal parasites of goats in the communal areas of the Eastern Cape Province of South Africa. *Small Ruminant Research*. 84:132-134. ISSN: 0921-4488. doi:10.1016/j.smallrumres.2009.06.013

SIMPSON HV. 2000. Pathophysiology of abomasal parasitism: Is the host or parasite responsible?. *The Veterinary Journal*. 160:177-191. ISSN:1090-0233. DOI:10.1053/tvj.2000.0491, <http://www.idealibrary.com> on

THURSFIELD M. 2018. Veterinary Epidemiology. Wiley-Blackwell Publishing. USA. Fourth Edition. 266-269 p. ISBN: 978-1118280287.

TORRES-ACOSTA JFJ, Hoste H. 2008. Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant*. 77:159-173. ISSN: 0921-4488. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.009>

PETRIE A, Watson P. 2010. Statistics for veterinary and animal science. Blackwell Publishing. Second edition. 45-52 p. ISBN-1-4051-2781-3.

VINEER HR, Steiner J, Knapp-Lawitzke F, Bull K, Son-de Fernex EV, Bosco A, Hertzberg H, Demeler J, Rinaldi L, Morrison AA, Skuce P, Bartley DJ, Morgan ER. 2016. Implications of between-isolate variation for climate change impact modelling of *Haemonchus contortus* populations. *Veterinary Parasitology*. 166:119-123. 229:144-149. ISSN: 0304-4017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.10.015>.

WAYNE WD. 2014. Bioestadística: Base para el análisis de la ciencia para la salud. Cuarta edición. Ed. Limusa-Wiley. México, D.F. 1-12 p. ISBN:97896818643.

YACOB Ch, Mistre AH, Adem AH, Basu AK. 2009. Parasitological and clinical responses of lambs experimentally infected with *Haemonchus contortus* (L3) with and without ivermectin treatment. *Veterinary Parasitology*. 166:119-123. ISSN: 1873-2550, ISSN: 0304-4017. doi:10.1016/j.vetpar.2009.07.038. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19683874>

YUSOF AM, Lokman M. 2016. Prevalence of gastrointestinal nematodiasis and coccidiosis in goats from three selected farms en Terengganu. *Malaysia. Asian Pac J Trop Biomed*. 6(9);735-739. ISSN:2221-1691. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.07.001>

ZVINOROVAA PI, Halimani TE, Muchadeyi FC, Matika O, Riggio V, Dzama K. 2016. Prevalence and risk factors of gastrointestinal parasitic infections in goats in low-input low-output farming systems in Zimbabwe. *Small Ruminant Research*. 143:75-83. ISSN: 0921-4488, <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.09.005>

#### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo al donativo otorgado por el Programa de Fomento y Apoyo a la Investigación (PROFAPI) y Programa del Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE), del Instituto Tecnológico de Sonora.

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2018; 8(3):51-67. Recibido: 28/02/2018 Aceptado: 25/06/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.3>

## Productividad de vacas lecheras Holstein sin sombra en dos épocas del año

Productivity of Holstein dairy cows without shade at two seasons of the year

Beauregard-García Jesús<sup>1</sup> [asesorvaquero@live.com](mailto:asesorvaquero@live.com) , Prado-Rebolledo Omar<sup>2</sup> [omarpr@ucol.mx](mailto:omarpr@ucol.mx) , García-Márquez Luis<sup>3</sup> [ljgm\\_cmv@hotmail.com](mailto:ljgm_cmv@hotmail.com) , García-Casillas Arturo<sup>4</sup> [cesargarciasillas@hotmail.com](mailto:cesargarciasillas@hotmail.com) , Macedo-Barragán Rafael<sup>5</sup> [macedo@ucol.mx](mailto:macedo@ucol.mx) , Hernández-Rivera Juan<sup>\*2</sup> [jhernandez2@ucol.mx](mailto:jhernandez2@ucol.mx)

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria. México. <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. Colima, México. <sup>3</sup>Centro Universitario de Investigaciones de Desarrollo Agropecuario, Universidad de Colima. Colima, México. <sup>4</sup>Profesor del Posgrado Interinstitucional en Producción Pecuaria. México. <sup>5</sup>Coordinador del Posgrado Interinstitucional en Producción Pecuaria. México. \*Autor responsable y de correspondencia: Hernández Rivera Juan Augusto. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima; Kilometro 40 Carretera Colima-Manzanillo, S/N, Tecmán, Colima, México, CP 28100.

### RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto de época sobre la productividad de vacas lecheras Holstein, 10 vacas fueron asignadas a uno de dos tratamientos, vacas en invierno (Inv) y vacas en verano (Ver). El estudio tuvo una duración de 70 días (d) divididos en dos periodos de cinco semanas, respectivamente. Los datos fueron colectados tres veces por semana. Los animales fueron alimentados bajo el mismo régimen alimenticio en ambas épocas, a partir de una ración integral a base de concentrado, heno de alfalfa y silo de maíz. El índice de temperatura-humedad máximo fue de 70 y 75 unidades durante el invierno y verano, respectivamente. Las vacas Inv tuvieron menor producción de leche ( $P<0.05$ ), tasa respiratoria y temperatura rectal que vacas Ver. Las temperaturas de costado derecho y nalga en vacas Inv fueron menores ( $P<0.05$ ), respecto a vacas Ver ( $P<0.05$ ). Las temperaturas de agua de bebida, piso y ambiental a través del bulbo negro fueron consistentemente menores ( $P<0.05$ ) durante la época de invierno con respecto al verano. Las vacas Ver presentaron estrés calórico ligero e incrementaron 24% más la producción de leche respecto a vacas Inv, pero no mejoraron la calidad en leche. El uso de sombras durante el verano, puede mejorar el estado fisiológico y calidad de la leche en vacas lecheras en lactación.

**Palabras clave:** Vacas lecheras, sin sombra, estrés calórico leve, productividad.

### ABSTRACT

In order to evaluate the effect of season on the productivity of Holstein dairy cows in a commercial herd, 10 cows were assigned to one of two treatments, cows in winter and cows in summer. The study lasted 70 days (d) divided into two periods of five weeks, respectively. The data were collected three times per week. The animals were under the same diet in both seasons, from an integral ration based on concentrate, alfalfa hay, and corn silo. The maximum temperature-humidity index was 70 and 75 units during the winter and summer, respectively. The cows in winter had lower ( $P<0.05$ ) milk production, respiratory rate and rectal temperature than summer cows. The temperatures on the right flank and buttock area in winter cows were lower ( $P<0.05$ ), with respect to summer cows. Drinking water, floor, and environment temperatures through the black bulb were consistently lower ( $P<0.05$ ) during the winter season with respect to summer. Summer cows showed mild heat stress and increased 24% plus milk yield than winter cows, but did not improve milk quality. The use of shades during the summer can improve the physiological status milk quality in lactating dairy cows.

**Keywords:** Dairy cows, without shade, season, mild heat stress, productivity.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la temperatura ambiental (TA) se ha intensificado principalmente en zonas desérticas y semidesérticas debido al calentamiento global, dando como resultado veranos más calurosos (Avendaño *et al.*, 2012). Aunado a ello, existen condiciones como el estrés calórico (EC), que impactan la relación ganado-agricultura en cuatro aspectos importantes: 1) producción de grano para consumo del ganado, así como la disponibilidad y precio, 2) producción y calidad de las cosechas de pastura y forraje, 3) producción, reproducción, crecimiento y salud del ganado, y 4) distribución de enfermedades (Francis y Vavrus, 2012).

Durante el 2011, las altas temperaturas en Estados Unidos de América provocaron que los productores sufrieran pérdidas en la producción de leche, que excedió el billón de dólares (NOAA, 2012). El EC se describe como una interacción entre el incremento de la temperatura corporal y el calor interno, que es generado a partir del metabolismo de los nutrientes aunado a la ineficiencia que tienen los animales para perder calor corporal, en combinación con factores medioambientales, como: humedad relativa (HR), TA, velocidad del viento y radiación solar (McManus *et al.*, 2011). Este último es el principal factor que se encarga de que los animales ganen calor directa o indirectamente del medio ambiente (Krishnan *et al.*, 2017).

El índice de temperatura-humedad (ITH) sirve para cuantificar el grado de EC en los animales y este se inicia a partir de las 72 unidades (West, 2003). Por otra parte, desde el punto de vista fisiológico y con el fin de minimizar el coeficiente de calor, las vacas primero experimentan un incremento en la tasa de sudoración, debido a una redistribución de la sangre hacia la superficie de la piel (Hernández *et al.*, 2011; Habeeb *et al.*, 2018). Asimismo, estos mismos autores mencionan que de manera secundaria, órganos tal como la ubre y el útero, disminuyen su funcionalidad, alterando los niveles hormonales que tienen que ver con la producción y reproducción. De hecho, animales que han sido expuestos a condiciones de calor intenso, mostraron un incremento en la concentración de cortisol, la cual está directamente relacionada con el nivel de estrés; además presentaron una disminución de insulina, tiroxina, triyodotironina (T3) y aldosterona plasmática (Habeeb *et al.*, 2018).

Contrariamente se ha observado que animales bajo condiciones de EC, alojados en corrales con sombra, tienen cortisol y T3 plasmático en menor y mayor cantidad respectivamente (Kamal *et al.*, 2016b). Luego se incrementa el consumo de agua, temperatura rectal (TR), pulso, tasa respiratoria (Tres) y taquipnea; por último, disminuye el consumo de nutrientes y materia seca, proceso de rumia y tasa de pasaje de alimento (Kamal *et al.*, 2016b; Kamal *et al.*, 2016a). En consecuencia, cuando la TA rebasa los 29 °C, la eficiencia productiva de vacas lecheras en lactación suele verse disminuida,

principalmente en vacas que han sido expuestas a altas temperaturas por al menos de 67 días (Ammer *et al.*, 2018).

La ausencia de sombras y altas temperaturas ambientales son condiciones severas, que pueden provocar la muerte de vacas lecheras bajo EC (Rhoads *et al.*, 2013). Por lo tanto, el simple uso de las sombras en el corral, ayuda a disminuir el impacto que provoca el EC en los animales (Berman y Horovitz, 2012). De hecho, se ha demostrado que animales que han sido expuestos directamente a la radiación solar, pueden disminuir de 30 a 45 % la carga de calor bajo la sombra (Ulvshammar, 2014).

Finalmente, en hatos lecheros ubicados al norte de México, se han reportado casos de EC de moderado a severo con ITH de 84 unidades durante los meses de verano (Correa-Calderón *et al.*, 2014; Anzures-Olvera *et al.*, 2015). En ciertas regiones del centro de México, donde tradicionalmente no era necesario colocar sombras en los corrales, los productores han empezado a identificar altas temperaturas, sobre todo en la época de verano; sin embargo, esto no ha sido evaluado objetivamente, y es probable que exista un efecto negativo en la productividad del ganado lechero.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de época sobre la calidad y producción de leche, respuestas fisiológicas y climáticas en vacas lecheras Holstein en lactación, alojadas en corrales sin sombra durante el invierno y verano en un rancho comercial de El Marqués, Querétaro, México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Ubicación.** El estudio se realizó en un hato comercial ubicado a 20° 44' 00" latitud Norte, y 100° 17' 39" longitud Oeste, en el municipio de El Marqués, Querétaro, México; con una altitud de 1945 msnm, temperatura media anual de 18°C y precipitación pluvial anual de 500 mm. El viento dominante es de Noreste a Suroeste. El clima es predominantemente semiseco-templado en un 87% del municipio, el resto es templado-subhúmedo y semifrío subhúmedo (INEGI, 2009).

**Animales y tratamientos.** El trabajo se llevó a cabo durante las épocas de invierno y verano, con una duración de 70 días divididos en dos periodos de cinco semanas, respectivamente. Las vacas contaron con un área total de 880 m<sup>2</sup> dentro del corral sin sombra, incluidos 24.5 m de comedero al frente. Tomando en cuenta, los días en leche (30 a 130 d), número de partos (2 a 5) y la producción de leche previamente al inicio del experimento y para dar normalidad estadística a los datos, fueron asignadas 10 vacas Holstein multíparas de manera aleatoria a uno de dos tratamientos, (Inv); ( $n = 5$ ): vacas en época de invierno; (Ver); ( $n = 5$ ): vacas en época de verano. Los datos fueron colectados tres veces por semana y el horario de ordeño se realizó a las 06:00 y 17:00 horas (h), con una duración de tres y dos horas, respectivamente; al terminar la ordeña, el alimento ya estaba servido en el comedero al piso. En ambas épocas, se proporcionó

una ración integral a base de concentrado (600 g/kg de consumo), heno de alfalfa (300 g/kg de consumo), silo de maíz (100 g/kg de consumo) y fue formulada según las recomendaciones del NRC (2001), conteniendo 958 g/kg de MS, 172 g/kg de PC, 40.8 g/kg de grasa y 41.7 g/kg de FDN. El acceso al agua fue *ad libitum*.

Todos los procedimientos realizados en los animales fueron aprobados por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro.

**Variables productivas.** La producción de leche se midió en kilogramos por vaca, durante el tiempo de ordeña; a través de los pesadores de la marca WAIKATO (inter Ag, Hamilton, New Zealand). Inmediatamente después del pesador, se tomó una muestra de leche en vasos de plástico (50 ml) con taparrosca; obteniendo antes de cerrar el vaso, la temperatura de la leche (°C), con la ayuda de un termómetro digital en forma de pistola y sistema infrarrojo integrado (Fluke® modelo 63). Finalmente, la leche fue almacenada en una hielera para su posterior análisis en el laboratorio de lácteos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. Para determinar la calidad de la leche, los componentes (proteína, grasa, sólidos no grasos, lactosa y pH) fueron obtenidos con el aparato LACTOSCAN Milk Collecting Center (MCC; Bulgaria, 6000 Stara Zaragoza, 167, Tsar Simeon Veliki, A, 25).

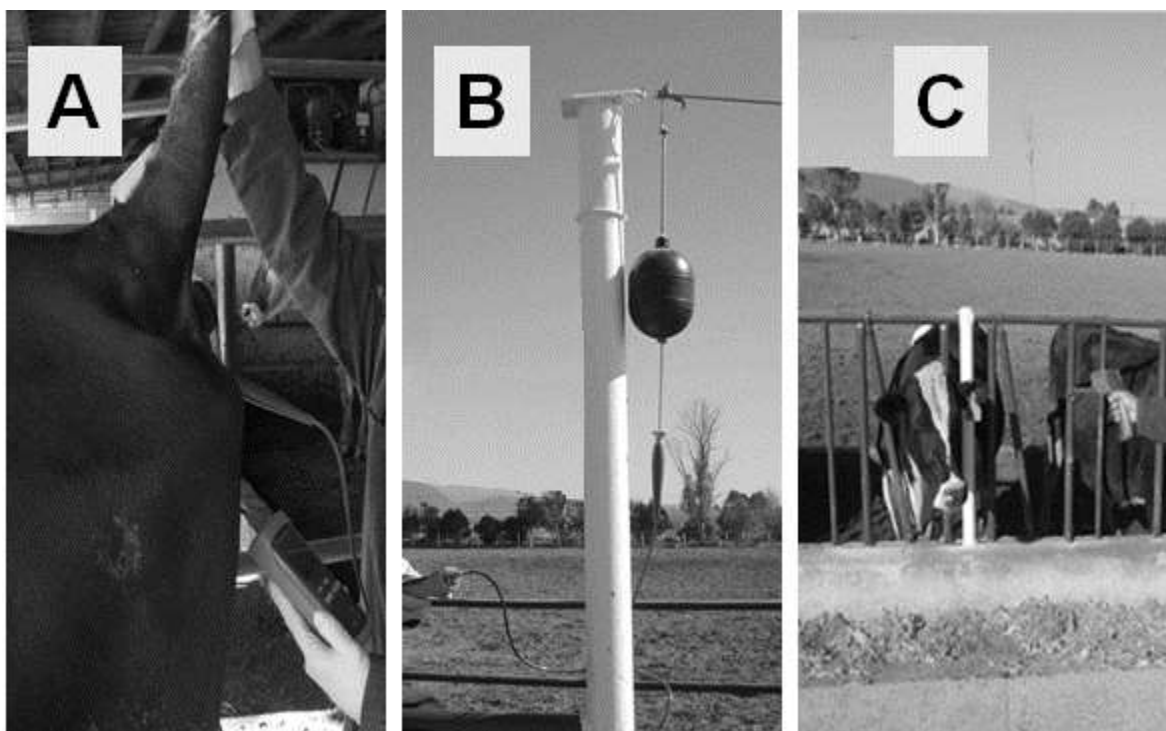
A partir de la producción de leche total (PLT) y los porcentajes obtenidos a partir de grasa y proteína en leche, se obtuvo la variable de energía en leche (EL) mediante la siguiente fórmula,  $EL = \{[(40.72 \times \text{grasa, \%}) + (22.65 \times \text{proteína, \%}) + 102.77] \div 1000\} \times 2.204\} \times PTL$  (Tyrrell y Reid, 1965). Además, con la información de PLT y porcentaje de grasa en leche se calculó la producción de leche corregida al 3.5% de grasa (Parekh, 1986), usando la fórmula:  $LCG = [((0.425 \times PTL) + (16425 \times ((\text{grasa, \%} \div 100) \times PTL)))]$ . Dónde: LCG = Leche corregida al 3.5% de grasa.

Para estimar la proyección a 305 días en leche (DEL) de los grupos de vacas Inv y Ver se usó la fórmula propuesta por Häubi Segura y Gutiérrez Lozano (2015),  $Proy305 = LecheDEL \div CoefDEL \times 100$ , donde: Proy305, es la estimación de la proyección de leche por vaca ajustada a 305 DEL; LecheDEL, es la producción de leche en un día específico de los DEL; dividido entre CoefDEL, que es el coeficiente correspondiente al mismo día específico de los DEL, multiplicado por 100. Dicho coeficiente se obtuvo a partir de la fórmula de Wood (1967)  $= a \times t^b \times \exp - c \times t$ , donde: t = días en leche (DEL); a = 0.434285; b = 0.318412; c = 0.142361 ( $R^2 = 0.995$ ). Una vez que se obtuvo la proyección ajustada a 305 DEL de los grupos de vacas Inv y Ver, se solicitó la producción media nacional (PMN) de leche del año 2017 a la Asociación Holstein de México A.C. (AHM, 2018) y a partir de esos tres datos, se modelaron las curvas de lactación Invierno, Verano y Testigo, este último creado como referente nacional de la raza Holstein.

Las curvas de lactación se modelaron despejando la fórmula Proy305, para obtener los kilos de leche correspondientes a los DEL de la curva  $kgDEL = (Proy305 \div 100) \times$

*CoefDEL*. Finalmente, se asignó 0.1 al primer DEL, para reflejar la producción de leche de las primeras horas después del parto, luego del segundo DEL en adelante, se continúa a partir del 1 hasta 305, correspondiente a los días de una lactancia completa.

**Variables fisiológicas.** La condición corporal (CC) fue evaluada una vez por semana sobre una escala de cinco puntos, donde “1” correspondía a una vaca demasiado flaca y “5” a una demasiado obesa (Wildman *et al.*, 1982). La temperatura de la capa de la piel (TP) y Tres se obtuvieron a las 1500 h dentro de los corrales. La TR se obtuvo durante la ordeña de la tarde, para ello se usó un aditamento en forma de varilla y se conectó a un termómetro digital (Fluke® modelos 80 PK-22 y 51-2, respectivamente; Figura 1-A).



**Figura 1.** Toma de lectura de temperatura rectal (A); toma de lectura de la temperatura ambiental a través del bulbo negro, el aditamento en forma de varilla y termómetro digital (B); toma de lectura de temperaturas de la capa de la piel a la distancia con el termómetro digital en forma de pistola y láser integrado (C).

La TA dentro del corral fue colectada mediante el uso del bulbo negro, tal como lo sugieren Veissier *et al.* (2018), antes de cada ordeña (Figura 1-B). Para ello, se usó el mismo aditamento y termómetro descritos en TR. Por otra parte, con el termómetro digital en forma de pistola y rayo láser integrado (Fluke® modelo 63), se obtuvieron los datos de TP en sus distintas regiones (Figura 1-C), como: cabeza, costado derecho, nalga y ubre de todos los animales *in situ*, por lo tanto. Fue necesaria hacer la evaluación a una distancia aproximada de tres metros en relación a la vaca, para no espantarlas o causarles incomodidad; el rayo láser ayudó a indicar la región y a obtener lecturas precisas. Luego, para obtener mayor información acerca de las condiciones internas del

corral, se obtuvieron las temperaturas del agua de bebida y del piso a base de tierra, con el mismo termómetro descrito en TP, durante la mañana y la tarde, antes de iniciar la ordeña. Finalmente, la Tres fue determinada a partir del número de respiraciones por minuto (resp/min), observando el movimiento del tórax de las vacas.

**Variables climáticas.** La información del estado meteorológico se obtuvo diariamente de la estación climatológica experimental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, localizada a 2 km del área de estudio. Las variables climáticas colectadas cada quince minutos fueron TA (°C) y HR (%). Luego se calculó el ITH con la siguiente fórmula propuesta por Hahn (1999):  $ITH = 0.81 TA + HR (TA - 14.4) + 46.4$ . Dónde: ITH = Índice de Temperatura-Humedad, TA = Temperatura ambiental y HR = Humedad. Posteriormente se obtuvieron promedios, máximos y mínimos de cada variable.

**Análisis estadístico.** Todas las variables se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x5, con el procedimiento Proc Mixed del SAS (2004). El modelo estadístico general usado para cada variable fue  $Y_{ijk} = \mu + E_i + S_j + (E_i \times S_j) + \epsilon_{ijk}$  donde:  $Y_{ijk}$  es la variable dependiente,  $\mu$  es la media general,  $E_i$  es el efecto fijo de época,  $S_j$  es el efecto fijo de semana,  $(E_i \times S_j)$  es el efecto de interacción época por semana y  $\epsilon_{ijk}$  es el error experimental. Las medias y errores estándar fueron registrados en cada variable. Para establecer las diferencias entre medias se usó una prueba de mínimos cuadrados y se declaró significancia estadística a una probabilidad del 5%, considerándose tendencia a una probabilidad del 10%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros de las variables climáticas durante el invierno y verano se muestran en la figura 2. Durante el invierno, el valor máximo de TA fue de 20°C y 95% la HR; mientras que el ITH fue de 70 unidades; los valores mínimos fueron 3°C, 7% y 33 unidades, respectivamente. En el verano los valores máximos de TA, HR e ITH fueron 30°C, 95% y 75 unidades, respectivamente; y los valores mínimos 12°C, 23% y 55 unidades, respectivamente.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Dalcin *et al.* (2016), donde obtuvieron un ITH máximo de 75 unidades durante la mañana en vacas lecheras Holstein. El ITH máximo alcanzado durante el verano se mantuvo por al menos 10 h cada día; esto quiere decir que los animales estuvieron sometidos a un EC ligero. El resto del día, el ITH mínimo no alcanzó las 60 unidades, lo cual al no presentar ningún tipo de EC, los animales tuvieron la oportunidad de aliviar el calor obtenido durante las horas de sol (Silanikove y Koluman, 2015). En la figura 3 se muestra el efecto de interacción época\*semana ( $P < 0.01$ ), respecto a los valores máximos y mínimos de ITH en el tiempo

de estudio. Durante el verano, el ITH mínimo se mantuvo constante en alrededor de 58 unidades en las cinco semanas de estudio; mientras que en la segunda semana de invierno se registró el punto más bajo con 38 unidades. En el verano, el ITH máximo se mantuvo por arriba de las 72 unidades las primeras cuatro semanas de estudio, alcanzando las 75 unidades en la primera semana; sin embargo, durante la última semana se registraron menos de 72 unidades; por otra parte, en el invierno no se rebasaron las 70 unidades en ninguna de las semanas.

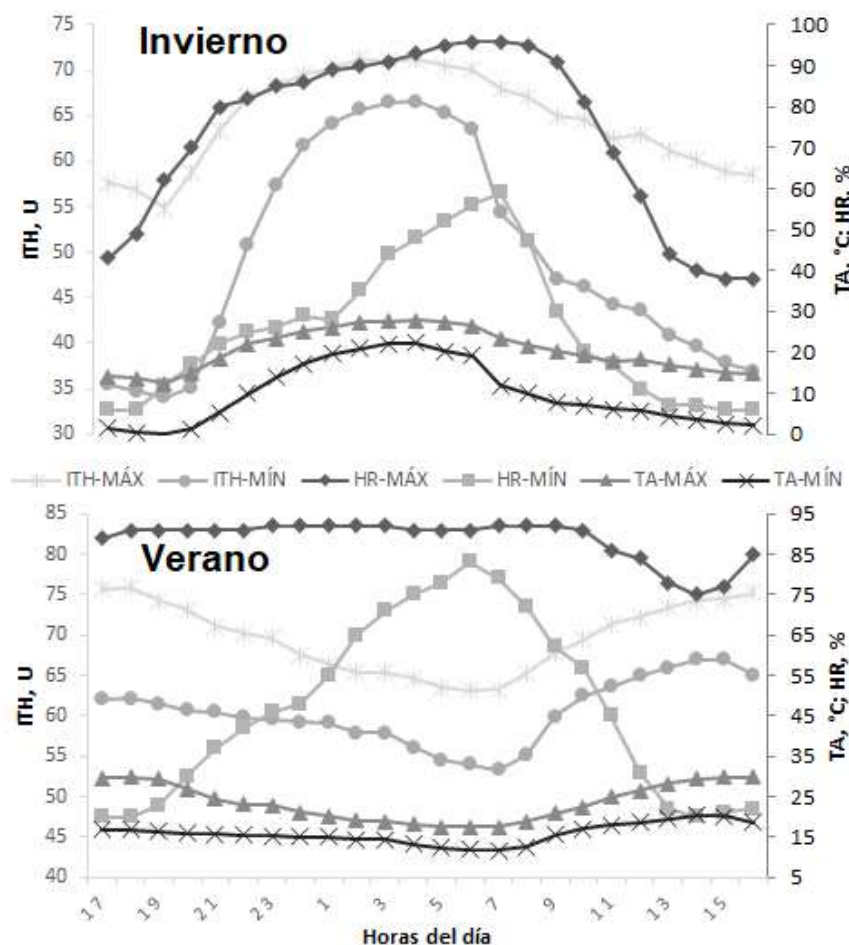
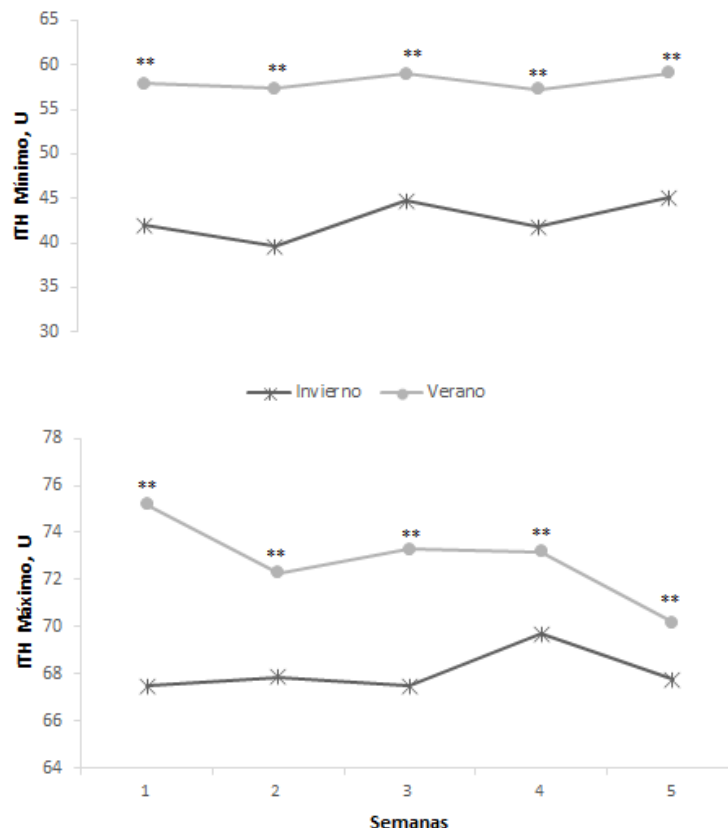


Figura 2. Registros por hora del índice de temperatura-humedad (ITH), temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR) máximos y mínimos durante las épocas invierno y verano

Los valores de ITH menores a 72 unidades, indica que los animales se encuentran sin estrés, es decir confortables; de 72 a 78 unidades hay un estrés ligero; de 79-88 unidades es moderado, y mayor a 89 unidades se considera como un estrés severo, en peligro de muerte (Akyuz *et al.*, 2010). Eigenberg *et al.* (2010) evaluaron el efecto de distintos tipos de sombras en vacas lecheras y descubrieron una menor carga de EC en ellas, cuando se compararon con animales alojados en corrales sin sombra, sobre todo durante las horas del día donde se registraron altas temperaturas. Veissier *et al.* (2018) por otro lado,

estimaron el porcentaje de tiempo usado por las vacas bajo la sombra en el corral. Dichos autores reportaron que se incrementó exponencialmente ( $P < 0.01$ ) el uso de la sombra cuando se aumentó la carga de calor en los animales.



**Figura 3. Registro semanal del índice de temperatura-humedad (ITH) máximos y mínimos del grupo de vacas invierno y verano (diferencias entre cada punto se muestra con  $**P < 0.01$ ).**

El efecto de interacción época\*semanas no tuvo efecto ( $P > 0.05$ ) en las respuestas productivas, fisiológicas y temperaturas de agua de bebida, piso y bulbo negro. Los resultados de las variables fisiológicas se muestran en la tabla 1. La condición corporal de las vacas fue similar ( $P > 0.05$ ) en ambas épocas; esto indica que las condiciones de manejo nutricional fueron similares entre los animales Inv y Ver. Las vacas Inv tuvieron menor ( $P < 0.05$ ) Tres y TR (45 rpm y 38.3 °C, respectivamente) que vacas Ver (56 rpm y 38.6 °C, respectivamente).

De acuerdo a esto, resulta evidente que los animales Inv soportaron más las condiciones de EC, respecto a las vacas Ver. La Tres, de vacas Ver estuvo por arriba de lo reportado por Dalcin *et al.* (2016) en animales Holstein x Gir alojados sin sombra. Los autores señalan que esos animales fueron más tolerantes a EC, respecto a vacas Holstein del

mismo estudio, las cuales presentaron 46 rpm más que las vacas del grupo Ver. La Tres normal en el ganado es de 20 rpm (Thomas y Pearson, 1986); es decir, que ambos grupos de vacas Inv y Ver incrementaron en 125 y 180 % más la Tres, respectivamente.

**Tabla 1. Efecto de la época invierno-verano sobre las respuestas fisiológicas en vacas Holstein.**

	Invierno	Verano	E.E. <sup>1</sup>	Valor-P
Condición corporal, 1-5 <sup>2</sup>	3	3	0.0273	0.7710
Tasa respiratoria <sup>3</sup>	45	56	1.6186	<0.0001
Temperatura rectal <sup>4</sup>	38.3	38.6	0.0434	<0.0001
<i>Temperaturas de la capa de la piel<sup>4</sup></i>				
Cabeza	34.8	35.6	0.8791	0.3517
Costado derecho	34.2	36.1	0.7119	0.0105
Nalga	33.4	36.3	0.6584	<0.0001
Ubre	34.6	34.6	0.4088	0.9912

<sup>1</sup>Error estándar; <sup>2</sup>unidades; <sup>3</sup>respiraciones por minuto; <sup>4</sup>grados Celsius.

Collier *et al.* (2017) mencionan que el incremento de la Tres y TR son signos importantes de EC en ganado lechero. Arias *et al.* (2018) señalan que cuando la TA rebasa los 27 °C, la Tres se incrementa por arriba de las 56 rpm. Esta situación fue similar para las vacas del grupo Ver, respecto a esas mismas variables. Fabris *et al.* (2017) reportaron que las vacas incrementan la Tres y TR a partir de las 77 unidades de ITH. Dicho incremento es en respuesta a que el hipotálamo detecta a través de termo receptores del sistema nervioso central y periférico condiciones de EC en los animales (Veissier *et al.*, 2018). Asimismo, Igono *et al.* (1992) indicaron que la TR promedio en vacas lecheras es de 38.5 °C, bajo condiciones normales. Tao y Dahl (2013) observaron una correlación positiva entre la TR registrada por la tarde y la producción de leche. Por otro parte, la TR se incrementó lo suficiente para detectar una diferencia (P<0.05) entre los animales del grupo Ver, con respecto a las vacas del grupo Inv. Esta situación fue parecida a lo reportado por Veissier *et al.* (2018), cuando observaron que la TR se incrementó al tiempo que aumentó el EC en animales sin sombra. Las TP tales como costado derecho y nalga de vacas Inv (34.2 y 33.4 °C, respectivamente), fueron menores (P<0.05) respecto a las vacas del grupo Ver (36.1 y 36.3 °C, respectivamente).

Recientemente un estudio mostró que animales bajo condiciones de EC pero enfriados en periodos cortos de tiempo, presentaron TP en pierna y hombro equivalentes a las reportadas en el grupo de vacas Inv (Tresoldi *et al.*, 2018). Por otro lado, en ese mismo estudio, animales con sombra y sin enfriamiento fueron similares a lo reportado en vacas del grupo Ver. No se observaron diferencias (P>0.05) entre los grupos de vacas Inv y Ver, con respecto a la temperatura de la cabeza y ubre.

Los resultados de al menos dos TP registradas en este estudio, muestran un incremento consistentemente mayor en vacas Ver que en vacas Inv. Este incremento coincide con

los resultados obtenidos en este estudio de Tres y TR, durante la misma época de verano. Además, a pesar que las vacas Ver presentaron EC ligero, los animales no comprometieron sus actividades de comer y beber dentro del corral, tal como sucedió en un estudio realizado por Hernández *et al.* (2011). También estos mismos autores reportaron que el incremento de las TP, está asociado a una mayor tasa de sudoración y pérdida de calor corporal; de hecho, en la necesidad de mantenerse frescos, los animales bajo condiciones de EC buscan lugares altos, de preferencia con sombra, viento o flujo de aire constante dentro del corral (Schütz *et al.*, 2014; Van Laer *et al.*, 2015; Kamal *et al.*, 2018).

