

**AGRO**  
PRODUCTIVIDAD

**AP**

 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**  
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Hábitat y densidad de nidos de la  
**Hormiga escamolera**  
(*Liometopum apiculatum* Mayr)  
en una UMA de Zacatecas, México

pág. 10

Año 10 • Volumen 10 • Número 5 • mayo, 2017

VARIABLES DEL HÁBITAT DE PASTIZAL ASOCIADAS A LA DENSIDAD DE AVES GRANÍVORAS EN MALPAÍS, DURANGO, MÉXICO	3
MODELO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR COEXISTENCIA Y SEGREGACIÓN TRÓFICA DE DOS FELINOS SIMPÁTRICOS: <i>Puma concolor</i> L. Y <i>Panthera onca</i> L.	18
USO DE AGUAJES POR EL PRINCIPAL UNGULADO CINEGÉTICO EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO	28
REPRODUCCIÓN, ESTRUCTURA, MOVIMIENTOS Y DENSIDAD DE COYOTES ( <i>Canis latrans</i> Say) BAJO CONTROL, EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO	33
TEMPERATURAS DE INCUBACIÓN Y PROPORCIÓN SEXUAL EN NIDOS DE TORTUGAS MARINAS DE LA PLAYA SAN JUAN CHACAHUA, OAXACA, MÉXICO	39
PRODUCTIVIDAD DE LA APICULTURA EN COMUNIDADES MAYAS DEL LITORAL CENTRO DE YUCATÁN, MÉXICO	46

y más artículos de interés...

PRECIO AL PÚBLICO \$75.00 PESOS

  
**COLEGIO DE  
POSTGRADUADOS**

# Guía para autores

## Estructura

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

## La estructura de la contribución será la siguiente:

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

## Formato

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

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

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

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

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

### Citas libros y Revistas:

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

Año 10, Volumen 10, número 5, mayo 2017, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: "en trámite", ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Subdirección de Organización y Cómputo del Colegio de Postgraduados, Dr. Martiniano Castro Popoca, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. Tel. 58045980 ext. 1035. Fecha de última modificación, 30 de mayo de 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Colegio de Postgraduados.



# Contenido

3	VARIABLES DEL HÁBITAT DE PASTIZAL ASOCIADAS A LA DENSIDAD DE AVES GRANÍVORAS EN MALPAÍS, DURANGO, MÉXICO
10	HÁBITAT Y DENSIDAD DE NIDOS DE LA HORMIGA ESCAMOLERA ( <i>Liometopum apiculatum</i> Mayr) EN UNA UMA DE ZACATECAS, MÉXICO
18	MODELO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR COEXISTENCIA Y SEGREGACIÓN TRÓFICA DE DOS FELINOS SIMPÁTRICOS: <i>Puma concolor</i> L. Y <i>Panthera onca</i> L.
28	USO DE AGUAJES POR EL PRINCIPAL UNGULADO CINEGÉTICO EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO
33	REPRODUCCIÓN, ESTRUCTURA, MOVIMIENTOS Y DENSIDAD DE COYOTES ( <i>Canis latrans</i> Say) BAJO CONTROL, EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO
39	TEMPERATURAS DE INCUBACIÓN Y PROPORCIÓN SEXUAL EN NIDOS DE TORTUGAS MARINAS DE LA PLAYA SAN JUAN CHACAHUA, OAXACA, MÉXICO
46	PRODUCTIVIDAD DE LA APICULTURA EN COMUNIDADES MAYAS DEL LITORAL CENTRO DE YUCATÁN, MÉXICO
51	IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE BACTERIAS EN <i>Eisenia foetida</i> Savigny CULTIVADAS, CON POTENCIAL DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES
57	NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICOS DE LISINA Y TREONINA DIGESTIBLES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO
63	MICRO Y NANOENCAPSULACIÓN: UNA PERSPECTIVA BIOTECNOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL
69	PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN EN VACAS ( <i>Bos indicus</i> ) UTILIZANDO SINCRONIZACIÓN DE ESTRO E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF)
73	USO DEL GOOGLE EARTH™ PARA EVALUAR LA PÉRDIDA DE CUBIERTA VEGETAL EN CHINÁ, CAMPECHE, MÉXICO
79	ANÁLISIS TERRITORIAL MEDIANTE UN MODELO CARTOGRÁFICO EN SAN LUIS HUEXOTLA, TEXCOCO, MÉXICO
86	LAS CAJAS Y ALHAJEROS ARTESANALES DE OLINALÁ ( <i>Bursera linaloe</i> (La Llave) Rzed); COMO URNAS CINERARIAS
90	HUMEDALES CONSTRUIDOS EN MÉXICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCCIÓN DE PLANTAS ORNAMENTALES Y REUSO DEL AGUA

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



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS  
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

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

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

Impresión 3000 ejemplares.