En la tabla 2 se muestran los resultados de temperaturas del agua de bebida, piso y bulbo negro. Los promedios de temperaturas de agua de bebida, piso y bulbo negro fueron consistentemente mayores ( $P < 0.05$ ) en el grupo de vacas Ver (24.8, 27 y 25.1 °C, respectivamente), que en el grupo de vacas Inv (18.8, 20.0 y 21.9 °C, respectivamente); sin embargo, la temperatura del bulbo negro durante la mañana no mostró diferencia ( $P > 0.05$ ) en ambos grupos de animales.

Por otra parte, durante las tardes de verano las temperaturas de agua de bebida, piso y bulbo negro fueron considerablemente mayores ( $P < 0.05$ ) que en las tardes de invierno; lo cual quiere decir que estas condiciones mejoraron el bienestar de las vacas del grupo Inv a pesar de la ausencia de sombras. Entonces, como el hato lechero no contaba con instalaciones que ayudaran a mitigar los efectos de la radiación solar durante las horas de la tarde, se propició un ambiente estresante que no beneficio de modo alguno al grupo de vacas Ver; de hecho, cuando la temperatura del aire es superior a la TP, el animal gana calor del medio que lo rodea, entrando en un estado de incomodidad (Avendaño-Reyes, 2012).

**Tabla 2. Temperaturas de agua de bebida, piso y bulbo negro en el corral de alojamiento durante la época invierno-verano.**

	Invierno	Verano	E.E. <sup>1</sup>	Valor-P
<i>Temperaturas<sup>2</sup></i>				
Agua bebida, AM <sup>3</sup>	15.0	23.0	0.4669	<0.0001
Agua bebida, PM <sup>4</sup>	22.6	26.8	0.3430	<0.0001
Promedio	18.8	24.8	0.2856	<0.0001
Piso, AM <sup>3</sup>	15.5	18.8	0.5905	<0.0001
Piso, PM <sup>4</sup>	24.5	35.2	1.5372	<0.0001
Promedio	20.0	27.0	0.8521	<0.0001
Bulbo negro, AM <sup>3</sup>	17.0	18.4	0.7578	0.0624
Bulbo negro, PM <sup>4</sup>	26.8	31.8	0.6112	<0.0001
Promedio	21.9	25.1	0.4634	<0.0001

<sup>1</sup>Error estándar; <sup>2</sup>Grados Celsius; <sup>3</sup>lectura matutina; <sup>4</sup>lectura vespertina.

Los resultados de las respuestas productivas se muestran en la tabla 3. La temperatura en leche durante la mañana fue menor ( $P < 0.05$ ) en vacas Inv que en el grupo de vacas

Ver, sin presentarse cambios ( $P>0.05$ ) entre el grupo de animales durante la tarde. Lo anterior, en acuerdo a los resultados obtenidos en las variables climáticas de este estudio.

La producción de leche, LCG y energía en leche fueron mayores ( $P<0.05$ ) en vacas Ver, con respecto a vacas Inv. La producción de leche fue mayor en poco más de 5.5 kg entre los dos grupos de animales; esto se debe a que las vacas Ver, al presentar un EC ligero, principalmente durante las horas del día con mayor intensidad de calor, tuvieron la necesidad de mitigar dicho estrés a través del incremento en el consumo de agua. Ammer *et al.* (2018) reportaron que vacas lecheras Holstein bajo condiciones de EC, aumentan el consumo de agua en alrededor de 1 L, por cada unidad de incremento de ITH.

**Tabla 3. Efecto de época sobre las respuestas productivas de vacas Holstein.**

	Invierno	Verano	E.E. <sup>1</sup>	Valor-P
Leche <sup>2</sup>	23.06	28.71	0.9053	<0.0001
LCG <sup>3</sup> al 3.5%	24.50	30.62	1.2609	<0.0001
Energía en leche <sup>4</sup>	16.22	20.14	0.7052	<0.0001
Temperatura leche <sup>5</sup> , promedio	31.41	32.50	0.2431	<0.0001
AM <sup>6</sup>	31.19	33.11	0.4320	<0.0001
PM <sup>7</sup>	31.64	31.95	0.2308	0.1840
Grasa <sup>8</sup> , promedio	3.71	3.72	0.09602	0.8734
AM <sup>6</sup>	3.20	2.89	0.09334	0.0014
PM <sup>7</sup>	4.20	4.56	0.1446	0.0127
Proteína <sup>8</sup> , promedio	2.85	2.79	0.02609	0.0429
AM <sup>6</sup>	2.78	2.80	0.02972	0.6567
PM <sup>7</sup>	2.91	2.75	0.04785	0.0015
Lactosa <sup>8</sup> , promedio	4.03	3.97	0.03564	0.0778
AM <sup>6</sup>	4.02	3.96	0.03520	0.0896
PM <sup>7</sup>	4.03	3.97	0.05665	0.3292
SNG <sup>9</sup> , promedio	7.65	7.43	0.06629	0.0011
AM <sup>6</sup>	7.72	7.46	0.1050	0.0141
PM <sup>7</sup>	7.58	7.37	0.07053	0.0028

<sup>1</sup>Error estándar; <sup>2</sup>kg/día; <sup>3</sup>leche corregida en grasa al 3.5%, kg; <sup>4</sup>MCal/d; <sup>5</sup>grados Celsius; <sup>6</sup>lectura matutina; <sup>7</sup>lectura vespertina; <sup>8</sup>porcentaje; <sup>9</sup>sólidos no grasos, porcentaje.

En el caso de las vacas Inv, al no presentar ningún tipo de estrés, no les fue necesario aumentar el consumo de agua; estas aseveraciones, aunque no fueron registradas se basan en observaciones hechas durante el desarrollo del experimento. Por otro lado, Polsky y von Keyserlingk (2017) mencionan que vacas lecheras en casos de deshidratación por EC, incrementan su actividad, caminando hacia los comederos, bebederos y/o sala de ordeña; ya sea de forma individual o colectiva. Esos mismos autores reportan que las rutas de pérdidas de agua en el cuerpo son a través del sudor en la piel, evaporación por medio del jadeo, heces, orina y leche. Por lo tanto, un incremento en el consumo de agua en animales bajo EC, incrementa la cantidad de agua

en leche para liberar calor corporal; pero no eleva la calidad de la misma a través de sus componentes. Los sólidos no grasos fueron consistentemente mayores ( $P < 0.05$ ) en vacas del grupo Inv, cuando fueron comparadas contra vacas Ver. De igual modo, el porcentaje de grasa durante la mañana fue mayor ( $P < 0.05$ ) en vacas Inv, respecto a vacas Ver; pero durante la tarde sucedió lo contrario, siendo mayor ( $P < 0.05$ ) en vacas Ver que en vacas Inv.

Se ha reportado que animales expuestos a la radiación directa del sol, cambian la composición de la grasa en leche, con una reducción concomitante en los niveles de ácidos grasos y un incremento en los ácidos grasos saturados (SEVI *et al.*, 2002). El porcentaje de lactosa durante la mañana y la tarde fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre los grupos de vacas Inv y Ver. El porcentaje de proteína durante la tarde fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el grupo de vacas Inv en comparación con las vacas Ver. Durante la mañana el porcentaje de proteína fue similar ( $P > 0.05$ ) entre ambos grupos de vacas. Interesantemente el patrón del porcentaje de proteína en leche suele ser afectado por las altas temperaturas. Las células epiteliales de la glándula mamaria en condiciones de EC producen proteínas de choque de calor, las cuales reducen la síntesis de proteína en leche, causando de manera directa un efecto remanente en curvas de lactación; y de manera indirecta, causa otros efectos sobre la preñez y el estado metabólico de la vaca (Collier *et al.*, 2017).

La PMN de leche para vacas Holstein fue de  $9853 \pm 1708$  kg (AHM, 2018); la proyección a 305 DEL para vacas del grupo Inv y Ver fue de  $6037 \pm 1550$  y  $7690 \pm 881$  kg, respectivamente.

La figura 4 muestra las curvas de lactación a 305 DEL para el grupo de vacas Inv, Ver y Testigo. La modelación matemática de las curvas, indicaron que el grupo Testigo durante el pico de lactación, rebasó en 15 y 10 kg la producción de leche, respecto a vacas Inv y Ver, respectivamente. En acuerdo a lo reportado por Collier *et al.* (2017) dichas curvas mostraron una clara disminución respecto al grupo Testigo, ya que ambos grupos de vacas Inv y Ver, no lograron expresar desde el punto de vista genético o ambiental el potencial que mostró el grupo Testigo respecto a la PMN de leche.

Los componentes de calidad de leche en lo general, mostraron en la mayoría de los casos ser menores ( $P < 0.05$ ) en animales Ver respecto a animales Inv, lo cual quiere decir que a pesar de ser mayor la cantidad de leche fluida, fue menor la cantidad de sus componentes, lo que refuerza el argumento de la presencia de agua en leche. Adicionalmente en algunos otros casos, por ejemplo, el porcentaje de grasa en leche mostraron similitudes ( $P > 0.05$ ) entre los grupos de animales Inv y Ver; lo cual proporcionalmente hablando resulta ser mayor en el grupo de vacas Inv que vacas Ver. West (2003) reporta que las vacas en ausencia de sombras reducen el consumo de alimento y el flujo sanguíneo neto hacia el tracto digestivo, lo que resulta en un menor flujo de nutrientes hacia la glándula mamaria y una menor calidad de la leche.

## CONCLUSIONES

Los cambios ocurridos en las variables fisiológicas fueron más pronunciados en el grupo de vacas en verano, las cuales presentaron estrés calórico ligero. Durante el tiempo de estudio, las vacas del grupo en invierno no presentaron evidencia de algún tipo de estrés por calor. Por otro lado, aunque las vacas en verano produjeron 24% más leche que las vacas en invierno, no lograron mejorar el porcentaje de sólidos no grasos. Finalmente, el uso de sombras durante los meses de verano, puede mejorar el estado fisiológico y la calidad de la leche de vacas en lactación en El Marqués, Querétaro, México.

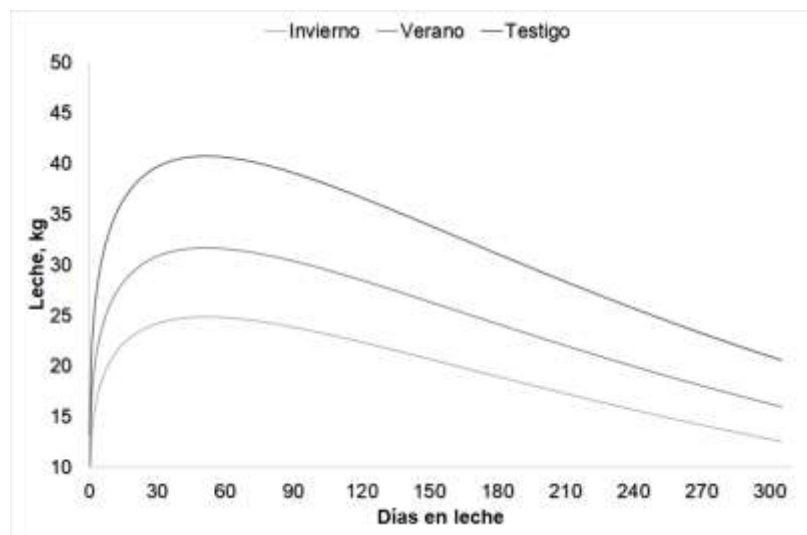


Figura 4. Curvas de producción y proyección a 305 días en leche del grupo de vacas Invierno, Verano y Testigo.

## LITERATURA CITADA

AHM. 2018. Control de producción. AHM Asociación Holstein de México A.C. Disponible: [http://www.holstein.mx/srv\\_con.html](http://www.holstein.mx/srv_con.html).

AKYUZ A, Boyaci S, Çayli A. 2010. Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9:1824-1827. ISSN: 1680-5593. DOI: [10.3923/javaa.2010.1824.1827](https://doi.org/10.3923/javaa.2010.1824.1827).

AMMER S, Lambertz C, Soosten D, Zimmer K, Meyer U, Dänicke S, Gauly M. 2018. Impact of diet composition and temperature–humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 102(1):103-113. ISSN: 0931-2439. DOI: [10.1111/jpn.12664](https://doi.org/10.1111/jpn.12664).

ANZURES-OLVERA F, Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela F, Correa-Calderón A, Díaz-Molina R, Hernández-Rivera J, Avendaño-Reyes L. 2015. Efecto de época del año (verano vs. invierno) en variables fisiológicas, producción de leche y capacidad

antioxidante de vacas Holstein en una zona árida del noroeste de México. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 47:15-20. ISSN: 0301-732X. DOI: [10.4067/S0301-732X2015000100004](https://doi.org/10.4067/S0301-732X2015000100004).

ARIAS RA, Herrera C, Larraín R, González F, Mader TL, Velásquez A. 2018. Physiological and behavioural response of two dairy cows genotypes during summertime in the central region of Chile. *Austral Journal Of Veterinary Sciences*. 50:9-14. ISSN: 0719-8132. DOI: [10.4067/S0719-81322018000100103](https://doi.org/10.4067/S0719-81322018000100103).

AVENDAÑO-REYES L. 2012. Heat stress management for milk production in arid zones. *Milk Production-An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. DOI: [10.5772/51299](https://doi.org/10.5772/51299).

AVENDAÑO RL, Hernández RJA, Álvarez VFD, Macías CU, Díaz MR, Correa CA, Robinson PH, Fadel JG. 2012. Physiological and productive responses of multiparous lactating Holstein cows exposed to short-term cooling during severe summer conditions in an arid region of Mexico. *International Journal of Biometeorology*. 56(6):993-999. ISSN: 1432-1254. DOI: [10.1007/s00484-011-0510-x](https://doi.org/10.1007/s00484-011-0510-x).

BERMAN A, Horovitz T. 2012. Radiant heat loss, an unexploited path for heat stress reduction in shaded cattle. *Journal of Dairy Science*. 95(6):3021-3031. ISSN: 0022-0302. DOI: [10.3168/jds.2011-4844](https://doi.org/10.3168/jds.2011-4844).

COLLIER RJ, Xiao Y, Bauman DE. 2017. Chapter 1 - Regulation of factors affecting milk yield. En: *Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease*. Academic Press. 3-17 p. ISBN: 978-0-12-809762-5.

CORREA-CALDERÓN A, Gómez-Álvarez C, Avendaño-Reyes L, Diaz-Molina R, Medina-Cervantes S, Rivera-Acuña F, Luna-Nevárez P, Macías-Cruz U. 2014. Efecto de la suplementación de progesterona y enfriamiento artificial post-inseminación sobre la eficiencia reproductiva de vaquillas Holstein durante el verano. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 46:189-196. ISSN: 0301-732X. DOI: [10.4067/S0301-732X2014000200004](https://doi.org/10.4067/S0301-732X2014000200004).

DALCIN VC, Fischer V, Daltro DdS, Alfonso EPM, Stumpf MT, Kolling GJ, Silva MVGBd, McManus C. 2016. Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 45:458-465. ISSN: 1516-3598. DOI: [10.1590/S1806-92902016000800006](https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000800006).

EIGENBERG RA, Brown-Brandl TM, Nienaber JA. 2010. Shade material evaluation using a cattle response model and meteorological instrumentation. *International Journal of Biometeorology*. 54(6):601-607. ISSN: 0020-7128. DOI: [10.1007/s00484-010-0381-6](https://doi.org/10.1007/s00484-010-0381-6).

FABRIS TF, Laporta J, Corra FN, Torres YM, Kirk DJ, McLean DJ, Chapman JD, Dahl GE. 2017. Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows. *Journal of Dairy Science*. 100(8):6733-6742. ISSN: 1525-3198 (Electronic) 0022-0302 (Linking). DOI: [10.3168/jds.2016-12313](https://doi.org/10.3168/jds.2016-12313).

FRANCIS JA, Vavrus SJ. 2012. Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes. *Geophysical Research Letters*. 39(6). ISSN: 1944-8007. DOI: [10.1029/2012GL051000](https://doi.org/10.1029/2012GL051000).

HABEEB A, Gad A, EL-Tarabany A, Atta M. 2018. Negative effects of heat stress on growth and milk production of farm animals. *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*. 2(1):1-12. Disponible: <http://www.sryahwapublications.com/journal-of-animal-husbandry-and-dairy-science/pdf/v2-i1/1.pdf>

HAHN GL. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*. 77(suppl\_2):10-20. ISSN: 0021-8812. DOI: [10.2527/1997.77suppl\\_210x](https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_210x).

HÄUBI SEGURA CU, Gutiérrez Lozano JL. 2015. Evaluación de unidades familiares de producción lechera en Aguascalientes: estrategias para incrementar su producción y rentabilidad. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 19(2):7-34. ISSN: 0188-7890. Disponible: <http://www.redalyc.org/html/837/83742619002/>.

HERNÁNDEZ RJA, Álvarez VFD, Correa CA, Macías CU, Fadel JG, Robinson PH, Avendaño RL. 2011. Effect of short-term cooling on physiological and productive responses of primiparous Holstein cows exposed to elevated ambient temperatures. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*. 61(1):34-39. ISSN: 0906-4702. DOI: [10.1080/09064702.2011.558910](https://doi.org/10.1080/09064702.2011.558910).

IGONO MO, Bjotvedt G, Sanford-Crane HT. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology*. 36(2):77-87. ISSN: 1432-1254. DOI: [10.1007/bf01208917](https://doi.org/10.1007/bf01208917).

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. *Clave geoestadística 22011*. Formato electrónico. Disponible: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293116>.

KAMAL R, Dutt T, Patel M, Dey A, Chandran PC, Bharti PK, Barari SK. 2016a. Behavioural, biochemical and hormonal responses of heat-stressed crossbred calves to different shade materials. *Journal of Applied Animal Research*. 44(1):347-354. ISSN: 0971-2119. DOI: [10.1080/09712119.2015.1074076](https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1074076).

KAMAL R, Dutt T, Patel B, Singh G, Chandran P, Dey A, Barari S. 2016b. Effect of shade materials on rectal temperature, respiration rate and body surface temperature of crossbred calves during rainy season. *The Indian Journal of Animal Sciences*. 86(1). ISSN: 0367-8318.

KAMAL R, Dutt T, Patel M, Dey A, Bharti PK, Chandran PC. 2018. Heat stress and effect of shade materials on hormonal and behavior response of dairy cattle: a review. *Tropical Animal Health and Production*. 1-6. ISSN: 0049-4747. DOI: [10.1007/s11250-018-1542-6](https://doi.org/10.1007/s11250-018-1542-6).

KRISHNAN G, Bagath M, Pragna P, Vidya MK, Aleena J, Archana PR, Sejian V, Bhatta R. 2017. Mitigation of the heat stress impact in livestock reproduction. *Theriogenology*. DOI: [10.5772/intechopen.69091](https://doi.org/10.5772/intechopen.69091).

MCMANUS C, Castanheira M, Paiva SR, Louvandini H, Fioravanti MCS, Paludo GR, Bianchini E, Corrêa PS. 2011. Use of multivariate analyses for determining heat tolerance in Brazilian cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 43(3):623-630. ISSN: 0049-4747. DOI: [10.1007/s11250-010-9742-8](https://doi.org/10.1007/s11250-010-9742-8).

NOAA. 2012. *Billion-dollar weather/climate disasters, distribution and change: 2000 to 2010, summary statistics*. NOAA's National Climatic Data Center. Disponible: <http://www.ncdc.noaa.gov/billions/summary-stats>.

NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. En. Washington, DC: The National Academies Press. ISBN: 978-0-309-06997-7.

PAREKH H. 1986. A new formula for FCM (3.5%) fat [Fat-corrected milk]. *Indian Journal of Animal Sciences (India)*. ISSN: 0367-8318.

POLSKY L, von Keyserlingk MAG. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*. 100(11):8645-8657. ISSN: 0022-0302. DOI: [10.3168/jds.2017-12651](https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651).

RHOADS RP, Baumgard LH, Suagee JK, Sanders SR. 2013. Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Advances in Nutrition*. 4(3):267-276. ISSN: 2161-8313. DOI: [10.3945/an.112.003376](https://doi.org/10.3945/an.112.003376).

SAS. 2004. SAS/STAT User's guide software released. 9.12, v. SAS Institute Inc. Cary, NC.

SCHÜTZ KE, Cox NR, Tucker CB. 2014. A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. *Journal of Dairy Science*. 97(6):3599-3605. ISSN: 0022-0302. DOI: [10.3168/jds.2013-7649](https://doi.org/10.3168/jds.2013-7649).

SEVI A, Rotunno T, Di Caterina R, Muscio A. 2002. Fatty acid composition of ewe milk as affected by solar radiation and high ambient temperature. *Journal of dairy Research*. 69(2):181-194. ISSN: 1469-7629. DOI: [10.1017/S0022029902005447](https://doi.org/10.1017/S0022029902005447).

SILANIKOVE N, Koluman N. 2015. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Ruminant Research*. 123(1):27-34. ISSN: 0921-4488. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2014.11.005](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.005).

TAO S, Dahl GE. 2013. Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *Journal of Dairy Science*. 96(7):4079-4093. ISSN: 0022-0302. DOI: [10.3168/jds.2012-6278](https://doi.org/10.3168/jds.2012-6278).

THOMAS CK, Pearson RA. 1986. Effects of ambient temperature and head cooling on energy expenditure, food intake and heat tolerance of Brahman and Brahman x Friesian cattle working on treadmills. *Animal Science*. 43(1):83-90. ISSN: 1357-7298. DOI: [10.1017/S0003356100018353](https://doi.org/10.1017/S0003356100018353).

TRESOLDI G, Schütz KE, Tucker CB. 2018. Cooling cows with sprinklers: Spray duration affects physiological responses to heat load. *Journal of Dairy Science*. 101(5):4412-4423. ISSN: 0022-0302. DOI: [10.3168/jds.2017-13806](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13806).

TYRRELL HF, Reid JT. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *Journal of Dairy Science*. 48(9):1215-1223. ISSN: 0022-0302. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88430-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88430-2).

ULVSHAMMAR K. 2014. *Effects of shade on milk production in Swedish dairy cows on pasture*. Disponible: [https://stud.epsilon.slu.se/6604/7/ulvshammar\\_k\\_140416.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/6604/7/ulvshammar_k_140416.pdf).

VAN LAER E, Tuytens FA, Ampe B, Sonck B, Moons CP, Vandaele L. 2015. Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal*. 9(9):1547-1558. ISSN: 1751-732X (Electronic) 1751-7311 (Linking). DOI: [10.1017/S1751731115000816](https://doi.org/10.1017/S1751731115000816).

VEISSIER I, Van laer E, Palme R, Moons CPH, Ampe B, Sonck B, Andanson S, Tuytens FAM. 2018. Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *International Journal of Biometeorology*. 62(4):585-595. ISSN: 1432-1254. DOI: [10.1007/s00484-017-1468-0](https://doi.org/10.1007/s00484-017-1468-0).

WEST JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86(6):2131-2144. ISSN: 0022-0302 (Print) 0022-0302 (Linking). DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X).

WILDMAN EE, Jones GM, Wagner PE, Boman RL, Troutt HF Jr, Lesch TN. 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*. 65(3):495-501. ISSN: 0022-0302. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82223-6).

WOOD PDP. 1967. Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature*. 216:164. ISSN: 1476-4687. DOI: [10.1038/216164a0](https://doi.org/10.1038/216164a0).

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Autónoma de Querétaro por el uso del equipo e instalaciones para la realización de este estudio. Asimismo, agradecen sinceramente al IAZ. Eduardo García Frías por su excelente disponibilidad en el uso de las vacas en su hato lechero La Hacienda.

## Inclusión de la hoja *Moringa oleifera* sobre constantes inmunológicas en pollos de engorda

Inclusion of the *Moringa oleifera* leaf on immunological constants in broiler chickens

Ramírez-Acosta Mariana<sup>1</sup> [mariana.raac@hotmail.com](mailto:mariana.raac@hotmail.com) Jiménez-Plascencia Cecilia<sup>2</sup> [cecijimenez\\_@hotmail.com](mailto:cecijimenez_@hotmail.com) Juárez-Woo Carlos<sup>2</sup> [cjuarezw@gmail.com](mailto:cjuarezw@gmail.com) Rendón-Guizar Jesús<sup>1</sup> [nacho\\_0911@hotmail.com](mailto:nacho_0911@hotmail.com) Ángeles-Espino Alejandro<sup>3</sup> [aangeles\\_1305@hotmail.com](mailto:aangeles_1305@hotmail.com) Sánchez-Chiprés David<sup>\*2</sup> [chipres99@hotmail.com](mailto:chipres99@hotmail.com)

<sup>1</sup>Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, México. <sup>2</sup>Departamento de Producción Animal, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. México. <sup>3</sup>Departamento de Producción Agrícola Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. México. \*Autor responsable y de correspondencia: Sánchez-Chiprés David Román. Departamento de Producción Animal, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias; Camino Ingeniero Ramón Padilla Sánchez #2100, Predio Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, C.P. 45200

### Resumen

La producción avícola tiene gran relevancia por su alto impacto socioeconómico, genera alta demanda de ingredientes. *Moringa oleifera* ha adquirido gran importancia como suplemento nutricional y planta medicinal, por tanto, podría representar una alternativa como estimulante inmunológico. Se evaluaron los efectos de la inclusión de la hoja *M. oleifera* sobre constantes inmunológicas de pollos de engorda. Se utilizaron 180 pollos (hembras) línea genética Cobb distribuidas en 3 tratamientos: Control, M10 y M20. Se evaluó morfometría intestinal y contenido de IgY a los 21 y 42 días. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, se realizó ANDEVA y comparación de medias de Tukey. A los 42 días, la altura de vellosidades del duodeno del Control obtuvo valores más bajos (1485  $\mu\text{m}$ ) con respecto a los grupos M10 y M20. La altura de vellosidades de yeyuno fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en M10, con respecto a M20 y Control. En la profundidad de criptas de yeyuno existió diferencia ( $P < 0.05$ ) entre Control y M20, siendo este último el menor. El contenido de IgY a los 21 días fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en M10 y M20 con respecto a Control. *M. oleifera* tiene efecto positivo como inmunoestimulante y puede utilizarse en alimentación animal.

**Palabras clave:** *Moringa*, pollos engorda, morfometría intestinal, inmunología.

### Abstract

The national poultry production has acquired great importance for being an activity of high socioeconomic impact and generates high demand for ingredients. *Moringa oleifera* has acquired great importance as a nutritional supplement and medicinal plant; therefore, it could represent an alternative as an immune stimulant. The effects of the inclusion of the *M. oleifera* leaf on the immunological constants of broiler chickens were evaluated. 180 chickens (females) Cobb genetic line were used, distributed in 3 treatments: Control, M10, and M20. Intestinal morphometry and the content of IgY were determined at 21 and 42 days. A completely randomized statistical design was used: ANOVA and comparison of Tukey's means were performed. At 42 days, the height of villi of the duodenum of the Control group obtained the lowest values (1485  $\mu\text{m}$ ) with respect to M10 and M20 groups. The height of the jejunal villi was significantly higher ( $P < 0.05$ ) in the M10 group, with respect to the M20 and Control groups. In the depth of the jejunum crypts, there was a difference ( $P < 0.05$ ) between the Control and M20, the latter being the least. The IgY content at 21 days was significantly higher ( $P < 0.05$ ) in the M10 and M20 than in the Control. *M. oleifera* has a positive effect as an immunostimulant and can be used in animal feeding.

**Keywords:** *Moringa*, broiler, intestinal morphometry, immunology.

## INTRODUCCIÓN

Los sectores de producción de aves en los países en desarrollo enfrentan algunos problemas, como el incremento de los costos de alimentación; debido a esto, se han buscado fuentes alternativas en su alimentación que se encuentren disponibles y no sean costosas. La avicultura tiene alto impacto en los ámbitos económico y social; ya que más del 60 % de la proteína animal que se consume en México y el mundo proviene de la industria avícola (SAGARPA, 2017).

*Moringa oleifera* es el género de un árbol perteneciente a la familia Moringaceae (Kumar et al., 2013); ha sido utilizada principalmente para consumo humano, ya que ha adquirido gran importancia como suplemento nutricional y planta medicinal; esto trae como consecuencia el incremento en su costo; por lo tanto, para ser utilizada en la alimentación animal debe promoverse que se planten más árboles en las producciones donde se requiere (Etalem et al. 2014). Esta planta tiene importancia como forrajera debido a sus características nutricionales y a su alto rendimiento en producción de biomasa fresca (Padilla et al., 2014). Las hojas del género *M. oleifera* se distinguen por su elevado contenido de macronutrientes como proteína y energía; y micronutrientes como vitaminas y minerales. Sin embargo, cabe mencionar que también posee fenoles, factores anti-nutricionales como taninos, saponinas, fitatos y oxalatos (Teteh et al., 2013).

Uno de los factores que es importante tomar en cuenta en los animales es el estrés, el cual puede afectar la modulación de la respuesta inmune, entre otras cosas; lo que provoca cambios en las células inmunes circulantes en sangre. Las causas más comunes de estrés en animales se deben a la alimentación y a las condiciones ambientales. Se ha comprobado que *M. oleifera* es un árbol rico en vitaminas, minerales y antioxidantes, que promueve la salud y mejora la respuesta inmune. Se realizó un estudio para evaluar el efecto de la hoja de *M. oleifera* como inmunomodulador en ratones, y se demostró que tiene potencial significativo como agente inmunomodulador (Al-Majali et al., 2017).

Se ha demostrado que los mediadores proinflamatorios producidos durante la respuesta inflamatoria, agravan el desarrollo patológico de algunas enfermedades crónicas y se demostró que *M. oleifera* es un potente inhibidor de la inflamación (Channarong et al., 2011)

Asimismo, es importante tomar en cuenta el desarrollo del intestino, el cual se ve reflejado en la integridad de su morfología; tiene una relación directa con el crecimiento y desarrollo del animal. Se realizó un estudio donde se evaluaron los efectos del polvo de las hojas de *M. oleifera* como suplemento dietético, para evaluar morfometría intestinal en ratas sin obtener diferencias significativas (Zvinorova et al., 2015). El desarrollo de la mucosa intestinal muestra relación a la presencia o ausencia de agentes exógenos, el cual se ve reflejado en el cambio de altura y densidad de las vellosidades y profundidad de las criptas, entre otros (Gomide, 2004).

La importancia de este trabajo radica en buscar una alternativa viable y disponible de una fuente alimenticia, que tenga un efecto en el sistema inmunológico y pueda ser incorporada a las dietas de las producciones avícolas. Se espera que la inclusión de la hoja de *M. oleifera* en la alimentación de pollos de engorda tenga un efecto positivo en sus constantes inmunológicas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la inclusión de la hoja de *M. oleifera* sobre los constantes inmunológicas de pollos de engorda.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 180 pollos línea Cobb, hembras de un día de nacidas; fueron distribuidas en 3 tratamientos de 6 repeticiones cada uno y 10 réplicas por repetición: 1. Control, 2. M10 (10% de inclusión de *M. oleifera*), 3. M20 (20% de inclusión de *M. oleifera*). Se alojaron en corrales de 1 m<sup>2</sup> por cada 10 aves (Cobb 500, 2013; Cobb 500, 2015). Las dietas se formularon al 95 % de lo estipulado por la NRC (1994) (tabla 1).

**Tabla 1. Niveles de inclusión de ingredientes en dietas de iniciación y finalización.**

Ingrediente	Control		M10		M20	
	I	F	I	F	I	F
Aceite	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Sorgo	48.18	59.28	46.91	58.20	45.31	58.23
Pasta de soya	35.92	26.34	32.80	24.50	30.50	22.00
Hoja de <i>M. oleifera</i>	-	-	4.50	3.00	8.50	5.50
Carbonato de Ca	1.21	1.10	1.00	0.97	0.79	0.88
Fosfato dicálcico	0.68	0.28	0.80	0.34	0.90	0.39
Premezcla	8.00	7.00	8.00	7.00	8.00	7.00

I = Dieta etapa iniciación, F = Dieta etapa finalización.

Para la evaluación morfométrica microscópica, se tomaron muestras del duodeno y yeyuno de las aves destinadas a eutanasia humanitaria, a los 21 y 42 días de edad (SEMARNAT, 1995); las muestras se conservaron en formol al 10 %. Se realizó la técnica de inclusión en parafina; posteriormente se realizaron cortes histológicos de 4 micras de grosor y la tinción de hematoxilina eosina. Se realizó la lectura de las placas con un microscopio de objetivo micrométrico, luego se midió la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas intestinales; a continuación, se utilizó el programa Motic Images Plus ® (Rodríguez, 2012).

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar; para después realizar ANDEVA. Cuando existió diferencia estadística entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey para comparación de medias con un nivel de confianza del 95 %. Los datos se analizaron en el paquete estadístico Minitab (2014) ®. Se extrajeron 3 ml de sangre de 3 aves por corral, a los 21 y 42 días de edad, y se colocaron las muestras en tubos de recolección; estos se dejaron reposar hasta completa coagulación y después se centrifugaron a 3500

rpm durante 10 min. Se separaron los sueros y se transfirieron a microviales de 1.5 ml; a continuación, se realizaron dos alícuotas de cada uno.

La cuantificación de IgY se realizó mediante un método de ELISA tipo Sandwich, se usaron los estándares disponibles en el kit; se agregaron las muestras a los pocillos de microtitulación de poliestireno (incluidas en el kit) que contienen anticuerpos Anti-IgY adsorbidos en el fondo, y se permitió que se unieran durante 30 min. Posteriormente se realizaron cuatro lavados para remover las proteínas que no se unieron; se añadió anticuerpo Anti-IgY conjugado a peroxidasa de rábano (HRP) en la dilución recomendada por el kit, y se incubó a 37 °C durante el tiempo indicado en el kit. Se realizaron nuevamente 4 lavados y posteriormente se añadió sustrato cromogénico 3, 3', 5, 5' – tetrametilbencidina (TMB) y se incubó durante 10 min en oscuridad. Finalmente se adicionó una solución para detener la reacción, y se procedió a la lectura de absorbancia; se utilizó un filtro para 450 nm en un lector de ELISA. La cantidad de anticuerpos contenidos en la muestra es directamente proporcional a la absorbancia a 450 nm (MyBioSource®).

Para realizar el análisis estadístico se utilizó una tendencia lineal de coincidencia con puntos de datos conocidos; utilizando el método de los mínimos cuadrados para determinar los valores en ng/ml. Una vez obtenidos dichos valores, se realizó ANDEVA; cuando existió diferencia estadística entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey con nivel de significancia del 95 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto a la altura de vellosidades en el duodeno a los 21 días, el tratamiento que tuvo valores más elevados fue M20, con un valor de 1620  $\mu\text{m}$ , que fue superior al grupo M10 y Control en 156 y 366  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Por otra parte, al comparar el grupo Control, éste fue menor por 210  $\mu\text{m}$  con respecto al grupo M10. La altura de las vellosidades del yeyuno mostró un comportamiento similar, ya que el grupo M20 presentó un valor de 1537  $\mu\text{m}$ , que fue superior en 165 y 271  $\mu\text{m}$  a los grupos M10 y Control, respectivamente. Las diferencias fueron estadísticamente significativas y se presentan en la tabla 2. Para la medición de la profundidad de criptas del duodeno a los 21 días, se presentó un comportamiento opuesto, ya que el grupo M20 obtuvo un valor de 213  $\mu\text{m}$ ; el cual es menor que Control y M10 por 38 y 44  $\mu\text{m}$ , respectivamente; estos valores son estadísticamente significativos. En Yeyuno no existió diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos; dichos resultados se muestran en la tabla 2. A los 42 días de edad, en la altura de vellosidades del duodeno, el grupo Control obtuvo un valor de 1485  $\mu\text{m}$ , que fue mayor por 170 y 160  $\mu\text{m}$  a los grupos M10 y M20, respectivamente; estas diferencias son estadísticamente significativas. Sin embargo, la altura de las vellosidades del yeyuno fue significativamente mayor en el tratamiento M10, con un valor de 1579  $\mu\text{m}$  respecto a los tratamientos M20 y Control, que obtuvieron 155 y 164  $\mu\text{m}$  menos, respectivamente; esta diferencia es estadísticamente significativa (tabla 2).

Sin embargo, para la medición de profundidad de criptas de duodeno a los 42 días de edad, no se presentó el mismo patrón, ya que no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos; por el contrario, en yeyuno existió diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento Control y M20 con valores de 190 y 167  $\mu\text{m}$ , respectivamente (tabla 2).

**Tabla 2. Altura de vellosidades y profundidad de criptas intestinales a los 21 y 42 días.**

	Control	M10	M20	Valor P	EE
Altura de Vellosidades a los 21 días ( $\mu\text{m}$ )					
Duodeno	1263 <sup>c</sup>	1473 <sup>b</sup>	1629 <sup>a</sup>	<0.001	56.27
Yeyuno	1266 <sup>b</sup>	1372 <sup>b</sup>	1537 <sup>a</sup>	<0.001	68.90
Profundidad de Criptas a los 21 días ( $\mu\text{m}$ )					
Duodeno	251 <sup>a</sup>	257 <sup>a</sup>	213 <sup>b</sup>	<0.001	15.30
Yeyuno	262 <sup>a</sup>	227 <sup>a</sup>	258 <sup>a</sup>	0.051	18.33
Altura de Vellosidades a los 42 días ( $\mu\text{m}$ )					
Duodeno	1485 <sup>b</sup>	1655 <sup>a</sup>	1645 <sup>a</sup>	<0.001	52.13
Yeyuno	1415 <sup>b</sup>	1579 <sup>a</sup>	1424 <sup>b</sup>	0.002	61.98
Profundidad de Criptas a los 42 días ( $\mu\text{m}$ )					
Duodeno	193 <sup>a</sup>	177 <sup>a</sup>	181 <sup>a</sup>	0.098	9.52
Yeyuno	190 <sup>a</sup>	176 <sup>ab</sup>	167 <sup>b</sup>	0.015	10.05

<sup>a,b</sup> Literales diferentes por fila indican diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ).

EE= Error Estándar de la desviación.

Esta tendencia de comportamiento que aumenta la altura de vellosidades y disminuye profundidad de criptas, sugiere una mayor absorción de nutrientes y conduce a una mejor digestión (Lipismita *et al.*, 2015). Zvinorova *et al.* (2015) midieron la altura de las vellosidades intestinales y profundidad de las criptas en ratas, se utilizaron dietas con 14 y 20 % de *M. oleifera* y no obtuvieron diferencias significativas entre la longitud de vellosidades, profundidad de criptas, ni en la proporción de ambas.

Al analizar los resultados de la cantidad de IgY en el día 21, el tratamiento Control obtuvo un valor de 92 ng/ml, menor por 85 y 121 ng/ml a los grupos M10 y M20; estos valores son estadísticamente significativos; sin embargo, entre el tratamiento M10 y M20 no existió diferencia estadística significativa. A los 42 días, el grupo Control tuvo un valor más elevado por 52 ng/ml, con respecto al grupo M10; esta diferencia es estadísticamente significativa. Sin embargo, entre el tratamiento Control y M20 no existió diferencia estadística significativa, al igual que entre el tratamiento M10 y M20 (tabla 4). No existen trabajos en los que se haya determinado la cantidad de Inmunoglobulinas en aves al utilizar *M. oleifera*.

## CONCLUSIÓN

El desarrollo de las vellosidades intestinales fue mejor en los animales alimentados con *M. oleifera*, ya que se obtuvieron vellosidades más largas y criptas menos profundas. *M.*

*oleifera* tuvo un efecto positivo como inmunoestimulante a los 21 días, ya que eleva los niveles de IgY en sangre.

**Tabla 3. Diferentes niveles de inclusión de la hoja de *M. oleifera* sobre la cantidad de IgY expresada en ng/mL a los 21 y 42 días de edad**

Tratamiento	21 días	42 días
Control	92 <sup>a</sup>	160 <sup>a</sup>
M10	177 <sup>b</sup>	108 <sup>b</sup>
M20	213 <sup>b</sup>	140 <sup>ab</sup>
Valor P	<0.001	0.048
EE	29.13	30.10

<sup>a,b</sup> Literales diferentes por columna indican diferencia estadísticamente significativa (P < 0.05).

EE= Error Estándar de la desviación

### LITERATURA CITADA

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Inc. Washington, D.C. E.U.A. ISBN 10: 0935584676 -ISBN 13: 9780935584677

AL-MAJALI IS, Al-Oran SA, Hassuneh MR, Al-Qaralleh HN, Abu Rayyan W, Al-Thunibat OY, Mallah E, Abu-Rayyan A, Salem S. 2017. Immunomodulatory effect of *Moringa peregrina* leaves, *ex vivo* and *in vivo* study. *Central European Journal of Immunology*. 42:3. Pp. 231 – 238. ISSN: 1426-3912. DOI: [10.5114/CEJI.2017.70964](https://doi.org/10.5114/CEJI.2017.70964).

CHANNARONG M, Pimajai C, Phawachaya P, Saovaros S, Siriporn T. 2011. *M. oleifera* Pod inhibits inflammatory mediator production by Lipopolysaccharide-Stimulated RAW 264.7 Murine Macrophage Cell Lines. 35:2 Pp. 445 – 455. ISSN: 0360-3997, EISSN: 1573-2576. DOI: [10.1007/s10753-011-9334-4](https://doi.org/10.1007/s10753-011-9334-4).

GOMIDE JM, Vinícius SE, Macari M, Boleli IC. 2004. Use of scanning electron microscopy for the evaluation of intestinal epithelium integrity. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33: 6. ISSN: 1806-9290.

KUMAR DD, Dora J, Kumar A, Kumar GR. 2013. A Multipurpose Tree - *Moringa oleifera*. *International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences*. 2: 415 - 422. ISSN: 2277-5005

LIPISMITA S, Vishwa BC, Guttula S, Ramesh S, Ashok KP. 2015. Prebiotic potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in Wistar rats: effects of levels of supplementation on hindgut fermentation, intestinal morphology, blood metabolites and immune reponse. *J Sci Food Agric*. 95: 1689-1696. DOI: [10.1002/jsfa.6873](https://doi.org/10.1002/jsfa.6873).

MARTÍN C, Martín G, García A, Fernández T, Hernández E, Puls J. 2013. Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*. 36 (2): 137 - 149. ISSN: 0864-0394.

MINITAB STATISTICAL SOFTWARE, 2014. State College, PA.

MyBioSource ®, Chicken IgY ELISA Kit, Immunoperoxidase Assay for Determination of IgY in Chicken Samples, MBS564008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. Washington, DC: The National Academy Press. ISBN: 978-0-309-04892-7.

PADILLA C, Fraga N, Scull I, Tuero R, Sarduy L. 2014. Efecto de la altura de corte en indicadores de la producción de forraje de *Moringa oleifera* vc. Plain. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 48 (4): 405 - 409. ISSN: 0034-7485

RODRÍGUEZ JC. 2012. Respuesta morfométrica intestinal de pollos alimentados con diferentes niveles de morera (*Morus alba*). *Revista Citecsa*. 3 (4). ISSN: 2027-6745.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. *Comunicado de prensa*, La Paz, Baja California Sur, 13 de octubre de 2017. Disponible en la Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/bajacaliforniasur/boletines/2017/octubre/Documents/2017BS336.pdf>

SEMARNAT (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). 1996. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. NOM-033-ZOO-1995, México: Diario Oficial de la Federación, 17 p. Disponible: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5376424&fecha=18/12/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5376424&fecha=18/12/2014)

TALHA E. 2013. The use of *Moringa oleifera* in poultry diets. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 37: 492 - 496. DOI: 10.3906/vet-1211-40

TETEH A, Lawson E, Tona K, Decuyper E, Gbeassor M. 2013. *Moringa oleifera* Leave: Hydro-Alcoholic Extract and Effects on Growth Performance of Broilers. *International Journal of Poultry Science*. 12 (7): 401 - 405. ISSN: 1682-8356.

YAMÉOGO CW, Bengaly MD, Savadogo A, Nikiema PA, Traore SA. 2011. Determination of Chemical Composition and Nutritional Values of *Moringa oleifera* Leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10 (3): 264 – 26. ISSN: 1680-5194.

ZVINOROVA PI, Lekhanya L, Erlwanger K, Chivandi E. 2013. Dietary effects of *Moringa oleifera* leaf powder on growth, gastrointestinal morphometry and blood and liver metabolites in Sprague Dawley rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 99. 21-28. DOI: 10.1111/jpn.12182

#### Agradecimientos

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Universidad de Guadalajara.

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2018; 8(3):75-85. Recibido: 23/02/2018 Aceptado: 27/06/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.5>

## Harina de atún negra en dietas de gallina para incrementar los ácidos eicosapentanoico y docosahexaenoico

Black tuna meal in chicken diets to increase eicosapentanoic and docosahexaenoic acids

Rodríguez-Michel Adán<sup>1</sup> [mvzadan57@gmail.com](mailto:mvzadan57@gmail.com), Morales-Barrera Eduardo<sup>2</sup> [jemorab@correo.xoc.uam.mx](mailto:jemorab@correo.xoc.uam.mx), García-Márquez Luis<sup>3</sup> [ljgm\\_cmv@hotmail.com](mailto:ljgm_cmv@hotmail.com), Quezada-Tristán Teódulo<sup>4</sup> [tquezada@correo.uaa.mx](mailto:tquezada@correo.uaa.mx), Carrillo-Domínguez Silvia<sup>5</sup> [silvicarrillo3@hotmail.com](mailto:silvicarrillo3@hotmail.com), Prado-Rebolledo Omar<sup>1\*</sup> [omarpr@ucol.mx](mailto:omarpr@ucol.mx)

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria. Universidad de Colima. México.

<sup>2</sup>Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, México, DF.

<sup>3</sup>Centro Universitario de Investigaciones y Desarrollo Agropecuario. Universidad de Colima. México.

<sup>4</sup>Departamento de Clínica Veterinaria. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. <sup>5</sup>Departamento de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México, DF.

\*Autor de responsable y de correspondencia. Prado-Rebolledo Omar. Universidad de Colima. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Autopista Colima-Manzanillo km. 40. Crucero de Tecomán, Colima. México. CP. 28100.

### RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de la harina negra de atún (HNA) a diferentes concentraciones y tiempo de adición en dietas para gallina sobre variables de producción, calidad y concentración de ácidos grasos en el huevo y evaluación sensorial. Se utilizó un diseño factorial 3 x 4. Se modificaron las variables de producción al aumentar la concentración de HNA. El nivel de colesterol fue mayor con 3 % de HNA, los lípidos totales se aumentaron al tiempo, el nivel más alto fue el testigo y el más bajo con 3 %, el ácido docosahexaenoico (DHA) fue mayor al 3 % de HNA, el ácido alfa linoléico (ALA) no obtuvo diferencias, el ácido araquidónico (AA) y el ácido linoleico (LA) mostraron sus valores más bajos con un 2 % de HNA. En cuanto a la evaluación sensorial color, olor y sabor tuvieron buena aceptación. Por lo que se concluye que la HNA puede ser utilizada para enriquecer los valores nutricionales de la dieta de las aves.

**Palabras Clave:** Omega 3, harina negra de atún, huevo, producción, gallina, postura.

### ABSTRACT

The objective was to determine the effect of black tuna meal (BTM) at different concentrations and time of addition, in chicken diets on production variables, quality, and concentration of fatty acids in eggs and sensory evaluation. A 3 x 4 factorial design was used. Increasing the concentration of BTM modified the production variables. The cholesterol level was higher with 3% of BTM, the total lipids were increased at the time, the highest level was the control and the lowest with 3%, the Decosahexaenoic acid (DHA) was greater than 3% of BTM, the alpha-linolenic acid (ALA) did not obtain differences, arachidonic acid (AA) and linoleic acid (LA) showed their lowest values with 2% of BTM. As for the sensory evaluation, color, smell, and taste were well accepted. Therefore, it is concluded that BTM can be used to enrich the nutritional values of the bird's diet.

**Keywords:** Omega 3, black tuna meal, egg, production, hen, posture.

## INTRODUCCIÓN

Los ácidos grasos Omega 3 (Agn3), eicosapentaenoico (EPA:20:5,n-3) docosahexanoico (DHA 22:6,n-3) y el DHA (ácido decosahexaenoico), son componentes importantes de las membranas celulares y precursores de muchas otras sustancias en el organismo. Cada vez hay más pruebas que indican que este tipo de ácidos regulan la presión arterial, respuesta inflamatoria y existe un interés creciente en el papel que pueden desempeñar en la prevención de la diabetes y ciertos tipos de cáncer (Simopoulos 2009). Además de que están implicados en la maduración y el crecimiento cerebral y retiniano del niño; intervienen en los procesos de coagulación, presión arterial, órganos reproductivos y metabolismo graso. Estos ácidos grasos esenciales intervienen en la reducción del colesterol transportado en lipoproteínas de baja densidad (colesterol malo) y facilitando el aumento de lipoproteínas de alta densidad (colesterol bueno), que son las que limpian las arterias en vez de deteriorarlas; lo cual contribuye a evitar los problemas cardiovasculares (Morales-Barrera *et al.*, 2013a, b).

En varios países del mundo se han realizado diversas investigaciones, empleando diferentes ingredientes para lograr el incremento de estos ácidos grasos n-3 en el huevo; incluso en la carne de pollo con excelentes resultados, con la adición de diferentes productos marinos y vegetales. En México se han realizado pocos estudios al respecto, Castillo, (2004), utilizó el aceite de sardina; Carrillo-Domínguez *et al.*, (2005), usaron harina de cangrejo rojo; Carrillo *et al.*, (2012) utilizaron aceite de sardina y ácido linoleico conjugado para modificar los ácidos grasos en el huevo; aceite de atún en pollo y gallina de postura fue utilizado por Morales-Barrera *et al.*, (2013 a, b).

Debido a que existe poca literatura sobre el empleo de HNA para modificar los niveles de omega 3, y si al aumento de la edad de la gallina de postura retiene la deposición de ácidos grasos; se planteó el objetivo de determinar el efecto de la adición de diferentes concentraciones de HNA sobre los niveles de ácidos grasos Omega 3, calidad en el huevo, variables productivas de las aves y sus características organolépticas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 144 gallinas de postura estirpe Hy Line W36 de 34 semanas de edad, las cuales se distribuyeron en 4 tratamientos con 4 réplicas de 9 aves cada una, utilizando un diseño factorial 3 x 4; donde un factor fue el tiempo (mes 1,2 y 3), y otro factor fue el nivel de inclusión de HNA (0, 1, 2, 3%). Para el factor tiempo no incrementa la "n" del experimento, puesto que la unidad experimental es la misma, con las mediciones repetidas a través del tiempo que duró el experimento.

Las gallinas fueron alojadas en jaulas; a cada uno de los departamentos se les colocó un bebedero de copa automatizado; para la ración alimenticia se utilizó un comedero de canal, con separación por compartimento de aves; el alimento y el agua se administraron

*ad libitum*. El manejo zootécnico se realizó conforme las necesidades fisiológicas y se ajustó el programa de iluminación según el manual de la línea.

Las necesidades fisiológicas de alimentación se cubrieron de acuerdo con las especificaciones de la estirpe, se incluyó por tratamiento la harina de atún negra en las siguientes proporciones: 0, 1, 2 y 3 % (tabla 1). Para garantizar el bienestar animal de las aves, el estudio se condujo en conformidad con las políticas establecidas por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales-Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (CICUAE-Aves, FMVZ-UNAM, 2003). Las cuatro dietas fueron isocalóricas e isonitrogenadas, (tabla 1), cubriendo las necesidades nutrimentales para gallinas ponedoras de acuerdo con el NRC (1994).

**Tabla 1. Composición de las dietas para gallinas ponedoras, en donde se incluyeron diferentes porcentajes de harina negra de atún.**

Ingredientes (g/100 g de muestra)	0 %	1 %	2 %	3 %
Maíz	65.978	66.899	67.818	68.736
Soya (46 % PCT*)	21.895	20.309	18.723	17.139
Carbonato de Calcio	8.190	8.143	8.096	8.049
Ortofosfato	2.646	2.351	2.059	1.766
Harina negra de atún	0	1	2	3
Sal	0.350	0.350	0.350	0.350
Avelut Líquido (Pigmento vegetal)	0.100	0.100	0.100	0.100
Premezcla de Vitaminas**	0.125	0.125	0.125	0.125
Premezcla de Minerales***	0.125	0.125	0.125	0.125
<b>Aporte calculado</b>				
Proteína cruda (%)	16	16	16	16
Energía metabolizable (Kcal/kg)	2,900	2,900	2,900	2,900
Treonina	0.660	0.660	0.660	0.660
L-Lisina	0.880	0.880	0.880	0.880
Metionina 98	0.302	0.300	0.298	0.296
Metionina + cisteína	0.790	0.790	0.790	0.790
Calcio (mg/100 g)	4	4	4	4
Fósforo disponible (mg/100 g)	0.450	0.450	0.450	0.450

\*PCT = Proteína cruda total.

\*\*Dado en kg en la dieta: vitamina A, 12,000 UI; vitamina D3, 25,000 UI; vitamina E, 30 UI; vitamina K3, 2 mg; tiamina 2.25 mg; riboflavina, 7.500 mg; vitamina B6, 3.500 mg; vitamina B12, 0.020; niacina, 45 mg; ácido pantoténico, 12.5 mg; biotina 0.125 mg; ácido fólico, 1.500 mg.

\*\*\*Dado en mg/kg de la dieta: Zinc, 50; cobre, 12; yodo, 0.300; cobalto, 0.200; hierro, 110; selenio, 0.100; manganeso, 110.

Las variables de respuesta fueron: peso corporal, peso de huevo, consumo de alimento diario y semanal, mortalidad, conversión alimenticia y cantidad de huevos producidos/consumo de alimento. En la producción se tomó en cuenta; grosor del cascarón, color de la yema, unidades Haugh; concentraciones de colesterol, lípidos totales, ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, omega-3, eicosapentaenóico (EPA), docosahexaenóico (DHA) y  $\alpha$ -linolénico (ALA) y omega-6 linoleico (LA) y araquidónico (AA). En la prueba organoléptica donde participaron 26 jueces consumidores habituales de huevo, los cuales aplicaron una prueba de nivel de agrado en cuanto a color de yema, olor y sabor del huevo con una escala hedónica de 5 puntos; los cuales corresponden a: 5 "disgusta mucho", 4 "disgusta poco", 3 "es indiferente", 2 "gusta poco", 1 "gusta mucho" (Pedrero y Pangborn, 1989).

Los resultados obtenidos en las variables de producción y de laboratorio fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS, (2002), utilizando el análisis de varianza para un diseño completamente al azar con un modelo factorial, donde un factor fue el tiempo (mes 1, 2 y 3), y otro factor fue el nivel de inclusión de HNA (0, 1, 2 y 3). Las diferencias entre tratamientos se analizaron con la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . En el análisis organoléptico se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis a una  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS

El consumo de alimento se incrementó con el tiempo, y el mayor consumo fue en el tratamiento donde no tuvo la HNA; no se observaron efectos significativos en las interacciones de las variables analizadas. El peso del huevo aumentó de forma gradual con el tiempo, el cual fue igual en todos los tratamientos ( $P > 0.05$ ). El peso corporal no tuvo diferencias ( $P > 0.05$ ) en el factor tiempo del tiempo y sin la adición de HNA, el peso fue mayor con respecto a los diferentes niveles de inclusión de HNA.

La conversión alimenticia decreció con el paso el tiempo, por lo que las aves fueron menos eficientes; por el contrario, al aumentar en nivel de inclusión de la HNA, se observó un efecto positivo. La mortalidad de las aves no tuvo diferencias en ambos factores. La producción de huevo se mejoró en el mes 2, pero disminuyó en el mes 3; se mantuvo la misma producción a los diferentes niveles de HNA. Las Unidades Haugh (UH) se mejoraron con el tiempo y disminuyeron al aumentar los niveles de inclusión de HNA; el grosor de cascarón no se afectó en ambos factores. Cabe mencionar que en todas las variables analizadas no se encontraron interacciones. (Tabla 2).

Al aumentar el nivel de inclusión de HNA, los niveles de colesterol fueron mayores, con respecto a los lípidos totales, aumentaron con el tiempo; pero no mostraron diferencias a las diferentes inclusiones de HNA; el DHA tuvo un incremento gradual conforme se aumentó la HNA, los niveles de ALA, no mostraron significancia. En el caso del ácido araquidónico (AA) y el ácido linoléico (LA) no se observó diferencia estadística en tiempo

de inclusión, pero al aumentar la HNA, disminuyó su concentración, como se aprecia en la tabla 3.

**Tabla 2. Efecto del tiempo y nivel de inclusión de harina negra de atún sobre variables de producción.**

Factor	Consumo de alimento (g)	Peso de huevo (g)	Peso corporal (g)	Conversión alimenticia	Mortalidad (%)	Producción (%)	Unidades Haugh	Grosor de cascarron (mm)
Mes			TIEMPO					
1	97.53 ± 9.11 <sup>a</sup>	58.16 ± 1.47 <sup>c</sup>	1652.20 ± 115.89 <sup>b</sup>	1.84 ± 0.13 <sup>c</sup>	1.04 ± 0.72 <sup>a</sup>	82.13 ± 4.29 <sup>a</sup>	85.98 ± 2.16 <sup>b</sup>	0.400 ± 0.035 <sup>a</sup>
2	101.18 ± 7.02 <sup>a</sup>	59.82 ± 1.37 <sup>b</sup>	1691.60 ± 114.03 <sup>a</sup>	1.96 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.69 ± 0.61 <sup>a</sup>	86.73 ± 2.28 <sup>b</sup>	87.88 ± 2.35 <sup>a</sup>	0.400 ± 0.035 <sup>a</sup>
3	103.15 ± 5.68 <sup>a</sup>	60.84 ± 1.46 <sup>a</sup>	1688.50 ± 129.85 <sup>a</sup>	2.05 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.34 ± 0.44 <sup>a</sup>	83.12 ± 3.26 <sup>a</sup>	89.69 ± 1.46 <sup>a</sup>	0.400 ± 0.035 <sup>a</sup>
Porcentaje de inclusión			NIVEL DE INCLUSIÓN DE HARINA NEGRA DE ATÚN					
0	104.56 ± 7.21 <sup>a</sup>	60.47 ± 1.05 <sup>a</sup>	1829.60 ± 46.84 <sup>a</sup>	2.07 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.25 <sup>a</sup>	83.99 ± 3.04 <sup>a</sup>	89.38 ± 1.99 <sup>a</sup>	0.400 ± 0.01 <sup>a</sup>
1	97.91 ± 10.45 <sup>b</sup>	60.37 ± 1.59 <sup>a</sup>	1694.20 ± 44.86 <sup>b</sup>	1.93 ± 0.16 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.81 <sup>a</sup>	83.96 ± 3.74 <sup>a</sup>	88.50 ± .54 <sup>ab</sup>	0.400 ± 0.01 <sup>a</sup>
2	90.52 ± 5.96 <sup>c</sup>	57.49 ± 1.20 <sup>a</sup>	1519.60 ± 35.65 <sup>c</sup>	1.89 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.69 ± 0.72 <sup>a</sup>	84.00 ± 3.95 <sup>a</sup>	85.87 ± 1.78 <sup>a</sup>	0.400 ± 0.01 <sup>a</sup>
3	96.14 ± 11.34 <sup>bc</sup>	60.10 ± 1.43 <sup>a</sup>	1666.50 ± 45.59 <sup>b</sup>	1.90 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.46 ± 0.08 <sup>a</sup>	84.02 ± 4.98 <sup>a</sup>	87.65 ± 2.40 <sup>ab</sup>	0.400 ± 0.01 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Literales distintas en cada renglón indican diferencia estadística significativa entre tratamientos (P<0.05).

**Tabla 3. Diferentes niveles de inclusión de harina negra de atún sobre colesterol, lípidos totales y del ácido eicosapentanoico.**

Factor	Colesterol (mg/100 g)	Lípidos totales (mg/100 g)	DHA (mg/100 g)	ALA (mg/100 g)	AA (mg/100 g)	LA (mg/100 g)
TIEMPO						
1	1652.60 ± 32.01 <sup>a</sup>	32.41 ± 0.58 <sup>c</sup>	108.50 ± 11.53 <sup>a</sup>	43.70 ± 8.78 <sup>a</sup>	418.54 ± 1.37 <sup>a</sup>	2331.10 ± 236.91 <sup>a</sup>
2	1652.30 ± 30.53 <sup>a</sup>	31.99 ± 0.64 <sup>b</sup>	121.39 ± 12.36 <sup>a</sup>	45.98 ± 9.44 <sup>a</sup>	431.73 ± 1.72 <sup>a</sup>	2181.90 ± 238.32 <sup>a</sup>
3	1652.30 ± 36.00 <sup>a</sup>	33.59 ± 13.16 <sup>a</sup>	123.34 ± 13.16 <sup>a</sup>	46.96 ± 9.90 <sup>a</sup>	465.34 ± 2.09 <sup>a</sup>	2267.00 ± 239.92 <sup>a</sup>
NIVEL DE INCLUSIÓN						
0	1528.30 ± 0.32 <sup>c</sup>	32.94 ± 0.03 <sup>a</sup>	86.79 ± 0.03 <sup>c</sup>	50.61 ± 0.03 <sup>a</sup>	484.12 ± 0.05 <sup>a</sup>	2381.20 ± 130.42 <sup>a</sup>
1	1526.50 ± 1.74 <sup>d</sup>	32.38 ± 0.85 <sup>a</sup>	112.22 ± 1.38 <sup>b</sup>	42.46 ± 0.85 <sup>a</sup>	455.89 ± 1.39 <sup>a</sup>	2338.60 ± 169.13 <sup>ab</sup>
2	1769.40 ± 3.03 <sup>b</sup>	33.63 ± 0.77 <sup>a</sup>	116.19 ± 2.09 <sup>b</sup>	47.26 ± 0.77 <sup>a</sup>	381.27 ± 3.12 <sup>a</sup>	2026.80 ± 292.69 <sup>b</sup>
3	1785.40 ± 9.57 <sup>a</sup>	31.71 ± 1.37 <sup>a</sup>	155.77 ± 1.61 <sup>a</sup>	41.85 ± 1.37 <sup>a</sup>	432.87 ± 2.32 <sup>b</sup>	2293.30 ± 336.29 <sup>ab</sup>

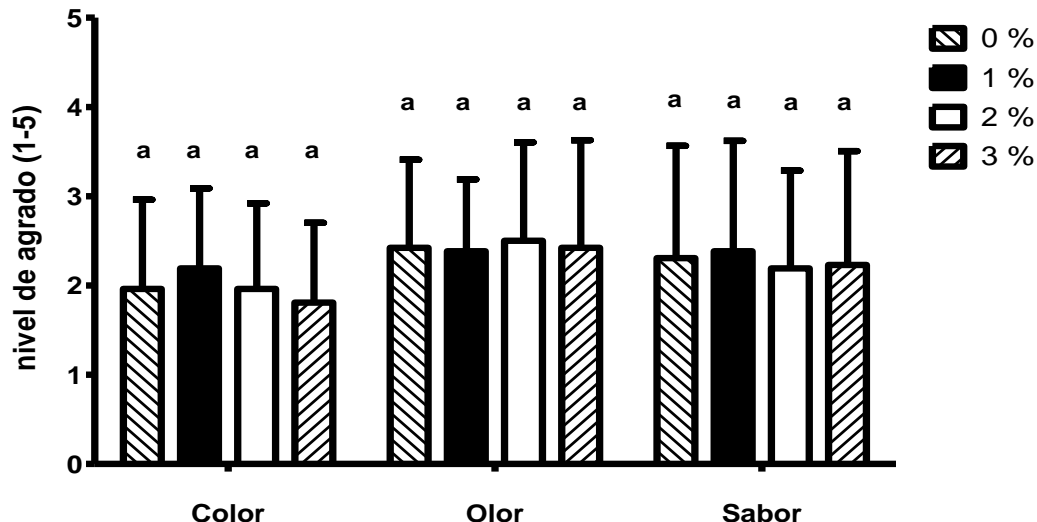
<sup>a,b,c</sup> Literales distintas en cada renglón indican diferencia estadística significativa entre tratamientos (P<0.05).

Con respecto a las características organolépticas, en cuanto a la evaluación de la preferencia del color de las yemas, no mostraron diferencias entre los tratamientos, ubicando el valor “gusta poco”. En el olor del huevo, no hubo diferencias entre los tratamientos, aquí predominó los valores “gusta poco” y “es indiferente”. Referente a la evaluación de preferencia de sabor no se encontró diferencia estadística, cuyos valores se encontraron dentro de “gusta poco” y “es indiferente” (figura 1).

## DISCUSIÓN

El costo más alto en las unidades de producción avícola, sigue siendo la alimentación, así que todos los esfuerzos que se hagan serán para reducirlo sin afectar la producción y productividad. En el presente experimento se observa que las aves aumentaron el consumo con la edad y sin la adición de HNA, esto concuerda con el comportamiento normal en esta etapa de vida de las aves de acuerdo al manual de la estirpe (Hy Line 2013); este comportamiento de consumo concuerda con los resultados obtenidos por Morales *et al.*, (2013b), donde incluyeron aceite de atún en las dietas de gallina por el mismo tiempo de experimentación. Carrillo *et al.*, (2005) adicionaron aceite de sardina en

las dietas y menciona que posiblemente el aumento de la adición de omegas 3 en el alimento provoquen una disminución en la palatabilidad; así mismo Ahmed, (2013) al adicionar aceite de pescado con una adición de 5 % obtuvo el consumo más bajo (89 g) que con niveles inferiores (testigo 121 g); pero difieren de Morales *et al.*, (2013b), ya que ellos observaron que en con 3 % de aceite de atún hubo un aumento considerable del consumo en el tercer mes.



Escala hedónica: 1 = “gusta mucho”, 2 = “gusta poco”, 3 = “es indiferente” 4 = “disgusta poco” y 5 = “disgusta mucho”.

**Figura 1. Preferencias por el color, olor y sabor del huevo de gallina, en cuya dieta se incluyó diferentes niveles de harina de carne negra de atún.**

El peso de huevo, refleja que hay un aumento de 1 g cada mes , por la edad se considera como un comportamiento normal según manual de la línea (Hy Line 2013), lo que concuerda con Betancourt *et al.*, (2009), quienes utilizaron ácidos grasos a partir de semilla de lino durante 6 semanas y con Carranco *et al.*, (2011) donde emplearon harina de crustáceos en las dietas de gallina; pero difiere de los resultados encontrados por Morales *et al.*, (2013b) donde observaron una disminución del peso del huevo en administraciones prolongadas de aceite de atún. En el peso corporal se observó un incremento gradual conforme aumentó el tiempo de administración de HNA, aumenta el peso de las aves; lo cual se justifica por aumento de la edad como lo indica el manual de la línea (Hy Line 2013). Para el factor nivel de inclusión el tratamiento testigo fue más pesado y los tratamientos que recibieron la inclusión de harina negra de atún sí obtuvieron un peso más bajo; esto difiere con Ahmed, (2013) ya que al incorporar el aceite de pescado al 2.5 y 3.5 % incrementó el peso corporal a las aves.

La conversión alimenticia aumentó con el tiempo, porque a mayor edad de las aves menor producción y por ende aumenta su conversión; estos resultados fueron similares a los obtenidos por Castillo, (2004) y Carrillo *et al.*, (2012). La mortalidad no presentó diferencias estadísticas, lo que coincide con la mayoría de los autores que han ejecutado pruebas con la inclusión de omega 3 en las dietas, como: González-Esquerri y Lesson, (2000, 2001); Castillo, (2004); (Castillo-Badillo *et al.*, (2005); Betancourt *et al.*, (2009); Carranco *et al.*, (2011); Carrillo *et al.*, (2012) y Morales *et al.*, (2013b). La producción tendió a mejorar con el tiempo, pero tuvo una caída al final del experimento; lo cual pudo deberse a la presencia de aminos biogénicos, las cuales afectaron el desempeño productivo; sin embargo, en las necropsias realizadas no se encontraron lesiones sugestivas a dichas toxinas (Meluzzi *et al.*, 2000 y Castillo, 2004). El grosor de cascarrón no presentó diferencias estadísticas; similares resultados fueron obtenidos por Castillo, (2004); Castillo-Badillo *et al.*, (2005) Cachaldora *et al.*, (2008) y Ahmad *et al.*, (2013). Las unidades Haugh todos los valores estuvieron entre 85 y 89 puntos, lo cual los ubica dentro del rango entre muy buenos y excelentes de acuerdo con la escala Haugh, (1937); lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Carrillo, (2012); Ahmad *et al.*, (2013), Vidal *et al.*, (2013) y Ahmed, (2013). El color de la yema, aunque no se muestra en los resultados, no tuvo significancia y se ubicó en el valor 6 según la escala colorimétrica, de acuerdo con Laudadio *et al.*, (2015) que adicionaron aceite de olivo en altas y bajas concentraciones; mencionan que el alto puntaje en el color (12 puntos) obtenidos en su experimento se debió a la alta cantidad de pigmentos naturales que presenta el aceite.

La HNA no modificó los perfiles de colesterol en la yema del huevo, lo que concuerda con los resultados de Castillo-Badillo *et al.*, (2005) cuando utilizaron aceite de atún, pero no con lo que reportan Hargis *et al.*, (1991) con la inclusión de 3 % de harina de Menhaden, ya que encontraron que a mayor tiempo de inclusión baja el contenido de colesterol en la yema. Los resultados de perfiles de colesterol obtenidos por Ahmad *et al.*, (2013) y Yi *et al.*, (2014), mencionan que no existieron cambios cuando adicionaron diferentes niveles de aceite de canola, más vitamina A y aceite de linaza, harina de pescado y fructo-oligosacáridos, respectivamente. También Laudadio *et al.*, (2015) añadió aceite de oliva extra virgen; Ahmed (2013) con adición de ácidos grasos polinsaturados y Vidal *et al.*, (2013) con aceite de cacahuete. Los tres mencionan que bajaron los niveles de colesterol cuando adicionaban los productos en comparación al testigo.

Los lípidos totales se aumentaron conforme al tiempo de adición de HNA; a la fecha no se tienen registros de valores similares a los obtenidos un experimento realizado por Hargis *et al.*, (1991), donde adicionó aceite de Menhaden por más de tres meses y García y Albalá (1998); con la adición de harina de pescado y grasas marinas no mostraron diferencias significativas en el contenido de lípidos. Los valores de ácido graso DHA, mostraron valores de 79% más de lo que un huevo normalmente contiene, por lo que no hubo diferencias estadísticas en cuanto al tiempo de inclusión. Para el nivel de inclusión de HNA se observó que, a mayor por ciento, mayor es la cantidad de DHA contenido en

las yemas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por la mayoría de los investigadores, Castillo-Badillo *et al.*, (2005); Carrillo *et al.*, (2012); Morales-Barrera *et al.*, (2013b); Laudadio *et al.*, (2015); pero no con Vidal *et al.*, (2013) ya que ellos mencionan que a mayor % de inclusión del aceite de cacahuete, baja la concentración de DHA. Por otro lado, los niveles de ALA que se obtuvieron en el presente trabajo durante los 3 meses no tuvieron diferencias significativas, lo cual es contrario a lo obtenido por Morales-Barrera *et al.*, (2013b), en donde ellos reportan que conforme aumenta el tiempo aumentan dichos niveles. Se observó que cuanto mayor % de HNA se incluya, los niveles de ALA van en descenso, lo cual coincide con los resultados descritos por Castillo-Badillo *et al.*, (2005); Carrillo *et al.*, (2012); Morales-Barrera *et al.*, (2013b) y Yi *et al.*, (2014).

Los resultados del AA, coinciden con los resultados obtenidos por Morales-Barrera *et al.*, (2013b), donde no existe diferencia estadística en cuanto al tiempo; pero a mayor por ciento bajan los niveles de AA similar a los resultados de Castillo *et al.*, (2005) y Carrillo *et al.*, (2012). El LA no manifestó cambios estadísticos, lo cual coincide plenamente con los resultados obtenidos por Morales-Barrera *et al.*, (2013b) y el mismo caso con Castillo *et al.*, (2005) y Carrillo *et al.*, (2012). Sin embargo, falta realizar un estudio para determinar si es colesterol de baja o alta densidad.

El color del huevo quedó ubicado dentro de la categoría “gusta poco”, lo que indica que no causó desagrado para el consumo; lo que concuerda con los datos obtenidos por Carranco, (2011). Para la prueba hedónica, el nivel de agrado no se reportó desagrado por parte de los panelistas, ya que lo ubicaron dentro de los niveles “gusta poco” y es “indiferente”, lo que concuerda con los resultados de Castillo, (2004). En el sabor fue calificado por los panelistas “como gusta poco” y es “indiferente”, esto demuestra que no les causó ningún sabor a pescado, como los resultados que reportan Oh *et al.*, (1991) con la adición de aceite de pescado y González-Esquerri y Lesson, (2000, 2001), con aceite de Menhaden aún desodorizado; y Castillo (2004) menciona que con niveles de 3 % de aceite de sardina en la dieta de las gallinas los panelistas detectaron un ligero sabor a pescado, pero sin llegar a ser desagradable según la escala hedónica.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones en las que se llevó a cabo el presente trabajo, se concluye que la adición de HNA en las dietas de gallina de postura, mejora la conversión alimenticia y consumo de alimento, sin causar detrimento a las demás variables productivas; no modifica las características organolépticas en el huevo. La inclusión de 3 % de HNA, modificaron los perfiles de DHA. Se observó un decremento en los ácidos grasos omega 6 AL y AA. No se modifican las características organolépticas del huevo. Por lo antes mencionado se recomienda la adición de la HNA en la dieta de las aves de postura de forma benéfica.

## LITERATURA CITADA

AHMED A. 2013. Effect of fish oil on the production performances, polyunsaturated fatty acids and cholesterol levels of yolk in hens. *Emir Journal Food Agric.* 25:605-612. doi:10.9755/ejfa.v25i8.14005.

BAUCELLS M, Crespo N, Barroeta A, López-Ferrer S. Grashorn M. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science.* 79:51-59. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10685889>

BETANCOURT L, Díaz G. 2009. Enriquecimiento de huevos con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación con semilla de lino (*Linum usitatissimum*) en la dieta. *Revista MVZ Córdoba.* 14:1602-1610. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3231810>

CACHALDORA P, García-Rebollar P, Álvarez C, De Blas J, Méndez J. 2008. Effect of type and level of basal fat and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids deposition efficiency in laying hens. *Animal Feed Science and Technology.* 141:104-114. DOI:10.1080/0007166050047554.

CARRANCO M, Calvo C, Carrillo D, Ramírez C, Morales B, Sanginés G, Fuente M, Ávila G, Pérez-Gil R. 2011. Harina de crustáceos en Raciones de Gallinas Ponedoras. Efecto en las variables productivas y evaluación sensorial de huevos almacenados en diferentes condiciones. *Revista Cubana de Ciencia y Tecnología.* 45:171-176. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022245013>.

CARRILLO-DOMÍNGUEZ S, Carranco- Jauregui M, Castillo-Domínguez R, Castro-González M, Ávila-González E, Pérez-Gil F. 2005. Cholesterol and n-3 and n-6 fatty acid content in eggs from laying hens fed with red crab meal (*Pleuroncodes planipes*). *Poultry Science.* 84:167-172. PMID:15685957.

CARRILLO S, Ávila E, Vázquez C, Calvo C, Carranco M, Pérez-Gil F. 2012. Modificación en la composición de ácidos grasos del huevo al incluir aceite de sardina y ácido linoleico conjugado en dietas para gallinas ponedoras. *Archivos Médicos Veterinarios.* 44:243-251. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2012000300006>.

CASTILLO R. 2004. Efecto del aceite de sardina sobre el contenido de colesterol y ácidos grasos n-3 y n-6 en huevo de gallina. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Colima, México. [http://digeset.uco.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/CASTILLO\\_DOMINGUEZ\\_ROSA\\_MARIA.pdf](http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/CASTILLO_DOMINGUEZ_ROSA_MARIA.pdf)

CASTILLO-BADILLO C, Vázquez-Valladolid J, González-Alcorta M, Morales-Barrera E, Castillo-Domínguez R, Carrillo-Domínguez. 2005. El aceite de atún como fuente de ácidos grasos  $\omega$ -3 en el huevo de gallina. *Grasas y Aceites.* 56:153-159. <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/124/124>.

CICUAE-Aves. FMVZ-UNAM. 2003. Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales-Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de las aves de experimentación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/cicuae.html>

GONZÁLEZ-ESQUERRA R. 2000. Lesson S. Effect of feeding hens regular or deodorized Menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Science*. 79:1597-1602. PMID:11092332.

GONZÁLEZ-EZQUERRA R, Lesson S. 2001. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian Journal of Animal Science*, 2001, 81(3): 295-305. <https://doi.org/10.4141/A00-092>

GARCÍA C. Albalá C. 1998. Composición lipídica de huevos de gallinas alimentadas con productos grasos y proteínicos marinos. *Sociedad Latino Americana de Nutrición*. 48:15. <http://www.worldcat.org/title/composicion-lipidica-de-huevos-de-gallinas-alimentadas-con-productos-grasos-y-proteicos-marinos/oclc/69880982>.

HARGIS P. Van Elswyk M. Hargis B. 1991. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Science*. 70:874-883. PMID:1908579.

HAUGH R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine*. 43:552-573.

HY Line. 2013. MTBLUP [online]. Guía de manejo, Ponedoras comerciales, Hy Line W36. Disponible en la Web: [http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/W36\\_COM\\_SPN.pdf](http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/W36_COM_SPN.pdf)

JACKSON A. 2008. Los omega-3 más saludables EPA y DHA se encuentran principalmente en el aceite y harina de pescado. International fishmeal and fish oil organization (IFFO). <http://www.iffo.net/es/system/files/DPSP4.pdf>.

LAUDADIO V. Ceci E. Lastella N. Tufarelli V. 2015. Dietary high-polyphenols extra-virgin olive oil is effective in reducing cholesterol content in eggs. *Lipids and health and disease*. 14:1-7. doi: 10.1186/s12944-015-0001-x.

MORALES-BARRERA J, González M, Castillo R, Prado O, Hernández H, Menconi A, Téllez G, Marshal B, Carrillo S. 2013<sup>a</sup>. Fatty acid deposition on broiler meat in chickens supplemented with tuna oil. *Food and Nutrition Sciences*. 4:16-20. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2013.49A1003>.

MORALES-BARRERA J, González M, Castillo R, Prado O, Vázquez J, Hernández X, Menconi A, Téllez G, Marshal B, Carrillo S. 2013b. Effect of time and fatty acid composition in eggs of white leghorn hens supplemented whit tuna oil. *Food and Nutrition Sciences*. 4:39-44. [DOI:10.4236/fns.2013.49A1007](https://doi.org/10.4236/fns.2013.49A1007).

National Research Council. 1994. "Nutrient Requirements of Poultry" 9<sup>th</sup> Revised Edition, National Academy Press, Washington DC.

OH S, Ryue J, Hsieh C, Bell D. 1991. Eggs enriched in w-3 fatty acids and alterations in lipid concentrations in plasma and lipoproteins and in blood pressure. *American Journal Clinical Nutrition*. 54:689-695. PMID:1897475.

PEDRERO F, Pangborn R. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos Analíticos. Ed, Alambra Mexicana. 105-107 p. <http://www.worldcat.org/title/evaluacion-sensorial-de-los-alimentos-metodos-analiticos/oclc/34964910>.

SIMOPOULOS A P. 2009. Evolution aspect of the dietary Omega-6:Omega-3 fatty acid ratio: Medical implications. *World Review of Nutrition and Dietetics*. 100:1-21. [doi:10.1159/000235706](https://doi.org/10.1159/000235706).

SAS institute Inc. 2002 "SAS User's Guide: Statistics, "SAS Institute Inc., Cary.

VIDAL T, Pereira A, Abreu V, Freitas E, Sousa M, Zapata J. 2013. Egg quality and yolk lipid composition of laying hens diets containing cashew nut meal. *Food Science and Technology*. 33:172-179. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013005000006>

YI H, Taek K, Regenstein J, Woo S. 2014. Fatty acid composition and sensory characteristics of eggs obtained from hens fed flaxseed oil dried whitebait and/or fructo-oligosaccharide. *Asian-Australasian Journal and Animal Sciences*. 27:1026-10. [DOI: 10.5713/ajas.2013.13775](https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13775).

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2018; 8(3):86-93. Recibido: 23/02/2018 Aceptado: 27/06/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.6>

## Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas

A proximal chemical analysis in artisanal beer solid waste, and its acceptance in sows

**Medina-Saavedra Tarsicio**<sup>1\*</sup> [tarsicioms@hotmail.com](mailto:tarsicioms@hotmail.com), **Arroyo-Figueroa Gabriela**<sup>1</sup> [gabiaf@yahoo.com.mx](mailto:gabiaf@yahoo.com.mx), **Herrera-Méndez Carlos**<sup>1</sup> [caherhe\\_23@hotmail.com](mailto:caherhe_23@hotmail.com), **Gantes-Alcántar Mariana**<sup>1</sup> [mgantesug@yahoo.com.mx](mailto:mgantesug@yahoo.com.mx), **Mexicano-Santoyo Lilia**<sup>2</sup> [lilia\\_lasalle@hotmail.com](mailto:lilia_lasalle@hotmail.com), **Mexicano-Santoyo Adriana**<sup>3</sup> [mexicanao@gmail.com](mailto:mexicanao@gmail.com)

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, México. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Tepic, México. <sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, México. \*Autor responsable de correspondencia: Medina-Saavedra Tarsicio Arteaga sin número C. P. 38900 Salvatierra, Guanajuato, México.

### RESUMEN

Se realizó un análisis químico proximal en residuos sólidos orgánicos de tres tipos de cerveza artesanal y detecto su aceptación en la alimentación de cerdas. Para determinar humedad de residuos de cerveza se utilizó estufa a 105°C durante 24 horas, el extracto etéreo se determinó con equipo Soxhlet y éter etílico como solvente, la determinación de cenizas se realizó por calcinación en mufla a 700°C, para fibra cruda se utilizó digestión ácida con ácido sulfúrico 0.2 N, para proteína cruda se empleó equipo Kjeldahl, el extracto libre de nitrógeno se determinó por diferencia del 100% de la suma de humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra. El total de nutrientes digeribles se realizó mediante la sumatoria de la digestibilidad de los compuestos orgánicos. Los residuos sólidos orgánicos de cerveza artesanal contienen en promedio 2.43% de cenizas, 1.99% de extracto etéreo, 4.91% de fibra cruda, 64.20% de extracto libre de nitrógeno, 10.91% de proteína cruda y 73.47% de nutrientes digestibles totales. La determinación de la aceptación del alimento se realizó ofreciéndolo como primera opción a las cerdas de dos granjas. El alimento tuvo una aceptación de 83.4% cuando se ofreció solo y del 100% combinado con otros ingredientes.

**Palabras clave:** Cebada maltera, bromatológico, alimentos para cerdos, residuos de cerveza.

### ABSTRACT

A proximal chemical analysis on organic solid waste was performed from three types of craft beer and its acceptance in the feeding of sows was detected. To determine the humidity, a stove was used at 105 ° C for 24 hours, the ethereal extract was determined using a Soxhlet equipment and ethyl ether as solvent, the determination of ash content was made by calcination in a muffle at 700 ° C; for crude fiber analysis, acid digestion with 0.2 N sulfuric was used, the crude protein was determined using a Kjeldahl equipment in order to analyze the total nitrogen, the nitrogen-free extract, was determined by the difference of 100% minus the addition of moisture, ash, fat, protein, and fiber. The total of digestible nutrients was computed by adding the digestibility of all organic compounds, and acceptance of the food was made trough offering it as a first option to the sows from two farms. The Organic solid residues of craft beer contain an average 2.43% of ash, 1.99% of ethereal extract, 4.91% of crude fiber, 64.20% of nitrogen-free extract, 10.91% of crude protein, and 73.47% of total digestible nutrients. The food achieved an acceptance of 83.4% when it was offered alone and 100% combined with other ingredients.

**Keywords:** Malting barley, bromatological composition, food for pigs, beer waste.

## INTRODUCCIÓN

La producción de cerveza artesanal genera residuos sólidos en cantidades importantes, a los cuales no se les da un uso adecuado, debido a la dificultad que representa el manejo de un producto con alto contenido de humedad (80%). Aunado a esto, el contenido de polisacáridos de dichos residuos los hace muy susceptibles al crecimiento microbiano, lo que causa su deterioro en un corto plazo; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de secado para su conservación y almacenamiento.

La industria cervecera a nivel artesanal ha ido en aumento, debido al gusto por este tipo de cerveza, en el 2016, este tipo de industria creció 56%, sumando más de 400 pequeñas empresas (Villamil, 2016). La cervecería artesanal mexicana produce al menos 15000 l anuales y suelen elaborarse con cuatro ingredientes: malta de cebada, agua, lúpulo y levadura. Sin embargo, a pesar de que la demanda de la cerveza artesanal ha crecido, existen desventajas, como lo son entre ellas un pago de mayor cantidad de impuestos que las grandes cerveceras, costos de producción mayores por los volúmenes de compra de materias primas y la importación de los insumos de Alemania, Francia o USA; ya que los productores nacionales trabajan para las grandes cerveceras (Bernáldez, 2013).

Se sabe que la producción de cerveza en nuestro país se inicia después de los primeros años de la colonización española; sin embargo, la cebada maltera inició su desarrollo en México en 1906, buscando fomentar el cultivo de este cereal para satisfacer las necesidades internas (Galarza *et al.*, 2006). De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) durante 2016, la producción de cebada maltera aumentó en 33.4 %, en relación con lo obtenido en el año anterior con una producción anual de 965 mil 332 toneladas; Guanajuato es la entidad que más produjo con 372 mil 167 toneladas (SAGARPA, 2017). La cebada maltera se diferencia de la cebada forrajera por su menor contenido de proteína, con promedio de 11.5% y 14% respectivamente (Schwentesi, Aguilar y Gómez, 2004).

Los granos como la cebada, así como la mayoría de los ingredientes utilizados durante el proceso de elaboración de la cerveza, regularmente se comercializan en húmedo y estos son empleados en la alimentación de bovinos, caballos, cerdos y ovejas. En cuanto al costo de producción del ganado porcino, la alimentación representa entre el 70 y 80% de los gastos totales (Gabosi, 2012; Rodríguez, Rodríguez y Villamil 2012), por lo cual se buscan alternativas para la formulación de nuevos alimentos, siendo los residuos sólidos orgánicos de la industria cervecera una opción viable.

El consumo voluntario del alimento requiere de la estimulación gustativa, mediante efectos directos de procesos neurofisiológicos que logren una percepción sensorial (gusto, olor, textura, y señales gastrointestinales), ayudando a los animales a relacionar los alimentos con su calidad nutricional; lo que influye además en el estímulo del apetito, como resultado de la educación de gustos preferidos dentro de una conducta aprendida

que lleva una mejora en la productividad de los animales (López, 2014). Se destaca en los cerdos el sabor “umami” como un gusto agradable y característico de las fuentes proteicas, de origen animal o vegetal, que provoca una estimulación sensorial generada por algunos aminoácidos, péptidos y nucleótidos, entre otros compuestos (Roura *et al.*, 2008).

La presente investigación busca realizar un análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal con la finalidad de detectar su aceptación en la dieta de cerdas reproductivas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el desarrollo de esta investigación, los residuos sólidos orgánicos de tres tipos de cerveza: clara, ámbar y oscura fueron molidos y tamizados con una malla de 4.2mm, se almacenaron en envases de plástico a temperatura ambiente (entre 24-26°C) para su posterior análisis. Cada prueba se realizó por triplicado.

*Determinación de materia seca (MS).* Se pesaron aproximadamente 2g de muestra sobre cápsulas de porcelana y se introdujeron en una estufa a 105°C durante 24 horas, hasta lograr un peso constante de acuerdo con lo establecido a la *NMX-F-257-S-1978*.

*Determinación de cenizas (C).* Se pesaron 3g de muestra en cápsulas de porcelana a peso constante, para posteriormente pre-calcinar la muestra en una parrilla y llevarla a una calcinación total en la mufla a 700°C durante 2 h. Una vez frías las muestras se pesaron para determinar el porcentaje de cenizas conforme la *NMX-F-066-S-1978*.

*Determinación de extracto etéreo (EE).* La prueba se realizó conforme a la *NMX-F-089-S-1978*. Se pesaron aproximadamente 2g de muestra previamente secada a 60°C y se determinó con el equipo soxhlet con éter etílico como solvente por un periodo de 6h; posteriormente se recuperó la grasa en matraces balón previamente seco a peso constante y se eliminó el resto de éter a 100°C; enseguida se pesó el matraz con grasa y se obtuvo el porcentaje de extracto etéreo por diferencia de pesos.

*Determinación de fibra cruda (FC).* Se usaron las muestras de malta desengrasadas obtenidas en la determinación de extracto etéreo. Se empleó la norma *NMX-F-613-NORMEX-2003* que indica la digestión ácida con ácido sulfúrico 0.2N, lavados con agua caliente y digestión básica con hidróxido de sodio al 0.2N. La determinación de la fibra cruda se realizó en base al peso de las cenizas de la muestra digerida.

*Determinación de proteína cruda (PC).* Se realizó en un equipo Kjeldahl para el análisis de nitrógeno total conforme la *NMX-F-608-NORMEX-2011*. Se empleó 1 g de muestra para la digestión con ácido sulfúrico; después de la digestión se llevó a un destilador automático. Destilada la muestra se valoró con ácido clorhídrico 0.1 N. Se usó el factor 6.25 que se multiplicó por el porcentaje de nitrógeno obtenido para el cálculo de proteína total.

*Determinación de extracto libre de nitrógeno (ELN).* El contenido de ELN se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%ELN=100- (\%humedad+\%cenizas+\%grasa+\%proteína+\%fibra\ cruda)$$

*Determinación del Total de Nutrientes Digeribles (TND).* Se calculó mediante la sumatoria de todos los compuestos orgánicos del análisis proximal que hay en el alimento (proteínas crudas, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno), multiplicado por su coeficiente de digestibilidad mediante la siguiente fórmula:

$$TND = PC * 80 + ELN *90 + FC *50 + (EE *90 * 2.25)$$

*La prueba de aceptación del alimento.* Los tres residuos sólidos de cerveza previamente secados y molidos se mezclaron y ofrecieron como la primera opción de alimento por la mañana a 30 cerdas en etapa reproductiva, elegidas de manera aleatoria y divididas en dos grupos de 15 cada uno; provenientes de dos granjas diferentes en el municipio de Salvatierra, Gto., identificadas como granja 1 (G1) y granja 2 (G2). La primera prueba consistió en proporcionar un kilogramo de los residuos sólidos molidos (RSM1) a los animales como única opción por la mañana. Durante la segunda prueba se proporcionó a los animales los residuos sólidos molidos mezclados con un concentrado comercial con 40% de proteína cruda (RSM2) en una formulación ya establecida en cada granja; el sorgo fue sustituido por los residuos sólidos y el del resultado se ofreció también un Kg como única opción por la mañana. Los resultados se registraron como aceptación cuando el alimento fue consumido en los primeros 15 minutos, o rechazo cuando pasados 15 minutos no había sido consumido el alimento ofrecido.

Se realizó un análisis multifactorial de varianza (ANOVA), para comparar los resultados del análisis bromatológico de los residuos sólidos de malta de cebada de los tres tipos de cerveza (clara, ámbar y oscura), además de confrontar los datos de su aceptación o rechazo del alimento ofrecido solo y como integrante de un alimento balanceado, ofrecido a las marranas en dos granjas diferentes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis bromatológico de los residuos sólidos de malta de cebada se presenta en la tabla 1.

A pesar de que el proceso de malteado de la cebada para la elaboración de los tres tipos de cervezas (clara, ámbar y oscura) es diferente, el porcentaje de los componentes (MC, C, EE, FC, PC y TND) en los residuos no presentan diferencia significativa entre ellos ( $P>0.05$ ); indicando que los diferentes procesos de obtención no alteran la composición química del producto final.

**Tabla 1. Resultados obtenidos del análisis bromatológico aplicado en residuos sólidos orgánicos de tres tipos de cerveza artesanal: clara, ámbar y oscura.**

Tipo de cerveza	%MS	%C	%EE	%FC	%ELN	%PC	%TND
Clara	86.13	2.37	1.94	4.93	65.98	10.91	75.96
Ámbar	83.17	2.69	1.82	4.91	62.85	10.90	71.41
Oscura	84.05	2.24	2.22	4.89	63.77	10.93	73.06
Promedio	84.45	2.43	1.99	4.91	64.20	10.91	73.47

Los resultados encontrados en este estudio para proteína de 10.91%, son similares a los que reporta Callejo (2002), para el grano de cebada con un rango de proteína cruda de 10 a 11%; sin embargo, este valor es inferior a lo que reportan Enrique *et al.*, (2014) de 12.08%, de la NRC (2001) de 12.4% y de Castillo *et al.*, (2012) de 13.16%; lo que sugiere que los residuos en el proceso de producción de cerveza son afectados en la composición química de la proteína del grano de cebada.

En este estudio se encontró un promedio de extracto libre de nitrógeno de 64.2%, mientras que Castillo *et al.*, (2012) reportan 69.1% para el grano de cebada, y en cuanto al TND también se encontraron diferencias; en el análisis realizado se observó un promedio de 73.47%, mientras la NRC (2001) reporta un 82.7% en el grano de cebada; esto puede deberse a que el carbohidrato es el material que se requiere en la elaboración de cerveza.

En relación con la prueba de aceptación de estos residuos, aplicando dos tratamientos en dos granjas (G1 y G2) del municipio de Salvatierra Gto., después de haber realizado la prueba de aceptación se observó que RSM1 en la G1 fue aceptado por 12 animales y rechazado por tres, y en la G2 fue aceptado por 13 y rechazado por dos; siendo un total de rechazo de 16.6%. La prueba con RSM2 en las dos granjas (G1 y G2) lo aceptaron el 100% de los animales (tabla 2).

De acuerdo con el análisis estadístico se encontró que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las variables de aceptación y rechazo de los RSM1 y RSM2, para un 95% de confiabilidad en las dos granjas (G1 y G2).

**Tabla 2. Aceptación y rechazo de los residuos sólidos molidos (RSM1) y residuos sólidos molidos en un alimento balanceado (RSM2), ofrecidos a cerdas reproductivas**

Granja	RSM1				RSM2			
	Aceptado		Rechazado		Aceptado		Rechazado	
	No. de cerdas	%	No. de cerdas	%	No. de cerdas	%	No. de cerdas	%
<b>G1</b>	12	80.0	3	20.0	15	100	0	0
<b>G2</b>	13	86.6	2	13.3	15	100	0	0
<b>Total</b>	25	83.4	5	16.6	30	100	0	0

Los residuos húmedos de cerveza regularmente se han usado en la alimentación del ganado (Mussatto, Dragone y Roberto 2006). Investigaciones recientes han mostrado que los derivados de la cervecería pueden ser una opción para la suplementación animal, logrando ganancias diarias de peso (GDP) adecuadas, similares a las de otros suplementos energéticos comúnmente utilizados por productores, como es el caso del maíz y el sorgo; además de reducir los costos de la alimentación del ganado e incrementar las ganancias (Rivas *et al.*, 2017).

La aceptación de los residuos sólidos molidos por las cerdas es explicada por las características del cereal y por el contenido de dextrinas, maltosa, glucosa y maltotriosa, producidas durante el proceso de fermentación por enzimas hidrolíticas, como la alfa-amilasa, beta-amilasa y beta-glucanasa (Badui, 2006). El sabor umami es un sabor parecido al de la carne y se encuentra en alimentos ricos en proteínas y productos fermentados; además la hidrólisis genera sabores dulce, salado, amargo, ácido y umami en alimentos, actuando de manera sinérgica para aumentar la percepción del sabor (Badui, 2006; López, 2014). De acuerdo con Roura (2011) los cerdos tienen una elevada sensibilidad para el sabor umami, lo que aumenta el consumo voluntario; además tienen una preferencia positiva por algunos aminoácidos que no se perciben como umami por los humanos, como: la glutamina, alanina, asparagina, prolina, ácido aspártico, ácido glutámico, triptófano y treonina.

Se considera necesarias más pruebas que evalúen el impacto económico y nutrimental de los residuos húmedos de cerveza en todas las etapas del cerdo que medan aumento de peso y conversión alimenticia, aspectos que se pueden revisar como continuidad de este trabajo.

## CONCLUSIÓN

Los diferentes procesos de producción de cerveza artesanal (clara, ámbar y oscura) no provocan diferencias significativas en la composición química entre los tres tipos de residuos; manteniendo una importante cantidad de nutrientes que pueden ser utilizados para la alimentación animal, lo que se relaciona con una muy buena aceptación por parte de cerdas reproductivas.

## LITERATURA CITADA

BADUI D. 2006. Química de los alimentos. México: Pearson Educación. p 738, ISBN: 970-26-0670-5

BERNÁLDEZ CA. 2013. Cerveza artesanal en México: ¿Soberanía cervecera y alimentaria?. *Culinaria*. 6:56-63. Disponible: [http://web.uaemex.mx/Culinaria/seis\\_ne/PDF%20finales%206/cerveza%20artesanal%20ok.pdf](http://web.uaemex.mx/Culinaria/seis_ne/PDF%20finales%206/cerveza%20artesanal%20ok.pdf).

CALLEJO GM. 2002 Industrias de cereales y derivados. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p 400, ISBN: 9788484760245.

CASTILLO OF, Rodríguez SR, Prieto GF, Román GA. 2012. Características física y química proximal de paja, grano y almidón de cebada de la variedad esmeralda. *BioTecnología*. 16:(3), 9-20. ISSN 0188-4786. Disponible en: [https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista\\_2012\\_V16\\_N3.pdf](https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_N3.pdf).

GABOSI H. 2012. Alimentación porcina y los costos. Universidad Austral, Argentina: Centro de Información y de Actividades Porcinas. p 1-8 Disponible: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/Alimentacion%20porcina%20y%20los%20costos.pdf>.

LÓPEZ ONC. 2014. El gusto por el sabor salado. Perspectivas en nutrición humana. *Escuela de Nutrición y Dietética*. 16 (1) 99-109. ISSN 0124-4108. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v16n1/v16n1a8.pdf>.

MUSSATTO SI, Dragone G, Roberto IC, 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *J. Cereal Sci.* 43:1–14. ISSN: 0733-5210. DOI:10.1016/j.jcs.2005.06.001.

NMX-F-257-S-1978. Preparación de la muestra y determinación del porcentaje de humedad y de materia seca en té y productos similares. Normas mexicanas. Dirección general de normas. 08 agosto 1978. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-257-S-1978.PDF>.

NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Normas mexicanas. Dirección general de normas. 03 noviembre 1978. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-066-S-1978.PDF>.

NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos. Normas mexicanas. Dirección general de normas. 03 noviembre 1978. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-089-S-1978.PDF>.

NMX-F-613-NORMEX-2003. Alimentos- Determinación de Fibra cruda en Alimentos- Método de Prueba. 20 agosto 2003. <https://app.vlex.com/#WW/search/jurisdiction:MX/nmx+f+613+normex+2003/WW/vid/692486885>.

NMX-F-608-NORMEX-2011. Alimentos-determinación de proteínas en alimentos-método de ensayo. 12 septiembre 2011. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press, Washington D.C. Washington D.C.: National Academy Press. ISBN 0-309-06997.

RIVAS JM, Herrera MR, Santos DR, Herrera C, Escalera V, Martínez G. 2017. Bagazo húmedo de cervecería como sustituto de cereales en la suplementación de ovinos. *Abanico Veterinario*. 7(3):21-29. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.73.2>.

RODRÍGUEZ MG, Rodríguez CB, Villasmil AK. 2012. Costos de producción en explotaciones porcinas de ciclo completo en el Municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. *Revista Venezolana de Gerencia*. 17(60):709 - 729 ISSN 1315-9984. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29024892008>.

ROURA E. 2011. Obtenido de El gusto en el cerdo (parte II): que sea umami: Consultado en 17 de enero de 2018 [https://www.3tres3.com/nutricion/el-gusto-en-el-cerdo-parte-ii-que-sea-umami\\_3204/](https://www.3tres3.com/nutricion/el-gusto-en-el-cerdo-parte-ii-que-sea-umami_3204/).

ROURA E, Humphrey B, Tedo G, Ipharraguerre IR. 2008. Unfolding the codes of short-term feed appetite in farm and companion animals. A comparative oronasal nutrient sensing biology review. *Can. J. Anim. Sci.* 88 (4): 535–558. <http://www.pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/CJAS08014>.

VILLAMIL V. 2016. Cervecerías artesanales crecen 56% en 2016 y llegan a 400: Acermex. El Financiero, págs. Consultado el 12 de abril de 2017 <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/cervecerias-artesanales-crecen-56-en-2016-y-llegan-a-400-acermex.html>.

## Sincronización del estro en ovejas con PGF2 $\alpha$ y bioestimuladas con “efecto macho”

### Estrus synchronization in ewes with PGF2 $\alpha$ and biostimulated with “male effect”

Cadena-Villegas Said<sup>1</sup> [scadena@colpos.mx](mailto:scadena@colpos.mx); Arévalo-Díaz Mario<sup>1</sup> [ficti\\_junior@hotmail.com](mailto:ficti_junior@hotmail.com);  
Gallegos-Sánchez Jaime<sup>2</sup> [gallegos@colpos.mx](mailto:gallegos@colpos.mx); Hernández-Marín Antonio<sup>3\*</sup>  
[jahmarin@ugto.mx](mailto:jahmarin@ugto.mx)

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. <sup>2</sup>Ciencia Animal, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, México. <sup>3</sup>Departamento de Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. México. \*Autor de correspondencia y responsable de la investigación: José Antonio Hernández Marín. Departamento de Veterinaria y Zootecnia. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. ExHacienda el Copal km 9, carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Guanajuato, México. C.P. 36824.

#### RESUMEN

Se evaluó la bioestimulación con “efecto macho” (EM) y su respuesta en la sincronización del estro en ovejas de lana con un protocolo basado en aplicación de prostaglandinas (PGF2 $\alpha$ ) en época reproductiva. Se utilizaron 24 ovejas adultas Suffolk y 29 Rideau Arcott, las cuales se distribuyeron al azar a uno de dos tratamientos (T): T1, n= 25: ovejas testigo, sincronizadas con dos aplicaciones de PGF2 $\alpha$  con intervalo de siete días, y T2, n= 28: similar al T1, pero con la diferencia de que el carnero se introdujo en el día cuatro, de la primera aplicación de PGF2 $\alpha$ , para realizar el EM. Se evaluó la respuesta al estro, inicio del estro, porcentaje de gestación, porcentaje de parición, fertilidad, prolificidad y fecundidad. No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la respuesta al estro, los porcentajes de gestación y parición, y la fertilidad entre tratamientos. El inicio del estro, la prolificidad y la fecundidad fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en las ovejas del T2 con respecto a las hembras del T1. Se concluye que la bioestimulación con “efecto macho” en ovejas sincronizadas con un protocolo basado en prostaglandinas mejora el inicio del estro, la prolificidad y la fecundidad en razas de lana.

**Palabras clave:** Prolificidad, fecundidad, fertilidad, ovinocultura, *Ovis aries*.

#### ABSTRACT

Biostimulation with "male effect" (ME) and its response in estrus synchronization in wool sheep was evaluated with a protocol based on the administration of prostaglandin (PGF2 $\alpha$ ) in the reproductive season. Twenty-four Suffolk and 29 Rideau Arcott adult sheep were used, which were randomized to one of two treatments (T): T1, n = 25: control sheep, synchronized with two applications of PGF2 $\alpha$  with a seven-day interval, and T2, n = 28: similar to T1, but with the difference that the ram was introduced on day four, after the first administration of PGF2 $\alpha$ , to perform ME. The estrus response, estrus onset, gestation and calving percentage, fertility, prolificacy, and fecundity were evaluated. There were no differences ( $P > 0.05$ ) between the response to estrus, the percentages of gestation and calving, and fertility, among treatments. The onset of estrus, prolificacy and fecundity were higher ( $P < 0.05$ ) in the sheep of T2 with respect to the females of T1. We concluded that biostimulation with "male effect" in sheep synchronized with a protocol based on prostaglandins improves estrus onset, prolificacy, and fecundity in wool breeds.

**Keywords:** Prolificity, fecundity, fertility, sheep production, *Ovis aries*.

## INTRODUCCIÓN

La producción ovina en México se realiza bajo sistemas de pastoreo tradicionales, con escasa tecnología y baja productividad. En ella se caracterizan y distinguen por regiones; la norte, que basa su producción en ovinos de lana y en razas para carne con sistemas tecnificados; la región centro, que produce con ganado cruzado (Suffolk o Hampshire y razas de pelo) y se efectúa de manera importante en zonas marginadas, en agostaderos y en terrenos agrícolas con residuos agrícolas; la región sur y sureste, se describen con características de clima tropical donde destacan las razas de pelo (Pelibuey y Black Belly), aunque actualmente se han incorporado razas especializadas para producción de carne (Dorper y Katahdin; [Hernández-Marín et al., 2017](#)).

Estudios en ovinos consideraron prácticas de manejo para mejorar la eficiencia productiva de los rebaños de manera técnica y económica, en los cuales se pretende eliminar la manipulación farmacológica de los animales ([Martin et al., 2004](#)). Estas metodologías se basan en el conocimiento de los eventos reproductivos, los factores socio-sexuales y los efectos de la nutrición ([Hawken y Martin, 2012](#); [Scaramuzzi et al., 2013](#)); debido a que en la actualidad, los protocolos de manejo reproductivo se basan en la aplicación de hormonas exógenas que simulan la acción de un cuerpo lúteo (CL), como los progestágenos ( $P_4$ ); y otros consiguen eliminarlo, para inducir una fase folicular y la ovulación, como las prostaglandinas ( $PGF2\alpha$ ; [Abecia et al., 2012](#)). Sin embargo, los métodos naturales, también son capaces de inducir la ovulación, como la acción de las feromonas masculinas ('efecto macho'; [Hawken y Martin, 2012](#)).

Se ha discutido el uso de dispositivos intravaginales liberadores de  $P_4$  (CIDR®), debido a la alteración en la liberación de la LH, la calidad de la ovulación, el bienestar animal y la salud pública; por tanto, es necesario generar protocolos de corta duración, con menos dosis y dispositivos de liberación más efectivos ([Abecia et al., 2011](#)). Al respecto, una alternativa de manejo reproductivo es sincronizar con  $PGF2\alpha$ , porque éstas se metabolizan más rápido en el hígado y no se acumulan en los tejidos ([Davis et al., 1980](#)). Un protocolo comúnmente usado en ovejas es aplicar 125 mg de cloprostenol o 7.5 mg de luprostiol ([Abecia et al., 2011](#)). Para su efectividad se deben aplicar en presencia de un cuerpo lúteo; mientras que, las ovejas en anestro, no responderán al tratamiento. La administración de dos dosis de  $PGF2\alpha$  se recomienda para sincronizar el estro en ovejas ciclando, con un intervalo de 9 a 10 d, lo cual asegura que la mayoría de las hembras presentarán la fase lútea media, al aplicarles la segunda dosis, y que todas responderán con el comportamiento del estro y la ovulación ([Godfrey et al., 1999](#)). Sin embargo, su respuesta puede variar por la técnica de inseminación, la dosis a aplicar y los intervalos entre dosis ([Fierro et al., 2013](#)).

La bioestimulación se utiliza para reemplazar la función de las hormonas exógenas y mejorar la eficiencia reproductiva en ovinos (Hawken y Martin, 2012). Ungerfeld (2011) encontró que el “efecto macho” junto con la segunda inyección de PGF2 $\alpha$  aumentaron el comportamiento del estro y el número de ovejas en estro, en comparación con dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  sin “efecto macho”. Así, la introducción del carnero en ovejas aisladas previamente, induce un incremento en la pulsatilidad de la LH, lo cual estimula que la secreción de estradiol aumente y se desencadene la luteólisis (Meilán y Ungerferld, 2014).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la bioestimulación con ‘efecto macho’ sobre la respuesta reproductiva de ovejas de lana con un protocolo basado en la aplicación de prostaglandinas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización

El presente estudio se realizó en época reproductiva durante el mes de julio de 2015 en el Módulo de Ovinos y Caprinos de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Texcoco, estado de México (19°29' N, 98°53' O y altitud de 2250 m). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, el cual se describe como C(Wo)(W)b(i')g (García, 2004).

### Manejo de los animales experimentales

Se utilizaron 24 ovejas Suffolk con 5.1 $\pm$ 1.2 años de edad, 47.35 $\pm$ 2.5 kg de peso y condición corporal de 3 unidades (escala 1 a 5 unidades; Rusell *et al.*, 1969) y 29 ovejas Rideau Arcott con 6.3 $\pm$ 1.8 años de edad, 52.19 $\pm$ 1.8 kg de peso y condición corporal de 3 unidades. Durante el desarrollo del experimento, todas las ovejas recibieron dos veces al día (7:00 h y 16:00 h) 2.5 kg oveja<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de una dieta integral elaborada con heno molido de *Avena sativa* (70%), concentrado comercial que contenía 15% de proteína cruda y 2.9 Mcal de energía metabolizable kg<sup>-1</sup> (30%), sales minerales y agua a libre acceso. Antes de asignarlas a los tratamientos, a todas las ovejas se les aplicó 10.95 mg de selenito de sodio oveja<sup>-1</sup> (Muse, Intervet®; México) y se desparasitaron con una combinación de Ivermectina 0.2 mg kg<sup>-1</sup> de peso vivo (PV) y Closantel 5 mg kg<sup>-1</sup> de PV (Oviver, Lapisa®; México). Todos los animales se mantuvieron en corrales provistos de sombra, comedero, bebedero automático y piso de tierra, en cantidad según tratamiento.

Bioestimulación con “efecto macho”.

Previo al estímulo del carnero, todas las ovejas se mantuvieron durante 48 d a una distancia mínima de 500 m del corral de los machos, para evitar el contacto visual, auditivo y olfativo entre ellos; y de esta manera, aumentar el estímulo al momento del contacto. El “efecto macho” consistió en introducir en el corral de las hembras del T2, un carnero Criollo adulto experimentado sexualmente (4.6 años de edad y 78.25 kg de peso

promedio) provisto de un mandil (para evitar la cópula) durante 12 h a partir del cuarto día, posterior a la primera aplicación de PGF2 $\alpha$ . El manejo de las ovejas experimentales y los sementales utilizados en la bioestimulación y en la aplicación de las PGF2 $\alpha$ , se realizó de acuerdo con las normas mexicanas NOM-024-ZOO-1995 y NOM-033-ZOO-1995 (SAGARPA, 2015).

### Tratamientos y protocolo de sincronización

Las ovejas se asignaron al azar a uno de dos tratamientos del protocolo de sincronización del estro (T): T1, n=25: ovejas sincronizadas con dos dosis de 250  $\mu$ g de Cloprostenol oveja<sup>-1</sup> vía IM (Celosil®, Intervet; México) con intervalo de siete días (PG, Testigo); y T2, n=28: similar al T1, pero con el “efecto macho” desde el día cuatro hasta el día siete de la aplicación del Cloprostenol (PG+EM; Figura 1).

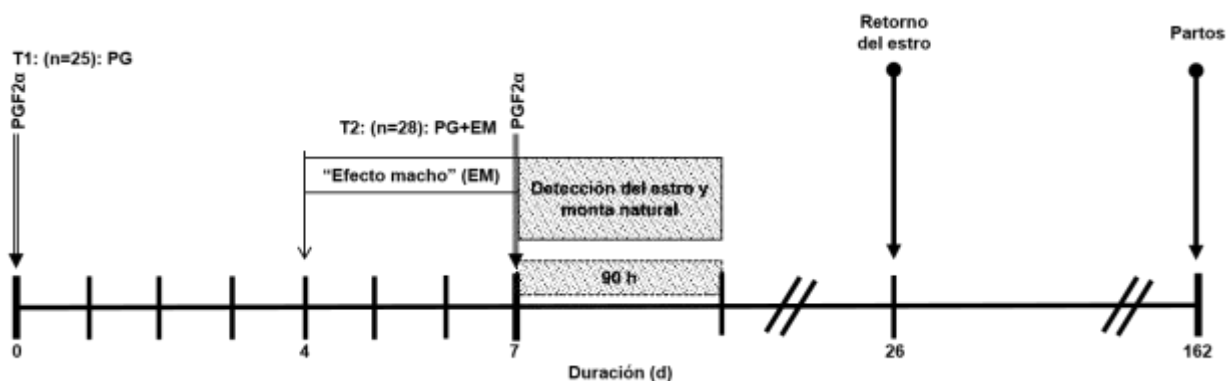


Figura 1. Protocolo de sincronización del estro con dos dosis de prostaglandinas (PG) en ovejas bioestimuladas con “efecto macho”. T: Tratamientos.

### Detección del estro y monta natural

Se usaron cuatro carneros Suffolk con  $4.6 \pm 1.3$  años de edad y  $87.75 \pm 2.5$  kg de peso, y dos carneros Rideau Arcott con  $4.1 \pm 1.5$  años de edad y  $91.38 \pm 3.7$  kg de peso, todos con fertilidad probada (Malejane *et al.*, 2014), los cuales se introdujeron con las hembras durante 90 h, en intervalos de 6 h, para detectar el estro, después de aplicar la segunda dosis de PGF2 $\alpha$ . Se consideró que una oveja presentó estro cuando se mostró receptiva al macho, realizó conducta de lordosis, se inmovilizó totalmente y aceptó la monta natural. Una vez detectada en estro y servida, cada oveja se separó de su grupo (para evitar la preferencia por el macho) y se le proporcionó una segunda monta a las 12 h posteriores, para favorecer que el carnero continuara con la detección de las demás ovejas.

### Retorno del estro

Después de detectar el estro y ofrecer servicio a las ovejas por monta natural, los carneros se mantuvieron apartados del rebaño durante 15 días. Al día 16, se les colocó un arnés impregnado con un colorante en el pecho y se introdujeron nuevamente con las hembras, para evaluar si alguna presentaba estro, brindar otra monta y asegurar que dicha hembra quedara marcada en la grupa.

### **Manejo postparto**

Con base en las fechas de servicio, se estimaron las fechas posibles de parto, y a su momento, se asistieron los nacimientos de los corderos. Se registró la cantidad de corderos nacidos por oveja, la fecha y el peso al nacimiento.

### **Variables de respuesta**

Ovejas en estro (%): Ovejas que manifestaron aceptación al macho del total de las ovejas tratadas, expresado en porcentaje.

Inicio del estro (h): Intervalo en horas entre la última aplicación de PGF2 $\alpha$  y las manifestaciones externas de estro en las ovejas.

Fertilidad (%): Ovejas paridas entre el total de ovejas servidas por monta natural, expresado en porcentaje.

Prolificidad: Cantidad de corderos nacidos entre ovejas paridas.

Fecundidad: Cantidad total de corderos nacidos entre el total de ovejas tratadas.

### **Análisis estadístico**

Los datos se analizaron con el software Statistical Analysis Systems® ([SAS Institute Inc, 2012](#)). La variable inicio del estro se analizó con el método de curvas de sobrevivencia Log-Rank, mediante el procedimiento LIFE TEST y la comparación de medias se analizó con el método de Bonferroni. Las variables ovejas en estro, retorno del estro y fertilidad, se analizaron con el modelo de regresión logística mediante el procedimiento LOGISTIC. Las variables fecundidad y prolificidad se analizaron por el método de intervalo de confianza para la diferencia de dos tasas de Poisson.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Respuesta al tratamiento**

El efecto macho no influyó ( $P > 0.05$ ) en la respuesta al estro en las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (tabla 1). La respuesta de las ovejas en estro en el presente estudio es superior a lo reportado por [Olivera-Muzante et al. \(2013\)](#), quienes obtuvieron 42.6% de estro, pero se asemejan con lo reportado por [Álvarez et al. \(1994\)](#), quienes sincronizaron ovejas Pelibuey con diferentes dosis de prostaglandinas y observaron 42% y 71% de respuesta entre tratamientos, hasta el séptimo día posterior al finalizar el tratamiento.

Sin embargo, en evaluaciones posteriores al tratamiento, observaron 100% de ovejas en estro, y explicaron que en la primera respuesta posiblemente se presentaron ovulaciones silenciosas. [Knight \(1983\)](#) reportó que las ovejas presentan ovulación silenciosa a los seis días posteriores a la introducción del carnero, y demostró que el 65% de las ovejas ovulan después de las 60 h del contacto con el macho; sin embargo, existen diferencias en la repuesta según la raza de las ovejas. Además, es posible que la transición de la época

de anestro a la época reproductiva se relaciona con la baja respuesta al estro, debido a que, al inicio de la época reproductiva, un alto porcentaje de ovejas tienen ovulaciones sin la manifestación del estro, lo cual se conoce como ovulaciones silenciosas.

**Tabla 1. Respuesta al estro en ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (PGF2 $\alpha$ ) y efecto macho (EM).**

Variables	T1: PG	T2: PG+EM
n	25	28
Ovejas en estro (%)	13 (52.0)a	17 (60.7)a
Inicio del estro (h)	72.53 $\pm$ 6.05a	45.13 $\pm$ 6.13b
Ovejas gestantes	12/25 (48.0)a	15/28 (53.6)a
Ovejas paridas	12/12 (100.0)a	15/15 (100.0)a
Corderos nacidos	26	39
Fertilidad	12/25 (48.0)a	15/28 (53.6)a
Prolificidad	26/12 (2.16)b	39/15 (2.6)a
Fecundidad	26/25 (1.04)b	39/28 (1.40)a

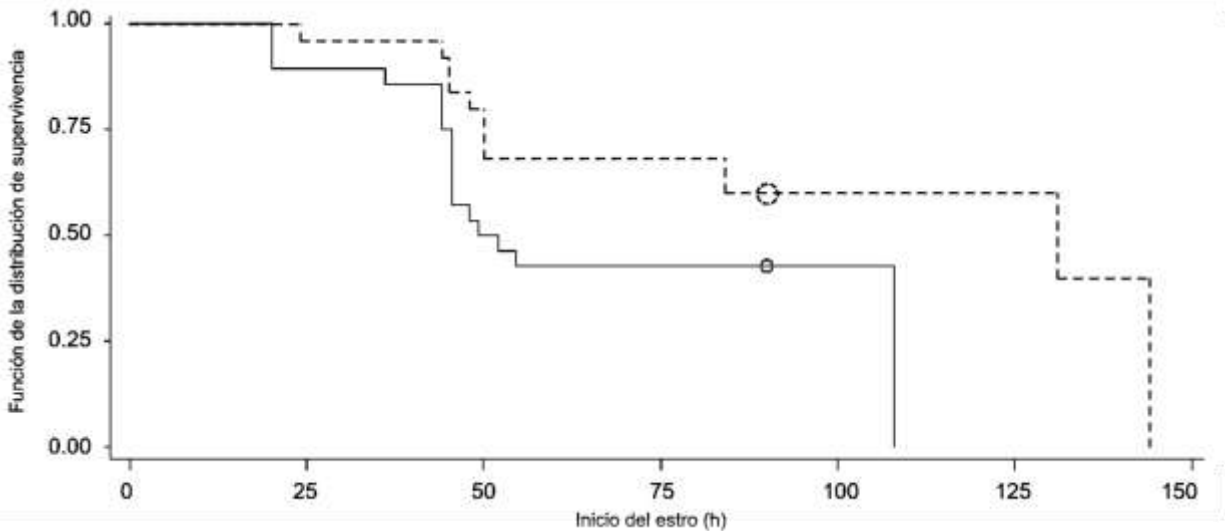
a, b: Valores con distinta literal en la fila son diferentes ( $P < 0.05$ ).

En un estudio en ovejas Pelibuey, [Hernández et al. \(2001\)](#) administraron dos dosis de prostaglandinas con intervalo de ocho días y observaron que el 64% de ellas presentaron fallas en la regresión del cuerpo lúteo después de la segunda aplicación, y el estro a las  $138 \pm 13.7$  h después del tratamiento; concluyeron que la sincronización del estro con este protocolo basado en la aplicación de prostaglandinas resultó poco eficiente. En la inducción de la luteólisis, se elimina el cuerpo lúteo y se induce la fase folicular con la ovulación ([Abecia et al., 2012](#)); no obstante, en el presente estudio no se observó que el “efecto macho” indujera la actividad reproductiva en las ovejas de lana, posiblemente a fallas en la regresión lútea posterior a la segunda aplicación de prostaglandinas. Los protocolos de sincronización del estro con dos dosis de prostaglandinas en ovejas bioestimuladas con “efecto macho”, pueden diferir según la época reproductiva; debido a que el intervalo de las dosis dobles, puede inducir la luteólisis y reducir los costos por tratamientos ([Contreras-Solís et al., 2009](#)); sin embargo, se debe considerar la frecuencia y la intensidad del estímulo del carnero antes o durante la sincronización del estro.

### Inicio del estro

El efecto macho influyó ( $P < 0.05$ ) en el inicio del estro en las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (cuadro 1). Usando protocolos de sincronización con PGF2 $\alpha$  sin “efecto macho”, se ha reportado que el estro se presentó a las  $36 \pm 2.3$  h ([Letelier et al., 2011](#)) y entre las  $38.6 \pm 0.5$  y  $51.6 \pm 2.4$  h ([Fierro et al., 2013](#)). Estos resultados difieren con los obtenidos en las ovejas bioestimuladas con “efecto macho” en el presente estudio. El inicio del estro analizado mediante curvas de supervivencia (figura 2), señala que las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas y bioestimuladas con “efecto macho” iniciaron el estro más pronto y de manera más agrupada, ya que, a las 50 h posteriores de la segunda aplicación de prostaglandinas,

alrededor del 90% de las ovejas manifestaron estro, comparadas con aquellas sin “efecto macho”, donde las ovejas obtuvieron menor respuesta. La presencia del carnero influye en el inicio del estro, según el fármaco aplicado en la sincronización del estro, incluso al introducir carneros vasectomizados después de aplicar la segunda dosis de PGF2 $\alpha$  para adelantar el inicio del estro (Ungerfeld, 2011).



**Figura 2. Curvas de supervivencia para el inicio del estro en ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (PGF2 $\alpha$ ) y efecto macho (EM).**

El “efecto macho” también es capaz de inducir la ovulación, por la acción de las feromonas (Hawken y Martin, 2012), y en los últimos años, se realiza en los tratamientos hormonales para la sincronización del estro (para aumentar la secreción de la LH que produce el ‘efecto macho’); esta combinación constituye una alternativa eficaz para reducir costos y mejorar la eficiencia en los programas de inseminación artificial (Hawken *et al.*, 2005); sin embargo, la respuesta de las ovejas y cabras al efecto macho depende de factores internos y externos que operan en los dos sexos, como la variación de la respuesta de las hembras a la presencia de los machos, la raza y la calidad del estímulo otorgado por los machos (Delgadillo *et al.*, 2008).

Fierro *et al.* (2011) describieron que la interacción entre el desarrollo folicular ovárico causado por el “efecto macho” en combinación con la regresión del cuerpo lúteo formado posterior a la aplicación de las dos dosis de prostaglandinas, mejora la agrupación de los estros, comparado con la respuesta de la sincronización del estro sin “efecto macho”. Por tanto, es posible que el inicio del estro ocurre en un intervalo más corto, si el folículo dominante está en fase de crecimiento y por lo tanto, en combinación con la descarga de la secreción de la GnRH, donde quizás favorece la agrupación de los estros en las ovejas. La sincronización con prostaglandinas en la presente investigación, correspondió a la aplicación de dos dosis con un intervalo de separación de siete días, donde posiblemente

las ovejas estimuladas con “efecto macho” presentaron un cuerpo lúteo activo al momento de aplicar la segunda dosis de prostaglandinas (Keisler, 2007).

### Tasa de gestación y parición

No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la tasas de gestación y parición de las ovejas en el presente estudio (cuadro 1). Los resultados para la tasa de gestación en el presente estudio son inferiores a los reportados por Álvarez *et al.* (1994) quienes obtuvieron 85.7% de pariciones al sincronizar ovejas Pelibuey con doble inyección de prostaglandinas y brindar servicio por monta natural. Por el contrario, Olivera-Muzante *et al.* (2013) reportaron 84.7% y 65.26% de retorno al estro, y por tanto obtuvieron menor porcentaje de gestación con un protocolo de sincronización con  $PGF2\alpha$ . En adición, la técnica de inseminación también influye en el porcentaje de gestación, como el 62% de ovejas gestantes sincronizadas con dos dosis de  $PGF2\alpha$  e inseminadas por laparoscopia (Fierro *et al.*, 2011), superior al 42.6% de ovejas gestantes inseminadas a tiempo fijo (Olivera-Muzante *et al.*, 2013).

Arroyo *et al.* (2009) mencionaron que del total de hembras bioestimuladas con “efecto macho”, un porcentaje alto ovula entre los primeros tres a cinco días, debido a que este estímulo provoca un incremento en la frecuencia de la liberación de los pulsos de la GnRH y la LH. No obstante, es posible que el “efecto macho” en conjunto con la lisis de un cuerpo lúteo, no pudieron inducir estros fértiles en el presente estudio, lo cual se observó en el 48% y 53.6% de fertilidad ( $P > 0.05$ ). Algunos estudios sugieren que los tratamientos hormonales cortos no necesariamente inducen folículos persistentes o resulta en baja fertilidad (Vilariño *et al.*, 2010).

### Prolificidad y fecundidad

El efecto macho influyó ( $P < 0.05$ ) en la prolificidad y en la fecundidad en las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (cuadro 1). Los resultados de prolificidad y fecundidad obtenidos en el presente estudio superan los reportados por Fierro *et al.* (2011), quienes obtuvieron prolificidad de 1.27 y 1.58 en ovejas sincronizadas con doble aplicación de prostaglandinas con respecto a aquellas con estro natural, y reportaron un incremento en el diámetro folicular con respecto al de las ovejas con estro natural antes de la ovulación. El aumento en estos parámetros mediante el “efecto macho” no es muy claro; sin embargo, se ha demostrado que la introducción repentina del macho induce un incremento rápido en la frecuencia y en la amplitud de los pulsos de la LH plasmática, este incremento en la actividad adenohipofisaria estimula un pico preovulatorio de la LH la cual induce la ovulación (Álvarez y Zarco, 2001).

Ungerfeld *et al.* (2005) reportaron que la introducción del macho con ovejas sincronizadas con esponjas intravaginales impregnadas con MPA, incrementó el diámetro folicular (6 mm) con respecto a aquellas sincronizadas con esponjas (5 mm). Adicionalmente, existen

resultados que señalan que la introducción repentina del macho mejora la tasa ovulatoria en ovejas (Hawken y Martin, 2012); sin embargo, estos resultados no han sido contundentes en esta afirmación. Por lo tanto, es importante realizar mayor investigación en los fenómenos de bioestimulación para conocer si afecta o beneficia la eficiencia reproductiva de las hembras para establecer estrategias más precisas en su uso (Álvarez y Zarco, 2001).

Los resultados sugieren que el “efecto macho” indujo mayor proporción de partos múltiples en las ovejas, respuesta que había sido reportada por Cognie *et al.* (1980), quienes evidenciaron que la tasa ovulatoria (número de ovulaciones por oveja) se incrementó después de la introducción de los machos en los rebaños de ovejas, y esta tasa ovulatoria aumentó en el segundo ciclo; lo cual puede deberse a la estimulación en la secreción de la GnRH por el “efecto macho”, la cual se relaciona con el crecimiento folicular y la ovulación.

### CONCLUSIONES

La bioestimulación con “efecto macho” en ovejas sincronizadas con un protocolo basado en dos aplicaciones de prostaglandinas con intervalo de siete días, no favorece la respuesta al estro, pero mejora el inicio del estro en razas de lana.

La introducción del carnero al cuarto día después de la primera aplicación de prostaglandinas, no mejora los porcentajes de gestación, parición ni la fertilidad, pero incrementa la prolificidad y la fecundidad en ovejas de lana.

La sincronización del estro basado en dos aplicaciones de prostaglandinas en conjunto con el “efecto macho” es una alternativa de manejo reproductivo en ovejas de lana durante la época reproductiva.

### LITERATURA CITADA

ABECIA, JA, F Forcada, A González-Bulnes. 2011. Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*. 27: 67-79. DOI: [10.1016/j.cvfa.2010.10.001](https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.10.001).

ABECIA, JA, F Forcada, A González-Bulnes. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 130: 173-179. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2012.01.011](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011).

ÁLVAREZ, RAG, RO Rodríguez, LJJ Hernández. 1994. Sincronización del estro en la borrega Pelibuey con la utilización de prostaglandina PGF2alfa. *Técnica Pecuaria México*. 32: 25-29.

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/3646/3066>

ÁLVAREZ, RL, LA Zarco. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Ciencia Veterinaria México*. 32(2):117-129. <http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol32-02/RVM32205.pdf>

ARROYO J, H Magaña-Sevilla, MA Camacho-Escobar. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10: 301-312. <http://www.redalyc.org/pdf/939/93912996001.pdf>

COGNIE, Y, F Gayerie, CM Oldham, P Poindron. 1980. Increased ovulation rate at the ram-induced ovulation and its comercial aplication. *Animal Production in Australia*. pp. 80-86. <http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/1980/Cognie80.PDF>

CONTRERAS-SOLÍS, I, B Vásquez, T Díaz, C Letelier, A López-Sebastian, A González-Bulnes. 2009. Ovarian and endocrine responses in tropical sheep treated with reduced doses of cloprostenol. *Animal Reproduction Science*. 114: 384-392. DOI: [0.1016/j.anireprosci.2008.10.013](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.10.013).

DAVIS, AJ, IR Fleet, FA Harrison, FMM Walker. 1980. Pulmonary metabolism of prostaglandin F2 $\alpha$  in the conscious non-pregnant ewe and sow. *Journal Physiology*. 301: 86. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301345856>

DELGADILLO, JA, JF Vielma, JG Veliz, G Duarte, H Hernández. 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 9: 39-45. <http://www.redalyc.org/html/939/93911227004/>

FIERRO, S, J Gil, C Viñoles, J Olivera-Muzante. 2013. The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: A review. *Theriogenology*. 79: 399-408 DOI: [10.1016/j.theriogenology.2012.10.022](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.022)

FIERRO, S, J Olivera-Muzante, J Gil, C. Viñoles. 2011. Effects of prostaglandin administration on ovarian follicular dynamics, conception, prolificacy, and fecundity in sheep. *Theriogenology*. 76: 630-639. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2011.03.016](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.03.016).

GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 5ª Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. ISBN: 970-32-1010-4.

GODFREY, RW, JR, Collins, EL, Hensley, JE, Wheaton. 1999. Estrus synchronization and artificial insemination of hair sheep in the tropics. *Theriogenology*. 51:985–997. [https://www.theriojournal.com/article/S0093-691X\(99\)00044-8/pdf](https://www.theriojournal.com/article/S0093-691X(99)00044-8/pdf)

HAWKEN, PAR, AP Beard, CM O'Meara, P Duffy, KM Quinn, TF Crosby, MP Boland, ACO Evans. 2005. The effects of ram exposure during progesterone oestrus synchronisation and time of ram introduction post progesterone withdrawal on fertility in ewes. *Theriogenology*. 63: 860-871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.05.007>

HAWKEN, PAR, GB Martin. 2012. Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Domestic Animal Endocrinology*. 43: 85-94. DOI: [10.1016/j.domaniend.2012.03.005](https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2012.03.005).

HERNÁNDEZ, CJ, J Valencia, L Zarco. 2001. Regresión del cuerpo lúteo y presentación del estro en ovejas con dos inyecciones de prostaglandina con 8 días de intervalo. *Técnica Pecuaria México*. 39: 53-58.

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1334/1329>

HERNÁNDEZ-MARÍN, JA, M Valencia-Posadas, JE Ruíz-Nieto, AI Mireles-Arriaga, C Cortez-Romero, J Gallegos-Sánchez. 2017. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agroproductividad*. 10 (3): 87-93.

<http://www.colpos.mx/wb/index.php/agroproductividad>

KEISLER, DH. 2007. Sheep breeding strategies. In: Youngquist, R.S., Threlfall, W.R. (eds.), *Current Therapy in Large Animal. Theriogenology*. WB Saunders Co., Pennsylvania, pp. 649–661. ISBN: 9780721693231; E-ISBN: 9781437713404.

KNIGHT, TW. 1983. Ram induced stimulation of ovarian and oestrous activity in anoestrous ewes. A review. *Proceedings of the N.Z. Society of Animal Production*. 43: 7-10.

<http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1983/ab83002.pdf>

LETELIER, CA, I Contreras-Solis, RA García-Fernández, MA Sánchez, P García-Palencia, B Sánchez, C Ariznavarreta, JAF Tresguerres, JM Flores, A Gonzalez-Bulnes. 2011. Effects of oestrus induction with progestagens or prostaglandin analogues on ovarian and pituitary function in sheep. *Animal Reproduction Science*. 126: 61-69. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2011.04.012](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.04.012)

MALEJANE, CM, JPC Greyling, MB Raito. 2014. Seasonal variation in semen quality of Dorper rams using different collection techniques. *South African Journal of Animal Science*. 44: 26-32. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v44i1.4>

MARTIN, GB, JTB Milton, RH Davidson, GE Banchemo, DR Lindsay, D Blache. 2004. Natural methods of increasing reproductive efficiency in sheep and goats. *Animal Reproduction Science*. 82-83: 231-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.014>

MEILÁN, J, R Ungerfeld. 2014. Does introduction of rams during the late luteal phase promote the estrus response in cyclic ewes? Short communication. *Small Ruminant Research*. 120: 116-120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.03.011>

OLIVERA-MUZANTE, J, J Gil, C Viñoles, S. Fierro. 2013. Reproductive outcome with GnRH inclusion at 24 or 36 h following a prostaglandin F2-based protocol for timed AI in ewes. *Animal Reproduction Science*. 138: 175-179. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2013.02.013](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.02.013).

RUSSEL, AJF, JM Doney, RG Gunn. 1969. Subjective assessment of fat in live sheep. *J. Agr. Sci*. 72: 451-454. <https://doi.org/10.1017/S0021859600024874>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana 024 y 033-ZOO-1995. <http://sagarpa.gob.mx/normateca/normateca2/SENASICA%20NORM%2028.pdf>

y

[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4883147&fecha=16/10/1995](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883147&fecha=16/10/1995)

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#)

SCARAMUZZI, RJ, L Oujagir, JB Menassol, S Freret, A Piezel, HM Brown, J Cognié, C Fabre-Nys. 2013. The pattern of LH secretion and the ovarian response to the 'ram effect' in the anoestrous ewe is influenced by body condition but not by short-term nutritional supplementation. *Reproduction Fertility and Development*. 26(8): 1154-1165. DOI: <https://doi.org/10.1071/RD13139>

UNGERFELD, R. 2011. Combination of the ram effect with PGF2 $\alpha$  estrous synchronization treatments in ewes during the breeding season. *An. Rep. Sci.* 124:65–68. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2011.02.021](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.021)

UNGERFELD, R, B Carbajal, E Rubianes, M Forsberg. 2005. Endocrine and Ovarian Changes in Response to the Ram Effect in Medroxyprogesterone Acetate-primed Corriedale Ewes During the Breeding and Nonbreeding Season. *Acta Vet. Scand.* 46: 33-44. DOI: [10.1186/1751-0147-46-33](https://doi.org/10.1186/1751-0147-46-33)

VILARIÑO, M, E Rubianes, E van Lier, A Menchaca. 2010. Serum progesterone concentrations, follicular development and time of ovulation using a new progesterone releasing device (DICO®) in sheep. *Small Ruminant Research*. 91: 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.02.014>

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2018; 8(3):106-117. Recibido: 13/02/2018 Aceptado: 20/07/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.8>

## Descripción del hábitat invernal de aves de pastizal con sensores remotos y estimación visual

Description of the winter habitat of grassland birds with remote sensors and visual estimation

Montes-Aldaba Andrea<sup>1\*</sup> [a.montes1801@gmail.com](mailto:a.montes1801@gmail.com), Martínez-Guerrero José<sup>2</sup> [che\\_hugo1@hotmail.com](mailto:che_hugo1@hotmail.com), López-Serrano Pablito<sup>3</sup> [p\\_lopez@ujed.mx](mailto:p_lopez@ujed.mx), Pereda-Solís Martín<sup>2</sup> [conplandg@hotmail.com](mailto:conplandg@hotmail.com), Strasser Erin<sup>4</sup> [erin.strasser@birdconservancy.org](mailto:erin.strasser@birdconservancy.org)

<sup>1</sup>Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango, México. <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. <sup>3</sup>Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. <sup>4</sup>Bird Conservancy of the Rockies, Fort Collins, Colorado, United States of America. \*Autor responsable de correspondencia: Montes-Aldaba Andrea. Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango; Carretera Durango-Mezquital km 11.5 Durango, Durango, México CP 34307.

### RESUMEN

Comprender la preferencia del hábitat de aves de pastizal que declinan sus poblaciones es importante para su conservación. Actualmente el uso de sensores remotos para describir el hábitat de aves en México es reciente y brinda estudios en menor tiempo y costo. El objetivo del trabajo fue describir la cobertura del suelo en áreas con gorriones del género *Ammodramus* en dos sitios de pastizal de Durango, con el protocolo de *Bird Conservancy of the Rockies* e imágenes de alta resolución. Se seleccionaron 40 puntos de localización aleatoriamente a partir de detecciones (n=1881) registradas del seguimiento de 33 individuos de *A. bairdii* y 23 de *A. savannarum*, mediante telemetría. Se obtuvo una métrica de vegetación y un ortomosaico con clasificación supervisada en 4 clases, donde se insertaron los puntos de localización, realizando un buffer de 5 metros de radio y generando porcentajes de clases. Ambas técnicas se correlacionan y demuestran ser útiles para cuantificar las variables observadas ( $p \leq 0.05$ ); no existen diferencias significativas entre especies, ya que usan lugares con cobertura de pasto similares a los reportados en otros estudios (61.24±4.07%, 62.78±4.24%). Estos resultados muestran que la tecnología geoespacial tiene gran potencial para la descripción del hábitat de aves de pastizal.

**Palabras clave:** gorrión Chapulinero, gorrión de Baird, teledetección, clasificación supervisada, vegetación.

### ABSTRACT

Understanding habitat preferences of grassland birds declining is important for their conservation. Currently, the use of remote sensing technology to describe the habitat of grassland birds is a novel tool in México which may allow for more accurate assessments of grassland habitat. We used both, high-resolution photographs and a protocol established by *Bird Conservancy of the Rockies* that uses ocular estimation in order to estimate vegetation cover within areas where individual sparrows of the genus *Ammodramus* were recorded in two sites located in Durango. We radio tracked individuals of *A. bairdii* (n=33) and *A. savannarum* (n=23) daily (n=1881) and randomly selected 40 location points. Vegetation metric was obtained and from high-resolution photographs we created an orthomosaic with supervised classification in 4 classes of vegetation cover (%). At each bird location point, we estimated the percentage of each vegetation cover class within a 5 m radius area around the point. We did not find a significant difference between vegetation cover obtained by a high-resolution photographs or ocular estimations ( $p \leq 0.05$ ) by species. Both species were found in areas with grass cover similar to those reported using different methods

(61.24±4.07%, 62.78±4.24%). These results indicate that the use of remote sensing provide favorable information for the characterization of grassland bird's habitat.

**Keywords:** Grasshopper sparrow, Baird Sparrow, remote sensing, supervised classification, vegetation.

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, en Norteamérica las aves de pastizal han disminuido sus poblaciones de manera continua, más que cualquier otro grupo de aves terrestres (Sauer *et al.*, 2017; NACBI, 2016), esto derivado de la fuerte presión de actividades antropogénicas que originan la pérdida y fragmentación de su hábitat, falta de disponibilidad de alimento, incremento en la depredación, entre otros factores (Vickery *et al.*, 1999; Panjabi *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2011); este fenómeno se produce tanto en tierras reproductivas como en áreas donde pasan el invierno, donde el aumento de la frontera agrícola es determinante en ese efecto (Pool *et al.*, 2014).

Por ello, en la actualidad las aves de pastizal es uno de los grupos que se muestran atractivos en las investigaciones sobre la biodiversidad de los pastizales, ya que existen especies focales que son indicadores de la estabilidad de los procesos ecológicos (Berlanga *et al.*, 2010), esto incluye la creación de Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizales (APCP) de interés tri-nacional (CEC, 2005), situación que estimula el interés por incrementar el conocimiento de la biología y ecología de estas aves, permitiendo diseñar estrategias de conservación exitosas (Igl y Ballard, 1999).

Un ejemplo de aves focales de pastizal cuyas poblaciones se han visto mermadas, son el gorrión Chapulinero (*Ammodramus savannarum*) y el gorrión de Baird (*Ammodramus bairdii*), que tienen una tasa de crecimiento poblacional anual de -2.5% y el -2.0% respectivamente (Sauer *et al.*, 2017); lo anterior derivado de estudios a largo plazo realizados en tierras reproductivas (conteo de aves reproductoras de EUA; sin embargo la información acerca de su estancia invernal en México es reciente, y aún escasa (Peitz, 2007); y detalla abundancia y distribución (Martínez *et al.*, 2011), estructura de hábitat invernal a gran escala (Macías-Duarte *et al.*, 2009) y sobrevivencia invernal (Macías-Duarte *et al.*, 2017).

A cerca de los estudios ecológicos en aves silvestres, la gran mayoría incluyen descriptores de las características de la vegetación, como indicadores de la abundancia y densidad de las aves en los lugares donde se reproducen o pasan el invierno (Johnson, 2007); donde históricamente se han empleado diversas metodologías cuantitativas y cualitativas para evaluar el hábitat, la cobertura de suelo y la estructura de vegetación (Fisher y Davis, 2010); como lo son: el marco de Daubenmire, el cual establece un cuadrante de 20x50 centímetros ubicados sobre un transecto fijo y en él se registra la intercepción con vegetación (Daubenmire, 1959); el bastón de Robel que usa el método de obstrucción visual vertical, para medir densidad y cobertura de suelo (Robel *et al.*, 1970) y el bastón de Wiens, que se usa de manera vertical con divisiones cada 10 centímetros, registrando el número de veces que intercepta con la vegetación para medir

altura y composición (Wiens, 1969); estas son las utilizadas con mayor frecuencia para conocer la estructura de la vegetación, con datos relevantes; esto con el objetivo de mejorar la comprensión de las relaciones hábitat-animal, a través de rangos a pequeña escala (<1m) o a gran escala (>100 km<sup>2</sup>) y establecer estrategias de conservación efectivas (Vierling *et al.*, 2008).

En ese sentido, en la actualidad los sensores remotos y la teledetección constituyen una herramienta potencial para caracterizar y analizar áreas naturales a diversas escalas (Spanhove *et al.*, 2012), y generar datos que se usen para el mapeo de cobertura de tierra y predictores de modelos de hábitat de organismos de distintas especies (Gastón *et al.*, 2017), incluyendo al grupo de aves de pastizal (Guttery *et al.*, 2016), lo que reduce el sesgo de toma de datos métricos o estimaciones en campo y cubre una mayor área de estudio en menor tiempo y costo; estos son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable (Pérez, 2007). Referente a esto, los UAS optimizan el uso de sensores remotos por la capacidad de transportar un amplio rango de sensores y equipo de toma de imágenes, así como la capacidad de recibir y almacenar información (Anderson y Gastón, 2013); y además ofrecen la oportunidad de analizar a distintas escalas espaciales y temporales la estructura del paisaje (Tommervick *et al.*, 2014).

Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue caracterizar la vegetación y cobertura del suelo en puntos de detección de los gorriones *A. bairdii* (BAIS) y *A. savannarum* (GRSP) durante su estancia invernal, en la zona del Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales de Cuchillas de la Zarca, usando dos diferentes metodologías: a) Protocolo de estimación visual establecido por *Bird Conservancy of the Rockies* (BCR) de muestreo convencional de la vegetación; y b) Imágenes de alta resolución obtenidas mediante un UAS, para explorar la factibilidad de su uso; bajo el supuesto de que ambas metodologías arrojan resultados similares.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **Área de estudio**

El proyecto se desarrolló en dos sitios de pastizal natural delimitados dentro de la Región de Cuchillas de la Zarca (CUZA); el primero denominado DOWE, con un área aproximada de 180.36 hectáreas; y el segundo SIMT, con un área de 137.96 hectáreas; ubicados entre las coordenadas geográficas extremas 26°20'11.24"N, 105°10'58.11"O a 26°17'5.98"N y 105°9'15.35"O (figura 1).

La vegetación se compone principalmente de matorral (91%) y pastizal natural (9%), con especies de gramíneas como *Bouteloa gracilis*, *Bouteloa curtipendula*, *Chloris virgata*, entre otras. El estrato arbustivo se constituye principalmente por *Acacia spp.*, *Opuntia spp.*, *Prosopis spp.*, *Juniperus ssp.*, *Brickellia spinulosa* y *Ephedra spp.* (Rzedowski, 1981).

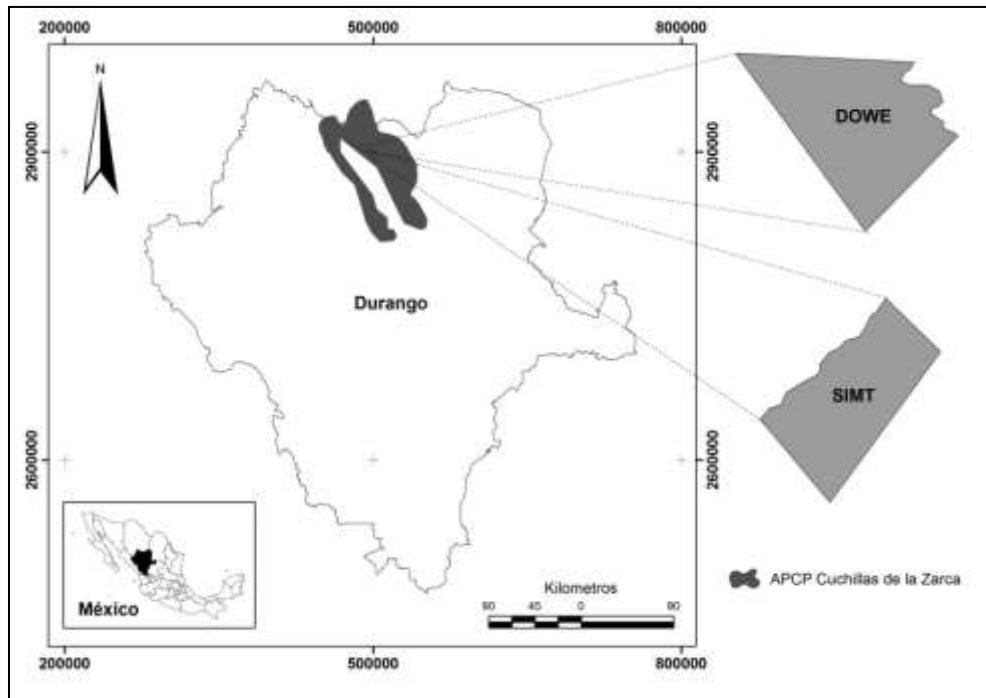


Figura 1. Área de estudio, Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales (APCP), Cuchillas de la Zarca

### **Captura de aves**

Para la captura de aves se utilizaron 4 redes de niebla de 12 metros de largo y 2.60 metros de alto de polyester negro modelo KTX de *Avian Research Supplies*, AFO, de 36 milímetros de malla, y la ayuda de ocho personas para usar el método de arreo de las aves hacia la red (Panjabi y Beyer, 2010). Después de la captura, a cada una de las aves se le colocó un anillo metálico talla 1 del USGS (*United States Geological Survey*), para su identificación y se le tomaron las medidas zoométricas. Posteriormente se colocó un transmisor modelo PicoPip 379 de LOTEK®, de 0.5 gramos de peso, con una duración de la batería de 40 días aproximadamente, sujeto con un arnés de elástico (Rappole y Tipton, 1991).

### **Monitoreo de las aves**

Durante todo el periodo invernal comprendido del 12 de diciembre de 2016 al 15 de marzo de 2017 (94 días), se realizó la localización visual diaria de cada individuo, mediante telemetría con la ayuda de un receptor de radio ATS (*Biotrackers*®) y auriculares (*David Clark*® modelo H10-00-4); los cuales detectan la señal de radio del transmisor. Una vez localizada se llevó el registro de las coordenadas de su ubicación con la ayuda de un navegador GPS marca *Garmin*® modelo Vista. El procedimiento anterior permitió elaborar una base de datos de puntos de localización de individuos de las dos especies en el estudio, para generar una serie de números aleatorios y seleccionar las localizaciones por especie y por sitio.

### ***Muestreo de vegetación mediante protocolo de Bird Conservancy of the Rockies (BCR)***

Para la recolección de los datos de vegetación, se utilizó el protocolo de (Macías-Duarte y Panjabi, 2013); el cual consiste en trazar un círculo de cinco metros de radio sobre el punto central de la ubicación del ave monitoreada y realizar una estimación visual del porcentaje de la cobertura (%) y la altura en centímetros (cm) de las variables pasto, arbustos y suelo desnudo (incluyendo rocas más pequeñas que un puño); así como otras coberturas (rocas, mantillo y material leñoso), de las cuales se seleccionaron las características de vegetación que se usaron para comparar con el método de clasificación de imágenes de alta resolución.

### ***Imágenes de alta resolución obtenidas mediante vuelos de UAS***

Las imágenes de alta resolución se obtuvieron a través de la cámara S110 NIR ® (Canales Verde, Rojo e Infrarrojo cercano), colocada en un UAS eBee ®; se realizó un vuelo en cada sitio, a una altura de 110 metros. De cada vuelo se generó un ortomosaico con resolución de 5 centímetros por pixel. Posteriormente se realizó una clasificación supervisada en el software ERDAS IMAGINE ®, mediante firmas espectrales de cada elemento *in situ*; esto es, un proceso en que los pixeles de identidad conocida (clases), se utilizan para clasificar pixeles de identidad desconocida. En la etapa de entrenamiento se seleccionaron las siguientes clases: pasto, arbusto, suelo desnudo y sombra. En la imagen se digitalizaron polígonos correspondientes a cada clase, cuyos datos numéricos se archivan en el software como regiones de interés; constituyendo las “áreas de entrenamiento”. Una vez que se dispone de un conjunto de dichas áreas, se adjudica cada uno de los pixeles de la escena a alguna clase, de acuerdo a los procedimientos establecidos en Richards (1999).

Con base en lo anterior se obtuvo una imagen clasificada de toda el área con las clases de pasto, arbusto, suelo desnudo y sombra. Con el fin de tener una escala igual a la usada en la metodología convencional de *Bird Conservancy of the Rockies*; en cada punto de localización de las aves seleccionadas se generó un buffer de 5 metros de radio para calcular el porcentaje de cobertura de cada una de las clases en el área del círculo. Este proceso se realizó en el software ArcMap v10.5 de ESRI®.

### ***Análisis estadístico***

La distribución de los datos obtenidos no cumplieron con los preceptos de la distribución normal; por lo que se realizó el análisis mediante el método no paramétrico de Kruskal-Wallis, para cada metodología (BCR, UAS), por sitio (DOWE, SIMT) y por especie (BAIS, GRSP), para las variables de respuesta que se lograron obtener en ambas metodologías: cobertura de pasto (%), cobertura de arbusto (%) y suelo desnudo (%), con el uso del paquete estadístico Number Cruncher Statistical Systems® (Hintze, 2001).

## RESULTADOS

Durante el invierno 2016-2017, en el área de Cuchillas de la Zarca, con el uso de telemetría y el monitoreo de 56 aves del género *Ammodramus* (33 BAIS y 23 GRSP), se registraron 1881 puntos de localización georreferenciados, de los cuales se seleccionaron al azar diez por especie (n=2) y por sitio (n=2); obteniendo como resultados las tablas presentadas a continuación:

**Tabla 1. Análisis de Kruskal-Wallis, de variables de cobertura de vegetación y suelo en dos sitios del Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales Cuchillas de la Zarca, con datos obtenidos mediante la clasificación supervisada de imágenes de alta resolución y protocolo de vegetación *Bird Conservancy of the Rockies*. Temporada invernal 2016-2017.**

Metodología BCR		Sitio	
Variable	DOWE (n=20)	SIMT (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	73.55±1.55 <sub>a</sub>	82.8±1.55 <sub>a</sub>	
Suelo desnudo (%)	8.3±1.02 <sub>a</sub>	6.25±1.02 <sub>a</sub>	
Cobertura de arbusto (%)	5.4±0.86 <sub>a</sub>	4.9±0.86 <sub>a</sub>	
Metodología imágenes de alta resolución		Sitio	
Variable	DOWE (n=20)	SIMT (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	*72.31±3.98 <sub>a</sub>	52.31±2.87 <sub>b</sub>	
Suelo desnudo (%)	25.42±4.07 <sub>b</sub>	35.96±2.96 <sub>a</sub>	
Cobertura de arbusto (%)	0.69±0.17 <sub>b</sub>	3.44±1.17 <sub>a</sub>	
No clasificado	0.68±0.15 <sub>b</sub>	8.29±2.46 <sub>a</sub>	

\*literales distintas entre columnas representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ,  $Z \leq 1.96$ )

Se destaca que las variables de la vegetación evaluadas por la metodología convencional de *Bird Conservancy of the Rockies*, donde utiliza la técnica de estimación visual del observador, no existen diferencias entre los sitios; por el contrario, en el análisis de las imágenes de alta resolución se observan diferencias para todas las variables entre ambos sitios, clasificando como suelo desnudo un mayor número de píxeles, por lo que esta categoría se incrementa notablemente en comparación con la metodología de *Bird Conservancy of the Rockies*.

Con respecto al análisis de las variables estudiadas por ambas metodologías en sitios de localización de gorriones del género *Ammodramus* (tabla 2), se observa que no existen diferencias significativas entre especies, lo que sugiere que el uso de imágenes de alta resolución obtenidas mediante UAS es factible para caracterizar el hábitat de ambas especies.

## DISCUSIÓN

En ornitología la mayoría de los estudios que hablan sobre caracterización de hábitat de distintas especies de aves, se encuentran directamente relacionados con el estudio de variables de estructura de la vegetación, y son poco comunes los que caracterizan sitios específicos que usan las aves (Johnson, 2007); lo anterior resulta muy relevante cuando estudiamos hábitats y especies que se encuentran amenazadas, como el ecosistema y

las aves de pastizal (Berlanga *et al.*, 2010); ya que deben de cumplir con varias características deseables, como precisión, esfuerzo y costo (Sutherland *et al.*, 2004). Los resultados obtenidos (tabla 1), nos indican que existen diferencias significativas entre las dos metodologías, cuando se analizan los dos sitios (DOWE y SIMT) para las variables de estudio; destacando que las imágenes de alta resolución establecen diferencias entre ambos lugares de estudio, situación que difiere bajo el análisis de la metodología de *Bird Conservancy of the Rockies*; por un lado debido a que el observador en la metodología BCR, realiza la estimación observando a la altura de sus ojos, y esto al replicarse hasta cientos de veces (cada localización), se convierte en un patrón de estimación constante, en el cual tiende a subestimar o sobrestimar, esto conocido como error humano (sesgo humano) (Bibby *et al.*, 1998).

**Tabla 2. Análisis de Kruskal-Wallis, de variables de cobertura de vegetación y suelo en dos especies del género *Ammodramus*, del Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales Cuchillas de la Zarca, con datos obtenidos mediante la clasificación supervisada de imágenes de alta resolución y protocolo de vegetación *Bird Conservancy of the Rockies*. Temporada invernal 2016-2017.**

Metodología BCR		Especie	
Variable	BAIS (n=20)	GRSP (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	78.15±1.94 <sub>a</sub>	78.2±1.94 <sub>a</sub>	
Suelo desnudo (%)	7.45±1.02 <sub>a</sub>	7.1±1.02 <sub>a</sub>	
Cobertura de arbusto (%)	5.65±0.85 <sub>a</sub>	4.65±0.85 <sub>a</sub>	
Metodología imágenes de alta resolución		Especie	
Variable	BAIS (n=20)	GRSP (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	61.24±4.07 <sub>a</sub>	62.78±4.24 <sub>a</sub>	
Suelo desnudo (%)	34.65±3.69 <sub>a</sub>	26.74±3.50 <sub>a</sub>	
Cobertura de arbusto (%)	1.39±0.24 <sub>a</sub>	2.74±1.22 <sub>a</sub>	

\*literales distintas entre columnas representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ,  $Z \leq 1.96$ )

Por otro lado, la metodología de imágenes de alta resolución fue tomada a gran altura, ofreciendo una visión sin obstáculos; sin embargo, el error humano no está ausente a pesar del uso de alta tecnología, ya que radica en la habilidad del clasificador para asignar valores similares a nivel de pixel, y asociarlos en categorías de clasificación; y por otro lado al correcto procesamiento de las imágenes (Richards, 1999). Los estudios a pequeña escala se han realizado en diversos grupos de animales, como mamíferos terrestres (Stirnemann *et al.*, 2015), y para seleccionar áreas para la conservación de distintas especies (Heinrich *et al.*, 2017).

Consideramos que el hallazgo más importante en este estudio, es que analizando las variables de la vegetación en sitios de localización para cada especie del género *Ammodramus*, no se hayan encontrado diferencias significativas entre ambas especies, por ninguno de los dos métodos; lo que indica que ambas metodologías son útiles para caracterizar el hábitat de especies de aves de pastizal; sin embargo en términos de eficiencia tiempo-precisión, consideramos que el uso de sensores remotos para describir el hábitat de aves de pastizal a pequeña escala, es más eficiente que la estimación visual; ya que por un lado, la metodología de *Bird Conservancy of the Rockies* ha sido probada

en diversos estudios de aves invernantes (Panjabi *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2011; Macías-Duarte y Panjabi, 2013; Macías-Duarte *et al.*, 2017); sin embargo el uso de imágenes de alta resolución habría sido usado para describir aspectos generales del hábitat de pastizal a gran escala (nivel paisaje) en la misma región de estudio (De León-Mata *et al.*, 2014; Rodríguez-Maturino *et al.*, 2017) representando este estudio un primer intento para describir sitios específicos que usan las aves de pastizal.

En el mismo sentido, existen descripciones de las características de la vegetación y cobertura de suelo, que *A. bairdii* usa durante su estancia invernal en el Desierto Chihuahuense; donde Martínez y colaboradores (2011), durante tres inviernos (2007-2009), encontraron que esta especie se ubicaba en sitios con cobertura promedio del  $66.9 \pm 1.34\%$  de pastos,  $1.79 \pm 0.024\%$  de arbustos y  $11.1 \pm 0.85\%$  de suelo desnudo, similares a los encontrados en este estudio por ambas metodologías. De igual manera Macías-Duarte y colaboradores (2011) relacionan la mayor densidad (individuos/km<sup>2</sup>) en coberturas de pasto mayores al 60%, en un estudio realizado en diez Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizales del Desierto Chihuahuense.

Para el caso de *A. savannarum* los resultados encontrados por ambas metodologías son similares a los descritos por Vickery (1999), donde a su vez, Macías-Duarte y Panjabi (2013), asocian la mayor densidad de *A. savannarum* a coberturas de pasto mayores al 60%, y cobertura de arbusto entre el 5% y 10% (Ruth, 2017); que concuerdan con los resultados obtenidos en el presente estudio y que tienen una base biológica explicable de acuerdo al sustento teórico que describe el hábitat de ambas especies.

## CONCLUSIONES

El uso de imágenes de alta resolución tomadas mediante vuelos de UAS, demostró ser factible para describir el hábitat a pequeña escala de *A. bairdii* y *A. savannarum*, en áreas de uso de las aves para tres de las variables de cobertura de suelo más importantes en sitios de invernada (cobertura de pasto, cobertura de suelo desnudo y cobertura de arbusto); ya que se obtuvieron resultados similares a los del protocolo de BCR, pero siendo este método más eficiente en tiempo, esfuerzo de trabajo, costo del monitoreo, reducción del sesgo de datos métricos obtenidos en campo y presentando una menor perturbación a las especies y el ecosistema.

La información obtenida con estas metodologías es de gran utilidad desde el punto de vista de la ecología y conservación de las aves consideradas en este estudio; y es importante destacar que el uso de sensores remotos representa una opción novedosa que permite incorporar innovaciones a la investigación, y que ofrece oportunidades para desarrollar líneas de investigación en México sobre el uso de sensores remotos para ampliar el conocimiento sobre la descripción y uso de hábitat de distintas especies animales, así como resolver problemas con respecto al medio ambiente.

Este estudio representa el primer intento en México para caracterizar el hábitat invernal de aves del género *Ammodramus*, en sitios específicos de uso de las aves, mediante

imágenes de alta resolución tomadas con UAS; por lo que el uso de esta tecnología geoespacial tiene un gran potencial en futuras investigaciones de aves de pastizal.

## LITERATURA CITADA

ANDERSON K, Gastón KJ. 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Front Ecol Environ.* 11(3): 138-146. DOI: [10.1890/120150](https://doi.org/10.1890/120150)

BERLANGA H, Kennedy JA, Rich TD, Arizmendi MC, Beardmore CJ, Blancher PJ, Butcher GS, Couturier AR, Dayer AA, Demarest DW, Easton WE, Gustafson M, Iñigo-Elias E, Krebs EA, Panjabi AO, Rodriguez-Contreras V, Rosenberg KV, Ruth JM, Santana-Castellon E, Vidal RMa, Will T. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: la visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. *Cornell Lab. of Ornithology: Ithaca, N.Y. U.S.A.* 49 p. [http://www.savingoursharedbirds.org/final\\_reports\\_pdfs/PIF2010%20Spanish%20FINAL\\_small.pdf](http://www.savingoursharedbirds.org/final_reports_pdfs/PIF2010%20Spanish%20FINAL_small.pdf)

BIBBY C, Jones M, Marsden S. 1998. Expedition field techniques: Birds surveys. *Royal Geographical Society.* London, U.K. ISBN 978-0-907649-79-3

CEC (Commission for Environmental Cooperation) and The Nature Conservancy (TNC). 2005. North American central grasslands priority conservation areas: technical report and documentation. Eds J.W. Karl and J. Hoth. *Commission for Environmental Cooperation and The Nature Conservancy.* Montreal, Quebec. <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2568-north-american-grassland-priority-conservation-areas-en.pdf>

DAUBENMIRE R. 1959. A canopy-coverage method of vegetational analysis. *Northwest Science* 33:43–64.

DE LEÓN-MATA D, Pinedo-Álvarez A, Martínez JH. 2014. Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México. *Investigaciones Geográficas Boletín. No 84. Instituto de Geografía UNAM.* 42-53 p. <http://dx.doi.org/10.14350/riq.36568>

FISHER R, Davis S 2010. From Wiens to Robel: A review of grassland bird habitat selection. *J. of Wild. Manage.* 74(2) 265-273. <https://doi.org/10.2193/2009-020>

GASTÓN A, Ciudad C, Mateo-Sánchez MC, García-Viñas JI, López-Leiva C, Fernández-Landa A, Marchamalo M, Cuevas J, De la Fuente B, Fortin MJ, Saura Santiago. 2017. Species' habitat use inferred from environmental variables at multiple scales: how much we gain from high- resolution vegetation data? *Int. J. Appl. Earth Observat. Geoinform.* 55, 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2016.10.007>

GUTTERY M, Ribic C, Sample D, Paulius A, Trosen C, Dadisman J, Shcneider D, Horton J. 2016. Scale-specific habitat relationships influence patch occupancy: defining neighborhoods to optimize the effectiveness of landscape-scale grassland bird Conservation. *Landscape ecol.* DOI [10.1007/s10980-016-0462-y](https://doi.org/10.1007/s10980-016-0462-y)

HEINRICH J, Aldridge C, O'Donnell M, Schumaker N. 2017. Using dynamic population simulations to extend resource selection analyses and prioritize habitats for conservation. *Ecol. Mod.* Vol. 359, 449-459. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.05.017>

HINTZE, J. 2001. *NCSS and PASS, Number Cruncher Statistical Systems*, Keyville, Utah, U.S.A. [WWW.NCSS.com](http://WWW.NCSS.com)

IGL LD, Ballard BM. 1999. Habitat associations of migrating and overwintering grassland birds in southern Texas. *The Condor* 101:771–782. <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v101n04/p0771-p0782.pdf>

JOHNSON MD. 2007. Measuring habitat quality: a review. *Condor* 109:489–504. <https://doi.org/10.1650/8347.1>

MACÍAS-DUARTE A, Montoya AB, Mendez-Gonzalez CE, Rodriguez-Salazar JR, Hunt WG, Krannitz PG. 2009. Factors influencing habitat use by migratory grassland birds in the state of Chihuahua, Mexico. *Auk* 126:896-905. <https://doi.org/10.1525/auk.2009.08251>

MACÍAS-DUARTE A, Panjabi AO, Pool D, Youngberg E, Levandoski G. 2011. Wintering Grassland Bird Density in Chihuahuan Desert Grassland Priority Conservation Areas, 2007-2011. *Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-NEOTROP-MXPLAT-10-2.* 164 p. [https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/2011\\_Chihuahuan\\_Desert\\_Grassland\\_Bird\\_report\\_with\\_appendixAB.pdf](https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/2011_Chihuahuan_Desert_Grassland_Bird_report_with_appendixAB.pdf)

MACÍAS-DUARTE A, Panjabi AO. 2013. Association of habitat characteristics with winter survival of a declining grassland bird in Chihuahuan Desert grasslands of Mexico. *The Auk* 130(1):141-149. <https://doi.org/10.1525/auk.2012.12047>

MACÍAS-DUARTE A, Panjabi AO, Strasser EH, Levandoski GJ, Ruvalcaba-Ortega I, Doherty PF, Ortega-RC. 2017. Winter survival of North American grassland birds is driven by weather and grassland condition in the Chihuahuan Desert. Vol.88 (4):374-386. *J. of Field Ornithol.* DOI: [10.1111/jfo.12226](https://doi.org/10.1111/jfo.12226)

MARTÍNEZ JH, Wehenkel C, Pereda ME, Panjabi AO, Levandoski G, Corral JJ, Díaz R. 2011. Relación entre la cobertura del suelo y atributos de la vegetación invernal con *Ammodramus bairdii*, Audubon 1844, en el noroeste de México. *Agrociencia*; 45: 443-451. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952011000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000400004)

NACBI (North American Bird Conservation Initiative), The State of North America's Birds 2016. *Environment and Climate Change Canada: Ottawa, Ontario*. 8 p. Cat. No.: CW66-527/2016E ISBN: 978-0-660-05104-8 [www.stateofthebirds.org](http://www.stateofthebirds.org)

PANJABI A, Youngberg E, Levandoski G. 2010. Wintering Grassland Bird Density in Chihuahua Desert Grassland Priority Conservation Areas, 2007-2010. *Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-MXPLAT-08-03*. 83 p. [https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/2011\\_Chihuahuan\\_Desert\\_Grassland\\_Bird\\_report\\_with\\_appendixAB.pdf](https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/2011_Chihuahuan_Desert_Grassland_Bird_report_with_appendixAB.pdf)

PANJABI A, Beyer L. 2010. Desert Grassland Bird Conservation: Is low winter survival driving population declines? Phase II. *Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, Final report I-MXPLAT-NPS-08-02*. 10 p. [https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2015/08/Grassland-Bird-Survival-Phase-2\\_2010-Annual-Report.pdf](https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2015/08/Grassland-Bird-Survival-Phase-2_2010-Annual-Report.pdf)

PÉREZ DJ. 2007. Laboratorio de Tectónica Andina. Retrieved from Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. [http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso\\_SR/Guia\\_Curso\\_sr\\_2007.pdf](http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso_SR/Guia_Curso_sr_2007.pdf)

PEITZ DG. 2007. Grassland bird monitoring at Herbert Hoover National historic site, Iowa; 2005-2006 State report. U.S. Department of Interior. National Park Service. *Fort Collins Co. U.S.A.* 29 p. <https://irma.nps.gov/DataStore/DownloadFile/152755>

POOL BD, Panjabi A, Macías-Duarte A, Soljhem D. 2014. Rapid Expansion of Croplands in Chihuahua, Mexico Threatens Declining North American Grassland Bird Species. *Biological Conservation*; 170:274-281 <http://dx.doi.org/10.1016>

RAPPOLE JH, Tipton AR. 1991. New harness design for attachment of radio transmitters to small passerines. *Journal of Field Ornithology*; 62(3):335-337. <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/jfo/v062n03/p0335-p0337.pdf>

RICHARDS JA. 1999. Remote sensing digital image analysis: An introduction. Springer-Verlag, Berlin, Germany. ISBN 978-3-642-30062-2

ROBEL RJ, Briggs JN, Dayton AD, and Hulbert LC. 1970. Relationships between visual obstruction measurements and weight of grassland vegetation. *Journal of Range Management* 23:295–297

RODRÍGUEZ-MATURINO A, Martínez-Guerrero JH, Chairez-Hernandez I, Pereda-Solís M, Pinedo-Álvarez A. 2017. Variables del hábitat de pastizal asociadas a la densidad de aves granívoras en Malpais, Durango, México. *AGROPRUDUCTIVIDAD* 10(5):3-9. [http://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD\\_V\\_2017.pdf](http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD_V_2017.pdf)

RUTH JM. 2017. Life history attributes of Arizona Grasshopper Sparrow (*Ammodramus savannarum ammolegus*) and comparisons with other North American subspecies. *American Midland Naturalist* 178:64-81. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-178.1.64>

RZEDOWSKI J. 1981. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA. México. 505 p. [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf)

SAUER JR, Hines JE, Fallon JE, Pardieck KL, Ziolkowski DJ Jr, Link WA. 2017. *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966 - 2017*. Version 01.30.2015, Laurel, MD. Consulta: 18 de diciembre de 2017. [USGS Patuxent Wildlife Research Center](http://www.fws.gov/patuxent/wildlife-research-center/)

SPANHOVE T, Vanden-Borre J, Delalieux S, Haest B, Paelinckx D. 2012. Can remote sensing estimate scale-fine quality indicators of natural habitats?. *Ecological Indicators* 18(2012):403-412. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.025>

STIRNEMANN I, Mortelli A, Gibbons P, Lindenmayer D. 2015. Fine-Scale Habitat Heterogeneity Influences Occupancy in Terrestrial Mammals in a Temperate Region of Australia. *PLoS One* 10(9) DOI: [10.1371/journal.pone.0138681](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138681)

SUTHERLAND W, Newton I, Green R. 2004. *Bird Ecology and Conservation: A handbook of techniques*. Oxford University Press. New York, U.S.A. ISBN-10: 0198520867

TOMMERVIK H, Karlsen SR, Nilsen L, Johansen B, Storvold R, Zmarz A, Beck P, Johansen K, Hogda K, Goetz S, Park T, Zagajewski B, Myneni R, Bjerke J. 2014. Use of unmanned aircraft systems (UAS) in a multi-scale vegetation index study of arctic plant communities in Adventdalen on Svalbard. *EARSeL eProceedings*. 2014; 13(S1): 47-52. [http://www.e proceedings.org/static/vol13\\_S1/13\\_S1\\_tommervik1.pdf](http://www.e proceedings.org/static/vol13_S1/13_S1_tommervik1.pdf)

VIERLING K, Vierling L, Gould W, Martinuzzi S, Clawges R. 2008. LIDAR: shedding new light on habitat characterization and modelling. *Fron. Ecol. Environ.* 6(2):90-98. DOI: [10.1890/070001](https://doi.org/10.1890/070001)

VICKERY PD, Tubaro P, Da Silva JMC, Peterjohn BC, Herkert JR, Cavalcanti RB. 1999. Conservation of grasslands birds in the western hemisphere. *Studies in Avian Biology*; 19: 2-26. ISBN 1-891276-11-5. [https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/sab/sab\\_019.pdf](https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/sab/sab_019.pdf)

WIENS, JA. 1969. An approach to the study of ecological relationships among grassland birds. *Ornithological Monographs* 8:1-93.

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2018; 8(3):118-129. Recibido: 11/02/2018 Aceptado: 10/07/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.9>

## Evaluación de bolos selenio sobre parámetros productivos e IgG en cabritos inmunizados con bacterina-toxoide

Evaluation of selenium boluses on productive parameters and IgG in kids immunized with bacterin-toxoid

Díaz-Sánchez Víctor<sup>1\*</sup> [victorm\\_diazs@yahoo.com.mx](mailto:victorm_diazs@yahoo.com.mx); Rodríguez-Patiño Gabriela<sup>1</sup> [grp2284@yahoo.com.mx](mailto:grp2284@yahoo.com.mx); Ramírez-Briebesca Efrén<sup>2</sup> [efrenrb@colpos.mx](mailto:efrenrb@colpos.mx); Morales-Álvarez José<sup>3</sup> [morales62@yahoo.com](mailto:morales62@yahoo.com); López-Arellano Raquel<sup>1\*\*</sup> [rlajjd@yahoo.com.mx](mailto:rlajjd@yahoo.com.mx)

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Cuautitlán Izcalli, México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Coyoacán, México. \*Autor responsable: Díaz-Sánchez Víctor, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, C.P. 54714. \*\*Autor de correspondencia: López-Arellano Raquel, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, C.P. 54714.

### RESUMEN

México tiene deficiencia de selenio en la mayor parte de su territorio, esto tiene consecuencias en la salud de los animales, disminuyendo la inmunidad y los parámetros productivos, como el consumo de alimento y la ganancia de peso. El presente trabajo evaluó la suplementación de selenio en cabritos en tres grupos de estudio; un grupo fue suplementado con selenio en forma oral a través de bolos intarruminales (GBSe) (7 animales); otro grupo se suplementó con selenio de forma parenteral (GSeP) (7 animales) y un grupo control sin tratamiento (GC) (6 animales). Se evaluó el consumo de alimento, la ganancia de peso y la respuesta inmunitaria a través de la medición de IgG en suero contra una bacterina-toxoide. Se observó que los animales suplementados tuvieron mayores niveles de selenio en eritrocitos a diferencia del grupo control (GC) ( $p < 0.05$ ), pero no se observaron diferencias asociadas a la vía de administración del mineral ( $p > 0.05$ ). La suplementación al parecer no tuvo un efecto claro sobre el consumo de alimento y la ganancia de peso ( $p > 0.05$ ). Se logró aumentar las concentraciones del mineral en eritrocitos en los animales suplementados. La respuesta inmune humoral fue influenciada por la suplementación de selenio.

**Palabras clave:** bolos, selenio, ganancia de peso, consumo de alimento, inmunidad.

### ABSTRACT

Mexico has selenium deficiency in most of its territory, this has consequences on animal health, decreasing immunity and productive parameters, such as food consumption and weight gain. The present work evaluated the selenium supplementation in kids in three study groups; One group was supplemented with selenium orally through intraruminal boluses (GBSe) (7 animals); a group was supplemented with selenium parenterally (GSeP) (7 animals); a control group without treatment (GC) (6 animals). Feed intake, weight gain, and immune response were measured through serum IgG levels against a bacterin-toxoid. It was observed that the supplemented animals had higher levels of selenium in erythrocytes unlike the control group (GC) ( $p < 0.05$ ), but no differences were observed associated with the route of administration of the mineral ( $p > 0.05$ ). Supplementation apparently did not have a clear effect on feed intake and weight gain ( $p > 0.05$ ). It was possible to increase the concentrations of the mineral in erythrocytes in the supplemented animals. The humoral immune response was influenced by selenium supplementation.

**Keywords:** bolus, selenium, weight gain, feed intake, immunity.

## INTRODUCCIÓN

El selenio (Se) es un elemento traza esencial en la mayoría de los organismos vivos, el cual tiene propiedades principalmente antioxidantes (Kruzhel *et al.*, 2014; Marek y Stanislaw, 2013). El contenido de Se en suelo por debajo de 0.010 mg/kg de materia seca puede causar signos de deficiencia en los animales y cantidades menores a 0.5 mg/kg en suelos son consideradas insuficientes para los animales (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010; Kruzhel *et al.*, 2014). En México hay deficiencia de Se en los suelos, principalmente en la zona del altiplano (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2001), esto afecta la producción animal, principalmente en rumiantes, donde se sabe que la absorción de selenio varía del 11% al 35%, mientras que en no rumiantes es de 77% al 85% (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010; Kruzhel *et al.*, 2014; Lescure *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2000).

La deficiencia de Se puede traer consecuencias tanto productivas como reproductivas (Haenlein y Anke, 2011; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010); además esta deficiencia se ha traducido en una inmunodepresión con consecuencias para los animales. Los bolos intrarruminales son una forma eficaz de dosificación, pueden transportar fármacos y/o minerales en un pequeño espacio y liberarlo de forma paulatina. Son relativamente fáciles de administrar de forma manual a través de la cavidad oral, donde son retenidos en el retículo-rumen (Edwards *et al.*, 2011; Vandamme y Ellis, 2004).

El objetivo fue evaluar bolos intrarruminales cargados con Se sobre el consumo de alimento, ganancia de peso e IgG contra *Mannheimia haemolytica* en caprinos; así como comparar los esquemas de administración del mineral y evaluar el balance entre el selenio administrado y el cuantificado en eritrocitos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Norma de ética y bienestar experimental

Los animales fueron manejados bajo las normas del Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE) aprobado por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), con clave de registro CICUAE-FESC C15\_03.

### Características, manejo y división del grupo de los animales de estudio

Se emplearon 20 caprinos de raza Alpina, de 7 meses de edad, con un peso promedio de 22.914 kg  $\pm$  4.146 kg, del módulo de producción caprina de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Los animales tuvieron un periodo de adaptación en corrales con piso de concreto, el alimento se ofreció una vez al día y agua *ad libitum*; se desparasitaron con Closantel a una dosis de 10 mg/kg PV. Posteriormente los animales se alojaron en jaulas metabólicas individuales con 1.50 m de largo, 0.5 m de ancho y 1.2 m de alto para evidenciar la posible regurgitación de los bolos y poder medir de forma más precisa el consumo de alimento individual de los animales de estudio. Los animales se dividieron en tres grupos de estudio de la siguiente forma: un grupo suplementado con selenio

parenteral *Beef-Se*, considerando una dosis de 0.25 mg de Se por kilogramo PV, el cual se administró dos veces durante el experimento de forma subcutánea con intervalos de 15 días (GSeP) (7 animales); un grupo suplementado con bolo con selenito de sodio (0.050 mg) (GBSe) (7 animales) y un grupo control (GC) (6 animales) sin suplementación. Se utilizó una bacterina-toxoide (*Toxo Bac Neumonías*) elaborada en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para estimular la respuesta inmunitaria en los animales utilizados para este estudio.

Los animales fueron alimentados con alfalfa achicalada molida, la cual contenía 94.13% de materia seca, 17.12% de proteína cruda y 1.11  $\mu\text{gSe/g}$  de muestra de alimento. El consumo se calculó restando el peso del alimento al inicio de la semana, menos la cantidad restante; a este valor se le restaba el rechazo de alimento para calcular el consumo real por animal y por grupo. Se evaluó la ganancia de peso de cada uno de los animales involucrados en el estudio. Los animales se pesaron semanalmente por la mañana antes de recibir alimento, utilizando una balanza de 100 kilogramos de capacidad marca Torey®. Se tomaron muestras de sangre con intervalos de 7 días por 56 días, por venopunción de la vena yugular externa; se utilizaron agujas y tubos vacutainer (sistema al vacío) Vacutainer® calibre 20G- X 38mm y tubos con vacío con EDTA y para obtención de suero Vacutainer® BD.

### **Bolos intrarruminales y pruebas de laboratorio**

La elaboración de los bolos de Se fue realizado mediante la técnica de granulación por fusión. Para la cuantificación de Se total en eritrocitos se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros (*Ghany-Hefnawy et al.*, 2007). En la evaluación de las absorbancias para IgG contra *Mannheimia haemolytica* se realizó una prueba de ELISA (*Morales-Alvarez et al.*, 1993).

### **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos; el tratamiento 1 correspondió al grupo suplementado con selenio parenteral (GseP), el tratamiento 2 correspondió al grupo suplementado con selenio a través de un bolo intrarruminal (GBSe) y el 3 al grupo control (GC). En los tratamientos 1 y 2 se utilizaron 7 repeticiones y en el 3, 6 repeticiones. Las variables dependientes fueron el consumo de alimento, ganancia de peso y concentración de Se en eritrocitos e IgG en suero contra *Mannheimia haemolytica*.

## **RESULTADOS**

Los resultados se presentan en figuras y tablas, mostrando la media, error estándar y el valor p de los tres grupos experimentales. Los bolos intrarruminales presentaron un peso promedio de 7.994 g  $\pm$  0.020 g; la densidad promedio fue de 2.665 g/ml,  $\pm$  0.007 g/ml; dureza promedio de 25.017 Kp  $\pm$  0.929 kp, largo de 19.030 mm  $\pm$  0.043 mm y ancho de 15.010  $\pm$  0.003 mm respectivamente.

La tabla 1 evalúa el consumo de alimento en cada uno de los grupos experimentales por cada 7 días de estudio. Para los días 0 y 7 del experimento no se observan diferencias significativas en los tres grupos de estudio; en el día 14 se observa una diferencia en el consumo de alimento entre GSeP y C, donde el primero tiene mayor consumo de alimento; esta diferencia no se observa entre GBSe y GSeP o entre GBSe y C para este día; en el día 28 GSeP y C presentan diferencias en el consumo, donde C tiene mayor consumo de alimento; no hay diferencias entre C y GBSe y entre GBSe y GSeP; en el día 35 GSeP tiene el mayor consumo de alimento a diferencia de GBSe y C; en el día 42 hay una diferencia de consumo entre GSeP y GBSe, donde este último tiene el mayor consumo de alimento, esta diferencia no se observa entre GBSe y C o entre GSeP y C. Por último, en los días 49 y 56 no hay diferencia en el consumo de alimento para los tres grupos de estudio.

**Tabla 1. Promedio y errores estandar de consumo de alimento de los grupos de estudio**

Día	Grupo Bolo Selenio (GBSe)	Grupo Selenio Parenteral (GSeP)	Control (C)	Significancia
0	6.433±0.326	6.124±0.302	6.407±0.401	NS
7	7.214±0.654	6.904±1.085	7.873±0.289	NS
14	8.487±0.663	8.494±0.417*	7.598±0.298*	*
21	7.091±0.2992	6.973±0.352	7.426±0.460	NS
28	5.154±0.474	4.631±0.553*	5.673±0.442*	*
35	5.546±0.257	7.806±1.577*	5.303±0.608	*
42	8.661±0.490*	7.652±0.337*	7.726±1.218	*
49	6.073±0.708	6.386±0.606	6.531±0.599	NS
56	6.180±0.584	6.189±0.542	6.567±0.714	NS

GBSe, selenio aplicado en bolo intrarruminal, GSeP, selenio parenteral, NS, no significativo ( $p > 0.05$ ), \* diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

En la tabla 2 se evalúa la ganancia de peso en los animales de estudio. En el día 0 no hay diferencias significativas; en el día 7 C presenta la mayor ganancia de peso a diferencia de GBSe y GSeP; para el día 14 C tiene las menores ganancias de peso a diferencia de los grupos suplementados con selenio; en el día 21 GSeP tiene las mayores ganancias de peso a diferencia de GBSe y C; En el día 28 GBSe tiene las mayores ganancias de peso a diferencia de GSeP y C; en el día 35 no se presentan diferencias significativas entre los tres grupos; en el día 42 de nuevo GBSe tiene las mayores ganancias de peso a diferencia de GSeP y C; en el día 49 hay una diferencia significativa entre GSeP y C donde el primero tiene mayor ganancia de peso, esto no se observa entre

GBSe y GSeP, así como entre GBSe y C. En el día 56 hay una diferencia significativa entre GBSe y GSeP, donde los dos tienen mayores ganancias de peso a diferencia de C, pero sin diferencia significativa entre ellos.

**Tabla 2. Promedio y errores estandar para ganancia de peso de los grupos de estudio**

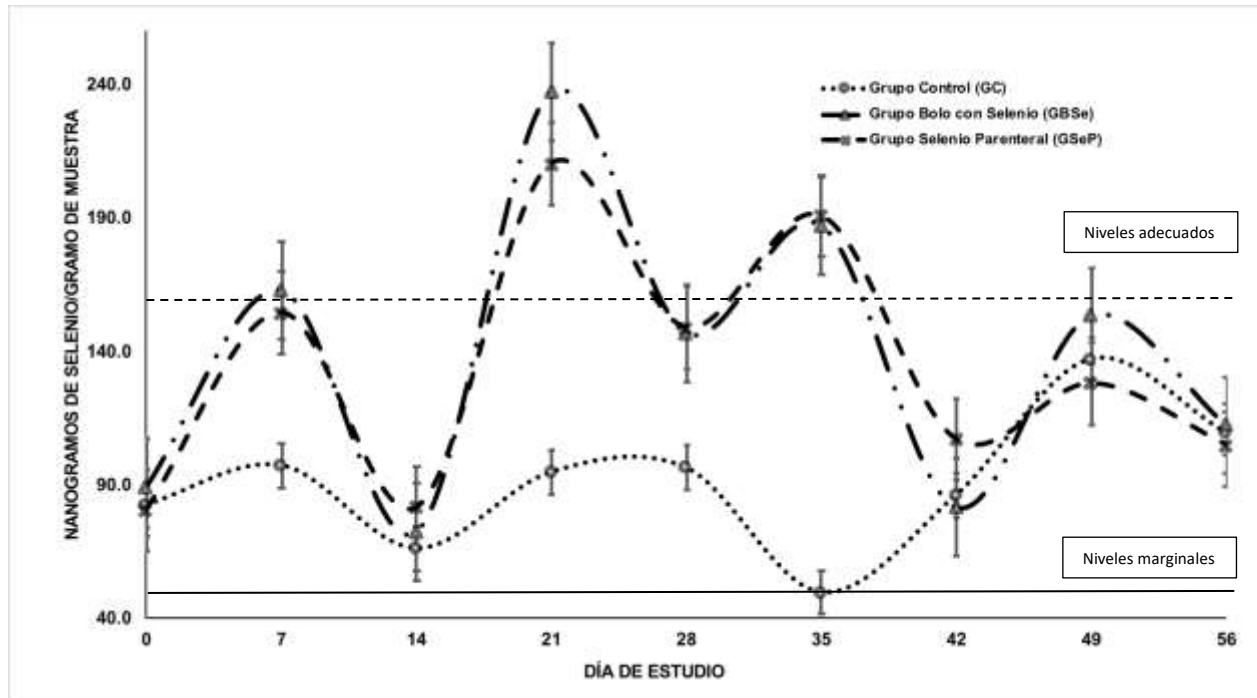
Día	Grupo Bolo Selenio (GBSe)	Grupo Selenio Parenteral (GSeP)	Control (C)	Significancia
0	0	0	0	NS
7	0.060±0.101	0.307±0.084	1.713±0.994*	*
14	0.300±0.200	-0.100±0.310	-0.700±0.300*	*
21	0.167±0.167	0.833±0.167*	0.500±0.000	*
28	2.167±0.088*	1.400±0.305	1.500±0.000	*
35	0.833±0.328	0.700±0.305	0.633±0.067	NS
42	0.733±0.067*	0.233±0.120	0.300±0.000	*
49	0.467±0.145	0.500±0.115*	0.233±0.145*	*
56	3.567±0.348*	3.933±0.133*	1.667±0.437	*

GBSe, selenio aplicado en bolo intrarruminal, GSeP, selenio parenteral, NS, no significativo ( $p > 0.05$ ), \* diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

En la fig. 1 sobre la concentración de Se en los grupos de estudio, se observa que para el día 0 no hay diferencia entre grupos ( $p > 0.05$ ) promediando 84.115 ng de Se por g de muestra. Para el día 7 los grupos suplementados tienen en promedio mayores niveles de Se, con una diferencia significativa con GC ( $p < 0.05$ ) (158.617 ng vs 97.256 ng); en el día 14 no se observan diferencias en las concentraciones de Se en eritrocitos en los grupos de estudio con un promedio de 73.359 ng; en el día 21 se observa que los grupos suplementados tienen en promedio mayores concentraciones de Se sin diferencia significativa entre ellos ( $p > 0.05$ ), pero significativamente diferentes a GC ( $P < 0.05$ ) (223.668 ng vs 94.720 ng); lo mismo sucede para el día 28 (147.836 ng vs 96.310 ng) y en el día 35 (188.890 ng vs 49.707 ng). Del día 49 al 56 no se observan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre grupos promediando 91.614 ng, 139.457 ng y 108.869 ng respectivamente.

En la fig. 2 se observan las absorbancias obtenidas para IgG en suero de los grupos de estudio. Del día 0 al día 28 no se observan diferencias significativas en los grupos de estudio ( $p > 0.05$ ); a partir del día 35 y hasta el día 49 se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los grupos suplementados con Se y GC; en el día 35 los grupos suplementados con Se promedian 1.096 de absorbancia a diferencia de GC que tiene 0.839 para IgG; en el día 42 los grupos suplementados presentan mayores

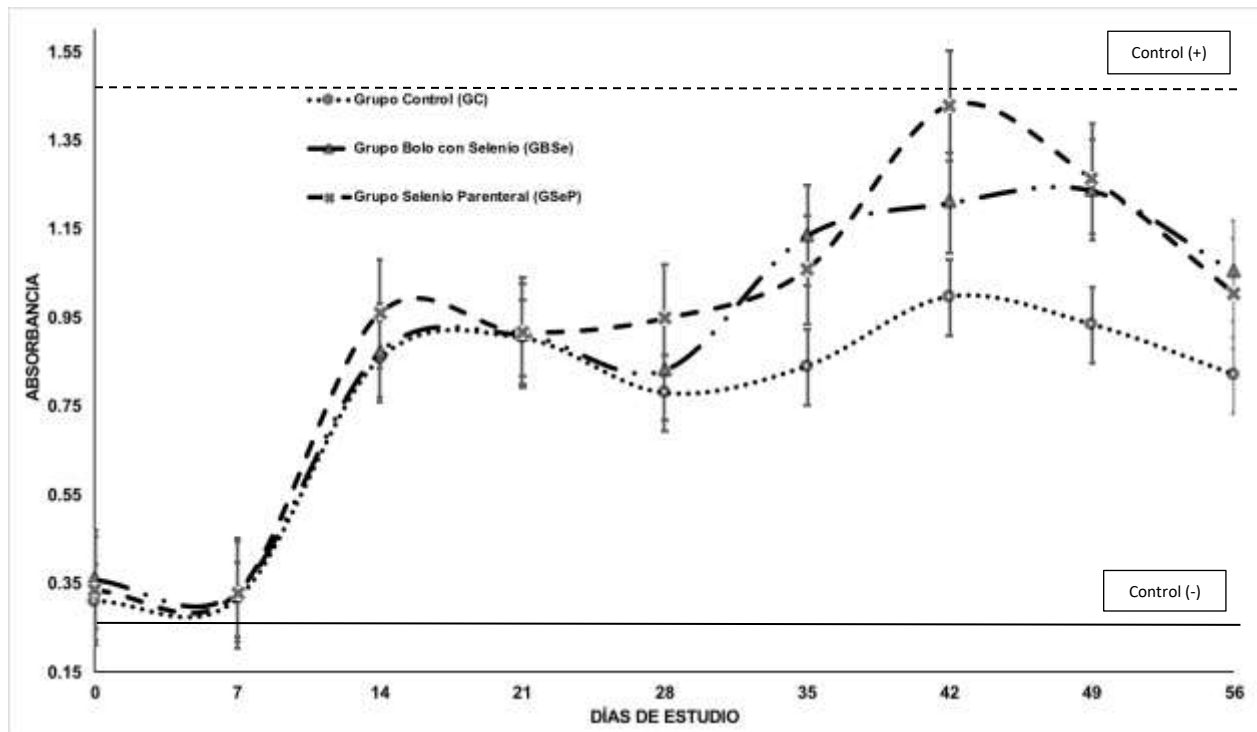
absorbancias que GC ( $p < 0.05$ ), promediando 1.318 contra GC de 0.996; En el día 49 GBSe y GSeP presentan una absorbancia promedio de 1.251 y el GC tiene una absorbancia 0.934; en el día 56 no se observan diferencias significativas para los grupos de estudio ( $p > 0.05$ ), promediando una absorbancia de 0.960.



**Figura 1. Concentración de selenio en eritrocitos en los grupos de estudio, la línea inferior muestra los niveles marginales de selenio para pequeños rumiantes y la línea punteada superior los niveles adecuados reportados. No se muestran los niveles tóxicos IGG**

## DISCUSIÓN

Los bolos intrarruminales tienen la ventaja de liberar el principio activo que esté conteniendo por periodos más prolongados de tiempo que cuando se suplementa en forma parenteral, por lo que pueden resultar más seguros; por ejemplo, en la prevención de la deficiencia de selenio sin tener que administrar periódicamente el mineral a los animales. Sin embargo, existe la posibilidad de que los animales regurgiten el bolo, lo partan y lo deglutan nuevamente, liberando el principio activo como el selenio en forma inmediata, pudiendo existir riesgo de intoxicación. Para evitar esto, se utilizan dos tipos de cualidades, una tiene que ver con el uso de la densidad, la cual asegura que el objeto se mantendrá cerca del fondo del retículo-rumen y la otra con la forma geométrica, que reduce las posibilidades de regurgitación (Vandamme y Ellis, 2004).



**Figura 2. Absorbancias para IgG en suero de los grupos de estudio, en el experimento la línea continua inferior, muestra la absorbancia del control negativo y la línea discontinua superior muestra la absorbancia para el control positivo.**

Los bolos fabricados para este trabajo, cumplieron con las características de densidad requeridas para evitar la regurgitación, Cardinal, 2000, menciona que densidades entre 2-3.5g/ml evitan la regurgitación de los bolos. En este trabajo los bolos presentaron una densidad de 2.665g/ml, por lo que entran dentro del rango requerido para prevenir la expulsión del bolo, lo cual no se observó en este trabajo. En lo que se refiere a la forma geométrica, esta resultó ser adecuada para la administración en cabritos, el bolo fue administrado fácilmente de forma manual sin la necesidad de algún instrumento especializado; no se lesionó la mucosa oral de los animales, ni se lastimó el esófago de los mismos. Por último, la dureza de los bolos garantiza que no se fracturen durante la administración; la dureza obtenida para estos bolos fue de 25.017, lo cual resultó ser eficaz, ya que no se presentaron fracturas por la manipulación del bolo o por la administración de los mismos.

Con la aplicación de bolos intrarruminales, se busca reducir la frecuencia de tratamientos, la mano de obra para el manejo de los animales y la administración del medicamento; se busca también que el tratamiento sea eficiente, que disminuyan los efectos traumáticos y estresantes para el animal, que ofrezca disponibilidad por periodos prolongados y que disminuyan los efectos colaterales al mínimo, en particular la posible intoxicación. Cabe mencionar que en lo que respecta a los parámetros productivos, se observó en este

trabajo que el consumo de alimento no presentó diferencias significativas en los grupos de estudio ( $p > 0.05$ ),

En el trabajo realizado por Simoes Cortinhas *et al.*, 2012, en vacas lecheras suplementadas con selenio, no encuentran diferencias significativas en el consumo de alimento, como sucedió en el presente experimento. Por lo que se considera que aunque este parámetro no se vio influenciado de forma positiva en este estudio, la medición del consumo de alimento tal vez pueda servir en este experimento como indicador de que los animales no recibieron dosis tóxicas de Se, ya que cuando esto ocurre, el consumo de alimento se ve afectado de forma negativa como lo menciona Lopez-Arellano *et al.*, 2015. En lo que respecta a la evaluación de la ganancia de peso, en el día 14 GC pierde peso de manera significativa ( $p < 0.05$ ), a diferencia de los grupos suplementados; es a partir del día 21 que los animales suplementados con Se tienen mejores ganancias de peso que GC, hasta el final del experimento en el día 56 ( $p < 0.05$ ).

En trabajos hechos sobre el peso y la ganancia de peso de los animales con respecto a la suplementación de selenio Chauhan *et al.*, 2016, observaron que corderos suplementados con Se presentaban mejores ganancias de peso que el grupo control. Por otro lado, Cristaldi *et al.*, 2005, no encontraron diferencias en los pesos promedio de ovejas castradas al final de su experimento; sin embargo, no se midieron las ganancias de peso como en el presente experimento, por lo que aunque hay reportes de efectos positivos en lo que se refiere la suplementación de Se sobre la ganancia de peso, también hay resultados no favorables sobre este parámetro. Qin *et al.*, 2007 explica que en muchos trabajos no se ha observado algún efecto de la suplementación de Se sobre la ganancia de peso, cuando en la dieta hay concentraciones normales o marginales de Se.

En este trabajo los animales no tenían concentraciones marginales de Se en eritrocitos, debido a la cantidad de Se en la dieta ( $1.11 \mu\text{gSe/g}$  de muestra), lo que pudiera explicar la falta de diferencias en los parámetros productivos, como la ganancia de peso o el consumo de alimento. Por otro lado, en lo que se refiere a la estimación de selenio en muestras biológicas, Stefanowicz *et al.*, 2013 mencionan que aunque el plasma es comúnmente utilizado como indicador en los estudios sobre el estatus de Se en el organismo, este puede decaer rápidamente, independientemente del estatus real del mineral en el organismo durante fases agudas de respuesta; mientras que los ensayos sobre niveles de Se en eritrocitos son más robustos y las concentraciones no se ven afectadas por factores como la respuesta inflamatoria sistémica.

Qin *et al.*, 2007, mencionan que el análisis se podría hacer en sangre completa, ya que la hemólisis de los eritrocitos durante el manejo de la muestra podría causar falsos valores altos en plasma. Por lo que hacer estudios de niveles de Se en eritrocitos resulta ser una buena opción para evitar falsos niveles, como resultado de un mal manejo de la muestra. En lo que respecta a la suplementación, se observó que hubo un aumento

significativo de los niveles de selenio en los grupos suplementados por las dos vías a partir del día 14 ( $p < 0.05$ ). En el estudio hecho por Van Ryssen *et al.*, 2013, mencionan que los pequeños rumiantes por debajo de 50 ng de Se por g de fluido, se consideran marginalmente deficientes y por debajo de este valor pudiera haber repercusiones en la salud de los rumiantes.

Los animales del presente estudio empezaron el experimento con un promedio de 84 ng de Se por gramo de muestra, los cuales son niveles cercanos a los marginales. Para el día 28 los animales suplementados con Se llegan a su máximo nivel, con un promedio de 147 ng de Se, pudiendo ser considerados niveles adecuados, tomando en cuenta los que hay reportados en suero y sangre completa; por lo que se considera entonces que, en el presente trabajo, la suplementación de Se logró aumentar los niveles del mineral en los animales hasta niveles adecuados en eritrocitos, aunque sin diferencias entre las dos formas de suplementación. Para este trabajo se planteó que la suplementación de Se a través de dos vías de administración, tendrían diferencias en las concentraciones de Se eritrocitarias; sin embargo, no se observaron diferencias asociadas a la vía de suplementación, aunque hay que mencionar que la vía parenteral necesitó de dos administraciones con intervalos de 15 días para mantener los niveles en eritrocitos; esto pudiera ser una desventaja con respecto al bolo, ya que el bolo solo requirió de una administración y no hubo regurgitación en este estudio.

En el trabajo hecho por Gutiérrez Olvera *et al.*, 2005 en ovejas, se utilizaron bolos de 5 g con 50 mg de Se para liberación intrarruminal, los cuales mantuvieron la liberación de Se hasta el día 120, con concentraciones de Se en los animales de 148 ng/g de muestra. En nuestro trabajo al día 28 se obtuvo un promedio 147 ng de Se/g de muestra para las dos vías de suplementación, por lo que para este trabajo ambas vías parecen ser eficaces para el mantenimiento de niveles adecuados de Se en cabritos; sin embargo, solo se midieron estos niveles por 56 días, por lo que se requeriría de un estudio más prolongado para conocer el comportamiento del bolo. Por otro lado, la dosis parenteral recomendada por Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2004 de 0.25 mg/kg de peso vivo logró aumentar los niveles de Se en eritrocitos hasta alcanzar niveles adecuados, como lo demuestran los resultados obtenidos. El autor menciona que la seguridad de la dosis de Se para los animales, depende de la concentración del mineral en sangre antes de administrar los tratamientos.

En el trabajo hecho por Davy *et al.*, 2016, se evaluaron tres diferentes métodos para la suplementación de Se en rumiantes: a través de premezclas, inyección subcutánea y bolos intrarruminales, el experimento duró 90 días y encontró que la mejor forma de suplementación de Se es a través de los bolos intrarruminales, los cuales mantuvieron niveles adecuados de Se en sangre por más tiempo que la inyección subcutánea, el autor menciona que la inyección puede ser un método más fácil en lo que se refiere a la resistencia del ganado a la administración del bolo, habilidad del manipulador y a veces

tiempo; sin embargo, el bolo es más eficaz por la menor manipulación de los animales, menor estrés y costo de mano de obra.

En lo que se refiere a la respuesta inmunológica humoral, no se observaron diferencias significativas en las absorbancias de IgG en los grupos de estudio los primeros 28 días del experimento ( $p > 0.05$ ); sin embargo, los grupos suplementados con Se muestran absorbancias significativamente mayores para IgG a partir del día 28 después de la administración de la bacterina-toxoide y hasta el final del experimento. En el trabajo hecho por Rodinova et al., 2008 se suplementó a ovejas con Se y se midieron las concentraciones de IgG en las madres y sus crías, encontrando que los animales suplementados tenían mayores concentraciones de IgG que los animales no suplementados. Alhidary et al., 2016, evaluaron el estatus antioxidante y la respuesta inmune en camellos suplementados con bolos de acción prolongada, encontrando datos similares a los nuestros en lo que se refiere al comportamiento de los anticuerpos después del desafío antigénico.

Alhidary et al., 2016, encontraron que en la primera inmunización no se observan diferencias en los grupos suplementados y los controles, después de la segunda inmunización se observan mayores diferencias entre los grupos suplementados y los no suplementados. Los autores mencionan que los minerales traza son capaces de regular la respuesta inmune, por lo que muchas veces son utilizados como inmunoestimulantes, teniendo importancia en la respuesta inmune tanto innata como adaptativa; lo cual pudo ser observado a través de la respuesta inmune humoral.

### CONCLUSIONES

En el presente trabajo el consumo de alimento no se vio influenciado de forma significativa por la suplementación de selenio. En lo que se refiere a la ganancia de peso tampoco se observó diferencia significativa clara entre los grupos de estudio; sin embargo, se lograron aumentar las concentraciones de selenio en eritrocitos en los animales suplementados; aunque no se observaron diferencias entre las formas de suplementación. Por último, la respuesta inmune humoral aumentó con la suplementación de Se.

### LITERATURA CITADA

ALHIDARY IA, Abdelrahman MM, Uallh Khan R, Harron RM. 2016. Antioxidant status and immune responses of growing camels supplemented a long-acting multi-trace minerals rumen bolus. *Ital. J. Anim. Sci.* 15:343–349. doi:10.1080/1828051X.2016.1186502.

CARDINAL JR. 2000. Intraruminal controlled release boluses. *Controlled Release Veterinary Drug Delivery: Biological and Pharmaceutical Considerations*, 51–82. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82992-4.X5018-7>

CHAUHAN SS, Ponnampalam EN, Celi P, Hopkins DL, Leury BJ, Dunshea FR,. 2016.

High dietary vitamin E and selenium improves feed intake and weight gain of finisher lambs and maintains redox homeostasis under hot conditions. *Small Rumin. Res.* 137:17–23. doi:10.1016/j.smallrumres.2016.02.01.

CRISTALDI LA, McDowell LR, Buergelt CD, Davis PA, Wilkinson NS, Martin FG. 2005. Tolerance of inorganic selenium in wether sheep. *Small Rumin. Res.* 56:205–213. doi:10.1016/j.smallrumres.2004.06.001.

DAVY J, Forero L, Tucker T, Mayo C, Drake D, Maas J, Oltjen J. 2016. Efficacy of selenium supplementation method in California yearling beef cattle and resulting effect on weight gain. *Calif. Agric.* 70:187–193. doi:10.3733/ca.2016a0016

EDWARDS LJ, Overend DJ, Ellis KJ. 2011. Selenium supplementation: Confirmation of an effective 5-year delivery system for sheep. *Small Rumin. Res.* 95:184–187. doi:10.1016/j.smallrumres.2010.09.008.

GHANY-HEFNAWY AEI, López-Arellano R, Revilla-Vázquez A, Ramírez-Bribiesca E, Tórtora-Pérez J. 2007. The relationship between fetal and maternal selenium concentrations in sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 73:174–180. doi:10.1016/j.smallrumres.2007.01.020.

GUTIÉRREZ OLVERA C, Spross Suárez A, Rosiles Martínez R, Ducoing Watty A, Ortiz Hernández A. 2005. Blood and fecal selenium in sheep with the use of inorganic intraruminal boluses. *Vet. Méx.* 36:313–324. <http://veterinariamexico.unam.mx/index.php/vet/article/view/147>

HAENLEIN GFW, Anke M. 2011. Mineral and trace element research in goats: A review. *Small Rumin. Res.* 95:2–19. doi:10.1016/j.smallrumres.2010.11.007.

HEFNAWY AEG, Tórtora-Pérez JL. 2010. The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Rumin. Res.* 89:185–192. doi:10.1016/j.smallrumres.2009.12.042.

KRUZHEL B, Vovk S, Małgorzata B, Nowakowska E, Sergei P. 2014. Selenium in the diet of ruminants. *Acta Sci. Pol., Zootech.* 13:5–16. [http://asp.zut.edu.pl/2014/13\\_4/asp-2014-13-4-256.pdf](http://asp.zut.edu.pl/2014/13_4/asp-2014-13-4-256.pdf)

LESCURE A, Rederstorff M, Krol A, Guicheney P, Allamand V. 2009. Selenoprotein function and muscle disease. *Biochim. Biophys. Acta.* 1790(15):69–74. doi:10.1016/j.bbagen.2009.03.002.

LOPEZ-ARELLANO R, Ramirez-Bribiesca JE, Jaimes-Miranda J, Tortora-Perez JL, Revilla-Vazquez AL, Rodriguez-Patiño G, Montaña-Gomez MF. 2015. Pathophysiological response to experimental oral overdose of different forms of selenium in lambs. *Ann. Anim. Sci.* 15:655–666. doi:10.1515/aoas-2015-0016.

MAREK K, Stanislaw B. 2013. Selenium: Significance, and outlook for supplementation. *Nutrition*. 29:713–718. doi:10.1016/j.nut.2012.11.012.

MORALES-ALVAREZ FJ, Jaramillo-Meza L, Oropeza-Vázquez Z, Tórtora-Pérez JL, Trigo-Tavera FJ, Espino-Rosas G. 1993. Evaluación experimental de un inmunógeno de *Pasteurella haemolytica* en corderos. *Vet. Méx.* 24:97–105. <http://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=12524>

QIN S, Gao J, Huang K. 2007. Effects of different selenium sources on tissue selenium concentrations, blood GSH-Px activities and plasma interleukin levels in finishing lambs. *Biol. Trace Elem. Res.* 116:91–102. doi:10.1007/s12011-007-9019-x.

RAMÍREZ-BRIBIESCA E, Hernández-Camacho E, Hernández-Calva LM, Tórtora-Pérez JL. 2004. Efecto de un suplemento parenteral con selenito de sodio en la mortalidad de corderos y los valores hemáticos de selenio. *Agrociencia*. 38:43–51. ISSN: 14053195

RAMÍREZ-BRIBIESCA JE, Tórtora JL, Hernández LM, Huerta M. 2001. Main causes of mortalities in dairy goat kids from the Mexican plateau. *Small Rumin. Res.* 41:77–80. doi:10.1016/S0921-4488(01)00191-2.

RODINOVA H, Kroupova V, Travnicek J, Stankova M, Pisek L. 2008. Dynamics of IgG in the blood serum of sheep with different selenium intake. *Vet. Med. (Praha)*. 53:260–265. ISSN: 03758427.

SILVA JH, Quiroga MA, Auza NJ. 2000. Selenio en el rumiante. Relaciones suelo, planta, animal. *Med. Vet.* 17:229–246. ISSN: 0212-8292

SIMOES CORTINHAS C, de Freitas Junior JE, de Resende Naves J, de Felicio Porcionato MA, Prada e Silva LF, Palma Rennó F, Veiga dos Santos M. 2012. Organic and inorganic sources of zinc, copper and selenium in diets for dairy cows intake, blood metabolic profile, milk yield and composition. *Rev. Bras. Zootec.* 41:1477–1483. ISSN: 1806-9290

STEFANOWICZ FA, Talwar D, O'Reilly DSJ, Dickinson N, Atkinson J, Hursthouse AS, Rankin J, Duncan A. 2013. Erythrocyte selenium concentration as a marker of selenium status. *Clin. Nutr.* 32:837–842. doi: 10.1016/j.clnu.2013.01.005.

VAN RYSSSEN, JBJ, Coertze RJ, Smith MF. 2013. Time-dependent effect of selenium supplementation on the relationship between selenium concentrations in whole blood and plasma of sheep. *Small Rumin. Res.* 112:85–90. doi:10.1016/j.smallrumres.2012.10.008.

VANDAMME TF, Ellis KJ. 2004. Issues and challenges in developing ruminal drug delivery systems. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 56:1415–36. doi:10.1016/j.addr.2004.02.011.

## **Bovinos intoxicados por *Melochia pyramidata* en Colima, México**

Intoxication due to the consumption of huinar (*Melochia pyramidata*) in bovine of Colima, Mexico

**Ruíz-Ramírez Johnatan**<sup>1</sup> [jruiz7@ucol.mx](mailto:jruiz7@ucol.mx), **García-Valle Jorge**<sup>1</sup> [jgarcia22@ucol.mx](mailto:jgarcia22@ucol.mx)

**Montoya-Ménez Celic**<sup>3</sup> [cemz\\_12@hotmail.com](mailto:cemz_12@hotmail.com), **Hernández-Rivera Juan**<sup>1</sup>

[jhernandez2@ucol.mx](mailto:jhernandez2@ucol.mx), **Ramírez-Romero Rafael**<sup>4</sup> [raramirez@prodigy.net.mx](mailto:raramirez@prodigy.net.mx), **García-Márquez**

**Luis**<sup>\*1,2</sup> [ljgm\\_cmv@hotmail.com](mailto:ljgm_cmv@hotmail.com)

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. México. <sup>2</sup>Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario, Universidad de Colima. México. <sup>3</sup>Departamento de Patología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. <sup>4</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. \*Autor responsable y de correspondencia: García-Márquez Luis. Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, Carretera Colima-Manzanillo Km 40. Colonia: La Estación. CP. 28100 Tecomán, Colima, México.

### **RESUMEN**

Con el propósito de describir las condiciones patológicas de bovinos intoxicados por consumir huinar (*Melochia pyramidata*) en Colima, México, se presentan tres casos de animales con signos de incoordinación, ataxia, parálisis del tren posterior, postración y muerte, sospechosos de rabia paralítica bovina. Se realizaron estudios complementarios de hematología, necropsia, histopatología e inmunofluorescencia, además se colectaron plantas de *M. pyramidata* para determinar la presencia de alcaloides. Macroscópicamente se observó edema en múltiples órganos, luego, se detectó leucocitosis por neutrofilia y anemia normocítica normocromática en sangre. Histopatológicamente el cerebro, cerebelo, médula oblonga y espinal, así como nervios periféricos, presentaron degeneración axonal y áreas de desmielinización. En prueba histológica sin evidencia de lesiones, negativo a virus rábico en prueba de inmunofluorescencia y se detectó la presencia de alcaloides en *M. pyramidata*. Por lo tanto, el consumo de alcaloides a través de *Melochia pyramidata* provoca enfermedad nerviosa en bovinos que ayuda en el diagnóstico diferencial de rabia paralítica bovina. Finalmente, la descripción de este caso puede ayudar a identificar la flora tóxica del occidente de México.

**Palabras clave:** plantas tóxicas, intoxicación, huinar, *Melochia pyramidata*, bovinos.

### **ABSTRACT**

The purpose of this document was to describe three cases of cattle with posterior paralysis and nerve lesions caused by huinar consumption (*Melochia pyramidata*), in Colima, Mexico. In September 2017, three cases of cattle with incoordination, ataxia, paralysis posterior, prostration, and death were presented, with suspicion of bovine paralytic rabies. Complementary studies of hematology, necropsies, histopathology, and immunofluorescence were performed, and *M. pyramidata* plants were collected for the detection of alkaloids. Leukocytosis was detected by neutrophilia and normocytic normochromic anemia. The macroscopic findings were the presence of edema in multiple organs. Histopathologically the brain, cerebellum, spinal and oblongata cord, as well as peripheral nerves, presented axonal degeneration and areas of demyelination. Negative to the rabies virus by immunofluorescence and without histological lesions. Three types of alkaloids were determined in *M. pyramidata*. The report of these cases can help to identify the toxic flora of the region and to consider this plant as a differential diagnosis of bovine paralytic rabies.

**Keywords:** toxic plants, huinar, *Melochia pyramidata*, cattle, toxicity.

## INTRODUCCIÓN

México cuenta con 197 millones de hectáreas, el 27% de la superficie es de zonas tropicales, que tienen ganadería destinada a la producción de carne y doble propósito (carne-leche). El sistema de producción en el trópico seco es de vaca-becerro, desarrollo en pradera, engorda en pastoreo y corral; mientras en el trópico húmedo el sistema es vaca-becerro (doble propósito), engorda en pastoreo y en corral.

La producción de carne de bovino en nuestro país se concentra en Jalisco (14%), Veracruz (14%), Sonora y Tamaulipas (5%), Chiapas, Tabasco, Durango y Chihuahua (4%). Colima ocupa el lugar 26° a nivel nacional (SAGARPA, 2014). A pesar de la importancia de la actividad ganadera, la problemática asociada a la intoxicación del ganado por vegetales, ha sido poco estudiada en México; y es causa de pérdidas económicas que afectan seriamente a los productores (enfermedades, defectos físicos, abortos y muerte).

Entre los principales químicos que contienen las plantas que intoxican al ganado, se encuentran: alcaloides, glucósidos (cianogénicos o saponinas), aceites irritantes, ácidos orgánicos, minerales (nitratos, selenio y molibdeno), resinas o resinoides, fitotoxinas y principios tóxicos que ocasionan fotosensibilidad; algunas plantas contienen dos o más principios tóxicos. Las principales especies que contienen alcaloides tóxicos para el ganado bovino, son: Hierba ceniza (*Senecio longilobus*), Chilicote ó colorín (*Erythrina flabeliformis*), Lupinos (*Lupinus sparsiflorus*, *L. concinnus*), Espuelita (*Delphinium scaposum*), Toloache (*Datura meteloides*), Juan loco (*Nicotiana glauca*), Tabaco de coyote (*Nicotiana trigonophylla*), Hierba loca (*Astragalus* spp.), Cardo (*Argemone mexicana*), Garbancillo (*Crotalaria pumila*), Huinar y escobilla silvestre ó escobilla morada (*Melochia pyramidata*) (Sáenz, 1964; Breuer *et al.*, 1982; Bruneton, 2001; Tokarnia, 2002; Haraguchi, 2003).

El huinar (*M. pyramidata*), es una hierba perenne y pertenece a la familia Sterculiaceae, es una planta de 1 hasta 1.5 metros de altura, muy ramificada; posee flor de color morada, y de ahí se deriva uno de sus nombres comunes. Los tallos son de consistencia suave pero muy resistentes; las hojas tienen de 3-7 cm de largo, son delgadas, de color verde, con pelos estrellados y esparcidos; los bordes son dentados y el tallito de la hoja es liviano. Las flores casi siempre son pediceladas, dispuestas en cimas frecuentemente umbeladas que salen de las axilas de las hojas; el cáliz es lobulado de 3 a 4 mm de largo, los pétalos son de color entre violeta y rosado, miden de 6 a 8 mm. Los frutos son cápsulas más anchas que largas, y tienen entre 5-6 mm de longitud, su forma es piramidal. La escoba morada tiene amplio rango de distribución; se encuentra hasta en alturas de 1200 metros, en sitios libres de vegetación alta y densa, como superficies destinadas a cultivos anuales, huertas en descanso periódico, tierras pobres no cultivadas, bordes de caminos y carreteras (Breuer *et al.*, 1982; Baudilio, 2009). En

México *M. pyramidata* se ha encontrado en los estados de Campeche, Colima, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Avendaño y Flores, 1999).

Las partes aéreas de la planta contienen Melochinina, del grupo de los alcaloides piridínicos y producen parálisis, braquicardia, hipotensión y muerte. Causa parálisis del tren posterior, fotofobia notable, ulceraciones en mucosas, estreñimiento severo y muerte (Breuer *et al.*, 1982). Sin embargo, los estudios referentes a esta planta tóxica son escasos, no se conoce la patogenia de sus efectos, los signos y las lesiones que produce sobre el ganado. En México no existen reportes publicados de las lesiones asociadas al consumo de *M. pyramidata*.

El objetivo fue describir tres casos de bovinos intoxicados por *Melochia pyramidata* en el Estado de Colima, México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los casos se presentaron en septiembre de 2017 en el municipio de Armería, Colima (localizado entre los paralelos 18°51' y 19°09' de latitud norte; los meridianos 103°53' y 104°08' de longitud oeste; altitud entre 0 y 1200 m) (INEGI, 2009). La unidad productiva estaba compuesta por 200 animales cruce de Cebú, en condiciones corporales pobres (2/5). Los animales pastaban en praderas de temporal con pasto Guinea, sin suplemento alimenticio adicional. En todas las praderas había plantas de huinar morado, con evidencia de consumo de sus hojas y sus tallos.

Tres animales presentaron signos clínicos de origen nervioso, manifestados en forma inicial por la dificultad para levantar los miembros pélvicos durante la marcha e incoordinación (ataxia). La marcha se fue agravando hasta presentar parálisis del tren posterior (derrengados) y postración; los animales no mostrarón pérdida del sentido y de apetito, consumiendo forraje verde y agua. Las constantes fisiológicas se encontraban normales (frecuencia respiratoria 36/minuto, frecuencia cardíaca 52/minuto y temperatura 38°C). De cada animal enfermo se colectaron 5 ml de sangre periférica en tubo vacutainer con anticoagulante, para pruebas de hematología. Entre 3 y 5 días los animales se postraron sin dejar de comer forraje verde y agua; finalmente murieron. Los cadáveres se remitieron al Laboratorio de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima, para su estudio *post-mortem*.

En la necropsia, el hemisferio cerebral derecho de cada animal se colocó en un frasco estéril y fue remitido al Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de Colima, para diagnóstico de rabia por inmunofluorescencia directa. En la revisión del aparato digestivo, el rumen se encontró pletórico con forraje de Guinea, entremezclado con hojas de huinar semidigeridas. Asimismo, las muestras de varios órganos fueron fijadas en

formalina bufferada-neutra al 10% para histopatología. Los tejidos fijados fueron procesados para su inclusión en parafina, cortados a 5 µm de grosor y teñidos con Hematoxilina-Eosina (HE). También las muestras de cerebro, cerebelo, médula oblonga, segmento toraco-lumbar de médula espinal y nervios ciáticos, fueron teñidas con la tinción de Luxol fast blue (Prophet *et al.*, 1995). Las plantas (hojas, tallos y flores) de *M. pyramidata* se remitieron al laboratorio de toxicología de la FMVZ-UNAM para determinar alcaloides, por el método de extracción, purificación y fraccionamiento del extracto para ácidos, básicos y neutros (Repetto y Repetto, 2009).

## RESULTADOS

Las plantas recolectadas presentaron tallos color café, resistentes; sus hojas midieron de 3 a 7 cm de largo, delgadas, de color verde, con pelos estrellados y de bordes dentados. Las flores eran moradas y pediceladas, dispuestas en cimas frecuentemente umbeladas que salen de las axilas de las hojas; el cáliz era lobulado de 3 a 4 mm de largo; los pétalos eran de color entre violeta y rosado y midieron de 6 a 8 mm, (figuras 1-3).

En los estudios de hematología se determinó leucocitosis por neutrofilia, anemia normocítica normocrómica, y los frotis sanguíneos fueron negativos para la presencia de *Babesia* sp y *Anaplasma* sp. En la necropsia de los 3 bovinos, todo el tejido subcutáneo exhibía edema (anasarca). La cavidad torácica y abdominal estaban ocupadas por cantidades variables de líquido blanco-traslúcido (hidrotórax y ascitis respectivamente), el cual también era visible dentro del saco pericárdico (hidropericardio). El tejido adiposo pericárdico era escaso, suave y con aspecto de gelatina (atrofia serosa de la grasa). Asimismo, se encontró dilatación del ventrículo derecho y áreas pálidas dentro del miocardio, (figuras 4-6). Los cambios degenerativos y vasculares encontrados son consecuencias de la condición corporal y desnutrición de los animales. El resto de los órganos no presentó lesiones macroscópicas evidentes.

En el estudio histopatológico las lesiones fueron restringidas en cerebelo, médula oblonga, médula espinal, nervios periféricos y corazón. En el cerebro, cerebelo y médula oblonga, el neurópilo mostró múltiples vacuolas claras correspondientes a desmielinización (espongiosis) y en ellas, algunos axones se observaban intensamente eosinofílicos, tortuosos y tumefactos (degeneración axonal). En la porción ventral de la médula espinal, la sustancia blanca mostraba áreas similares a las descritas en cerebelo y médula oblonga. Los axones de nervios periféricos se observaban tortuosos, tumefactos (degeneración axonal) y rodeados por múltiples vacuolas claras (desmielinización), (figuras 7-11). Las áreas de desmielinización descrita en cerebelo, médula oblonga, médula espinal y nervios periféricos fueron evidentes mediante la tinción de Luxol fast blue, (figuras 13-15). En las secciones de corazón, a nivel del miocardio se

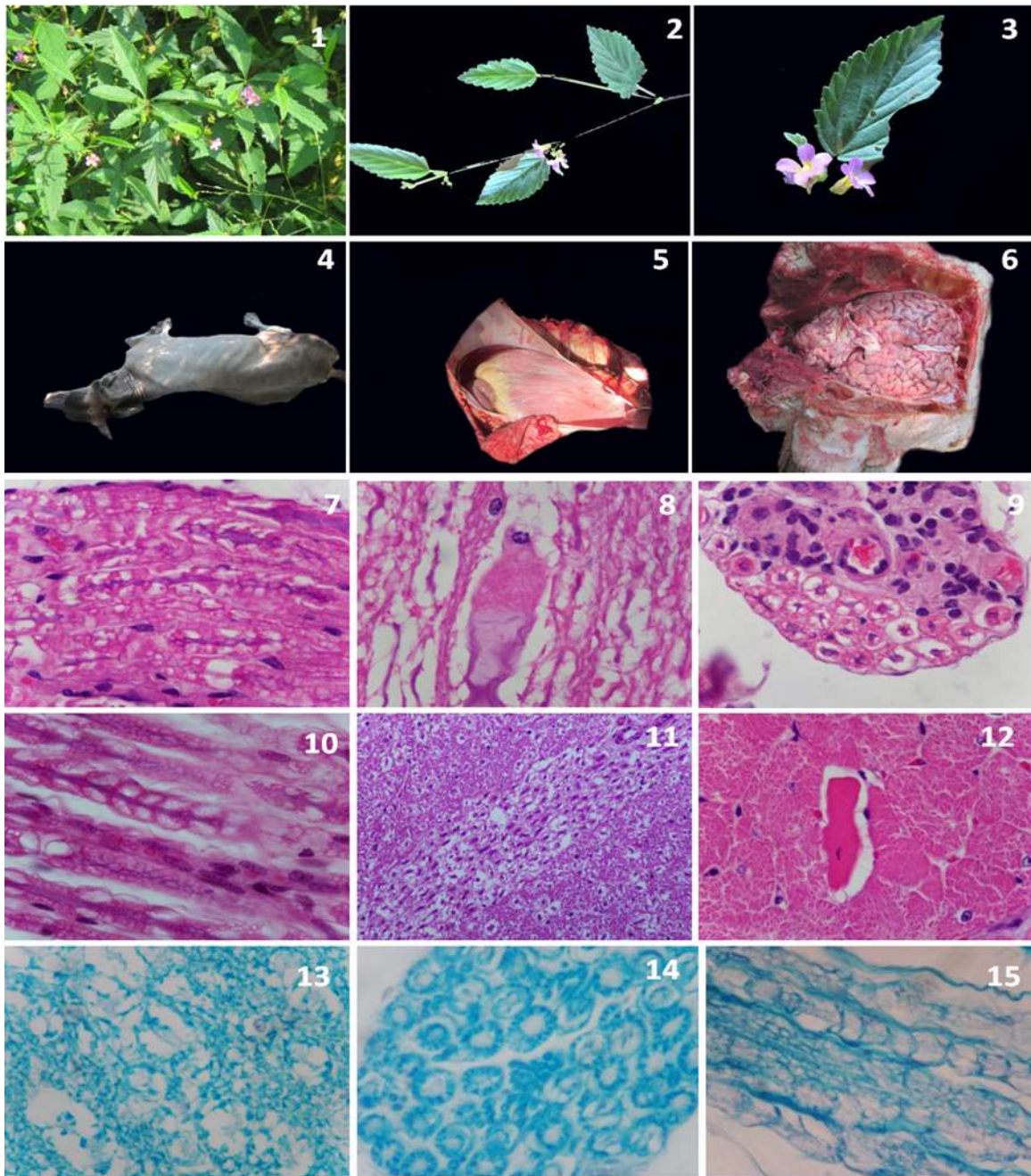
aprecian algunas zonas cuyos cardiomiocitos estaban retraídos, eosinofílicos, con pérdida de sus estriaciones y vacuolización del sarcoplasma (necrosis), (figura 12). El análisis de Inmunofluorescencia para la determinación del virus rábico fue negativo. En los estudios de toxicología se determinó la presencia de tres alcaloides diferentes (sin determinar su tipo) en los tallos, hojas y raíz de *M. pyramidata*.

## DISCUSIÓN

En México no se encontraron registros documentados y precisos sobre la intoxicación por huinar en ganado bovino, sin embargo, en el estado de Colima es un problema frecuente por la pérdida de animales. No es fácil obtener información acerca de los casos de intoxicación en el ganado, y se debe a que los informes son confusos e incompletos; además por la dificultad para identificar la flora tóxica de la región, por ganaderos y veterinarios (Avendaño y Flores, 1999).

Las características de la planta fueron consistentes con *M. pyramidata* y resultaron similares a las descritas por otros autores (Breuer *et al.*, 1982; Baudilio, 2009). En este caso se encontró evidencia de huinar semidigerida en el rumen, además a la revisión del potrero se determinó presencia y consumo de hojas y tallos. Esto se debe a que en época de secas los potreros son pobres en forraje, hay sobrepastoreo, por lo que la presencia y disponibilidad de la planta, así como la falta de suplementos alimenticios favorecen el consumo de esta planta (Avendaño y Flores, 1999; Bruneton, 2001; Haraguchi, 2003).

La enfermedad del ganado bovino por intoxicación de la escoba silvestre o huinar se conoce con el nombre de derrengue o derriengue. Aparece con mayor frecuencia en los meses de febrero, marzo y abril, cuando el pastoreo se torna más difícil, debido a la escasez de alimentos y de agua. Cuando en la pradera el pasto es escaso, por la falta de alimento adecuado, el ganado puede ingerirla e intoxicarse y hay que diferenciarla de: enfermedades infecciosas: bacterianas (listeriosis, meningoccefalitis trombótica, tétanos, botulismo), virales (rinotraqueitis infecciosa bovina, rabia, fiebre catarral maligna), parasitarias (babesiosis); enfermedades metabólicas (polioencefalomalacia, hipomagnesemia, desbalance metabólico Ca-P y cetosis); enfermedades tóxicas: plantas tóxicas (*Cynodon dactylon*, *Phalaris*, *Condalia microphylla*), encefalopatía hepatóxica, micotoxinas (*Neothyphodium lolii*, *Claviceps paspali*, *Diplodia maydis*); metales pesados y sustancias orgánicas (intoxicación con plomo, intoxicación con organofosforados e intoxicación con urea); además de lesiones traumáticas (Cantile y Youssef, 2016; Miller y Zachary, 2017).



**Figuras 1-3. Características de *M. pyramidata*.** En ella se puede apreciar la planta con tallo café; hojas verdes, delgadas y bordes dentados. De igual manera las flores son moradas y pediceladas, y muestran pétalos de color entre violeta y rosado. **Figura 4.** En esta imagen se puede apreciar uno de los animales remitidos, sin alteraciones externas. **Figura 5.** Obsérvese el hidropericardio y la degeneración epicárdica. **Figura 6.** Macroscópicamente el encéfalo no mostró alteraciones significativas. **Figuras 7-11.** Fotomicrografías correspondientes a encéfalo y uno de los nervios periféricos, en donde la sustancia blanca presenta vacuolización marcada (espongiosis) y degeneración axonal. Hematoxilina-Eosina (HE)/10 y 40X. **Figura 12.** Fotomicrografía de corazón la cual muestra algunos cardiomiocitos degenerados y necróticos. HE/10X. **Figuras 13-15.** Tinción especial de Luxol fast blue, en la que se evidencia las zonas de desmielinización descrita en encéfalo y nervios periféricos. 10 y 40X.

La parálisis o derrengue en el ganado bovino causado por la ingestión del huinar, es consecuencia de la presencia de alcaloides, como meloquinina (6-[(11R)-11-hydroxydodecyl]-3-methoxy-2-methyl-1H-pyridin-4-one), que se asemeja al Piericidin A (inhibidor de NADH deshidrogenasa). El efecto de la meloquinina es a nivel celular, dañando a la mitocondria, inhibiendo la cadena respiratoria y la síntesis de energía. La melochinina se absorbe en el aparato digestivo, se metaboliza y se distribuye a nivel plasmático, provocando parálisis del intestino, causando timpanismo. Otros efectos de este alcaloide son sobre el músculo cardíaco, células nerviosas y la retina; provocando fotofobia, ceguera y la hemeralopía o ceguera diurna, como ha sido reportado (Baudilio, 2009). Posteriormente afecta a los nervios de las extremidades posteriores, provocando una degeneración de las fibras nerviosas, originando parálisis por daño neuromuscular, provocando una despolarización lenta por velocidad reducida en los canales de Na y Ca (Breuer *et al.*, 1982; Bruneton, 2001; Haraguchi, 2003; Cristóbal, 2007; Armién *et al.*, 2009; Baudilio, 2009). No se observó reacción inflamatoria y enfermedad del músculo blanco, por lo que se descartó deficiencia de vitamina E o selenio. Las necrosis de las fibras cardíacas fueron asociadas a la presencia del alcaloide sobre los canales de Na y Ca (Armién *et al.*, 2009; Baudilio, 2009).

En algunos informes de bovinos intoxicados por escoba silvestre o huinar, no se detectaron lesiones histológicas del tejido nervioso, debido a la incorporación de la meloquinina en la membrana celular, que no conducen necesariamente a lesiones microscópicas detectables (Haraguchi, 2003); contrariamente a este estudio, donde las lesiones fueron degeneración y desmielinización de los nervios y médula espinal, quizá debido al consumo excesivo de la planta.

En Colima es frecuente la intoxicación por huinar en ganado bovino, causando su muerte. El informe de estos tres casos, puede ayudar a los ganaderos y veterinarios a identificar la flora tóxica de la región, conocer sus efectos, signos, lesiones y considerarlo como un diagnóstico diferencial de las enfermedades que afectan el sistema nervioso.

### LITERATURA CITADA

ARMIÓN AG, Peixoto PV, Tokarnia HC. 2009. Poisonous plants affecting livestock in Central America, with emphasis in Panamá. En: Riet CF, Pfister J, Schild AL, Wierenga T, Poisoning by plants, mycotoxins and related toxins. CAB International. Pag. 60-67. ISBN: 978-1-84593-833-8

AVENDAÑO RS, Flores GJ. 1999. Registro de plantas tóxicas para ganado en el estado de Veracruz, México. *Veterinaria México*. 30(1):79-94. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42330111>

BAUDILIO RJ. 2009. Revisión taxonómica del género de *Melochia* (Sterculiaceae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 32(1):1-61. ISSN: 0084-5906

- BREUER H, Rangel M, Medina E. 1982. Pharmacological properties of melochinine, an alkaloid producing Central American cattle paralysis. *Toxicology*. 25(2-3):223-242. [doi.org/10.1016/0300-483X\(82\)90032-4](https://doi.org/10.1016/0300-483X(82)90032-4)
- BRUNETON J. 2001. Plantas tóxicas. Vegetales peligrosos para el hombre y los animales. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pag. 540. ISBN: 8420009350
- CANTILE C, Youssef S. 2016. Nervous system. En: Jubb, Kennedy, and Palmer's, Pathology of domestic animals. Elsevier. St. Louis, Missouri. Pag. 250-406. ISBN: 978-0-7020-5317-7.
- CRISTÓBAL CL. 2007. Sterculiaceae de Paraguay. I. *Ayenia*, *Byttneria*, *Guazuma*, *Helicteres*, *Melochia* y *Sterculia*. *Bonplandia*. 16(1-2):5-142 [https://issuu.com/bonplandia/docs/2007bonplandia16\\_3\\_4\\_](https://issuu.com/bonplandia/docs/2007bonplandia16_3_4_)
- HARAGUCHI M. 2003. Plantas tóxicas de interesse pecuária. *Biológico (São Paulo)*. 65(1/2):37-39. [http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65\\_1\\_2/haraguchi.pdf](http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65_1_2/haraguchi.pdf)
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Armería, Colima Clave geoestadística 06001. Pag.1-9. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/06/06001.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/06/06001.pdf)
- MILLER DA, Zachary FJ. 2017. Nervous system. En: Pathologic basis of veterinary disease. Elsevier. St. Louis, Missouri. Pag. 805-907. ISBN: 978-0-323-35775-3.
- PROPHET EB, Mills B, Arrington JB, Sobin LH. 1995. Métodos histotecnológicos. Registro de patología de los Estados Unidos de América. Washington, D.C. Pag. 280. ISBN: 1-881041-21-2.
- REPETTO JM, Repetto KG. 2009. Sistemáticas analíticas toxicológicas. En: Repetto JM, Repetto KG, Toxicología fundamental. Diaz de Santos, España. Pag. 521-542. ISBN: 978-84-7978-898-8.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Atlas Agroalimentario. México. Pag.1-193. ISBN: 978-607-9350-03-1.
- TOKARNIA HC, Döbereiner J, Vargas PP. 2002. Poisonous plants affecting livestock in Brazil. *Toxicon*. 40:1635-1660. [doi.org/10.1016/S0041-0101\(02\)00239-8](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(02)00239-8)

# CONGRESO INTERNACIONAL ABANICO VETERINARIO, AGROFORESTAL Y PESQUERO



**Congreso Internacional Abanico**  
VETERINARIO, AGROFORESTAL Y PESQUERO®

<https://abanicoacademico.mx/congreso/congreso-internacional-abanico-veterinario-agroforestal-y-pesquero/>

**Su objetivo es crear un espacio en el que profesores, estudiantes, investigadores de las ciencias de la Agricultura, Forestal, Pesca, Acuicultura, Medicina Veterinaria y Producción Animal participen en sesiones, conferencias magistrales, mesas de trabajo para compartir experiencias y resultados de investigaciones y con ello contribuir al desarrollo del país y del mundo.**

**Los artículos serán escritos bajo las Indicaciones para los autores de la revista ABANICO VETERINARIO o de otras indicadas. Los mejores artículos serán propuestos (si los autores están de acuerdo) para su posible publicación en la revista ABANICO VETERINARIO u otra revista especializada. Enviar trabajos [abanicoveterinariocongreso@gmail.com](mailto:abanicoveterinariocongreso@gmail.com)**

**CONFERENCIAS  
PONENCIAS  
PRESENTACION DE LIBROS  
STAND COMERCIALES**