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

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

## Directorio

Said Infante Gil  
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro†  
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez  
Director de Agroproductividad

### Comité Técnico-Científico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

## Editorial

Volumen 10 • Número 5 • mayo, 2017.

En la reciente convocatoria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) la revista  ha ratificado su permanencia en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica. El objetivo de nuestra revista es la divulgación de los resultados originales de investigación del Colegio de Postgraduados e instituciones afines cuyo quehacer es la construcción del conocimiento y su dispersión a la sociedad. A partir del mes de junio, estaremos incluyendo algunas aportaciones en temas estrictamente divulgativos con el fin de enriquecer los temas de lectura para un mayor público. En este número entregamos temas con énfasis en fauna silvestre, recursos naturales relacionados con ésta, e indicadores metodológicos sobre deforestación, cambio de uso del suelo, y avances en producción animal. La visibilidad de estos esfuerzos editoriales se identifican en los índices nacionales e internacionales a los cuales  se encuentra registrado, favoreciendo la dispersión de la ciencia y la tecnología a partir de las muchas instituciones de educación superior de México, que a ello coadyuvan.

Dr. Jorge Cadena Iñiguez  
Director de 

# VARIABLES DEL HÁBITAT DE PASTIZAL ASOCIADAS A LA DENSIDAD DE AVES GRANÍVORAS EN MALPAÍS, DURANGO, MÉXICO

## GRASSLAND HABITAT VARIABLES ASSOCIATED TO THE DENSITY OF GRANIVORE BIRDS IN MALPAÍS, DURANGO, MEXICO

Rodríguez-Maturino, J.A.<sup>1</sup>; Martínez-Guerrero, J.H.<sup>2\*</sup>; Chairez-Hernández, I.<sup>3</sup>; Pereda-Solís, M.E.<sup>2</sup>; Pinedo-Álvarez, A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Río Papaloapan y Blvd. Durango s/n, Col. Valle del Sur, C.P. 34120, Durango, México. <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UJED. Carretera Durango-Mezquitlan Km 11.5, C.P. 34000, Durango, México. <sup>3</sup>CIIDIR, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango, Sigma 119 Fracc. 20 de noviembre II, C.P. 34220, Durango, México. <sup>4</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Fco. R. Almada Km 1, C.P. 31453, Chihuahua, México.

**Autor de correspondencia:** che\_hugo1@hotmail.com

### RESUMEN

Las aves de pastizal constituyen el grupo que más ha disminuido sus poblaciones en Norteamérica. Diversos estudios sugieren que existen variables clave de este hábitat que limitan la abundancia y distribución. En enero de 2013 se efectuaron censos de aves, mediante una caracterización de la estructura de la vegetación y se estimó la disponibilidad de semillas en el suelo. A través de modelos lineales generalizados se determinaron las variables predictoras de la densidad de siete especies de aves de pastizal. Todas las variables fueron incluidas en al menos un modelo de alguna de estas especies. La biomasa de semillas fue una variable predictora importante de manera individual o en interacción con otras variables, destacando el caso de *Spizella pallida* y *Ammodramus saviannarum*. Por primera vez se incluye la disponibilidad de alimento como una variable en estudios de asociación del hábitat en el área de invernación de estas aves en México. Esta información puede ser utilizada en las estrategias de conservación y manejo de estas especies y sus hábitats.

**Palabras clave:** Disponibilidad de semillas, suelo, estructura de vegetación, gorriones.

### ABSTRACT

Grassland birds constitute the group that has decreased its populations most in North America. Various studies suggest that there are key variables of this habitat that limit their abundance and distribution. In January 2013, bird censuses were carried out through a characterization of the vegetation structure and the availability of seeds in the soil were estimated. Through generalized linear models the variables that predict density of seven grassland bird species were determined. All the variables were included in at least one model of one of these species. The seed biomass was an important predicting variable individually or in interaction with other variables, highlighting the case of *Spizella pallida* and *Ammodramus saviannarum*. For the first time the food availability is included as a variable in studies of habitat association in the hibernation area of these birds in México. This information can be used in the strategies of conservation and management of these species and their habitats.

**Keywords:** seed availability, soil, vegetation structure, sparrows.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2017. pp: 3-9.

**Recibido:** julio, 2016. **Aceptado:** febrero, 2017.



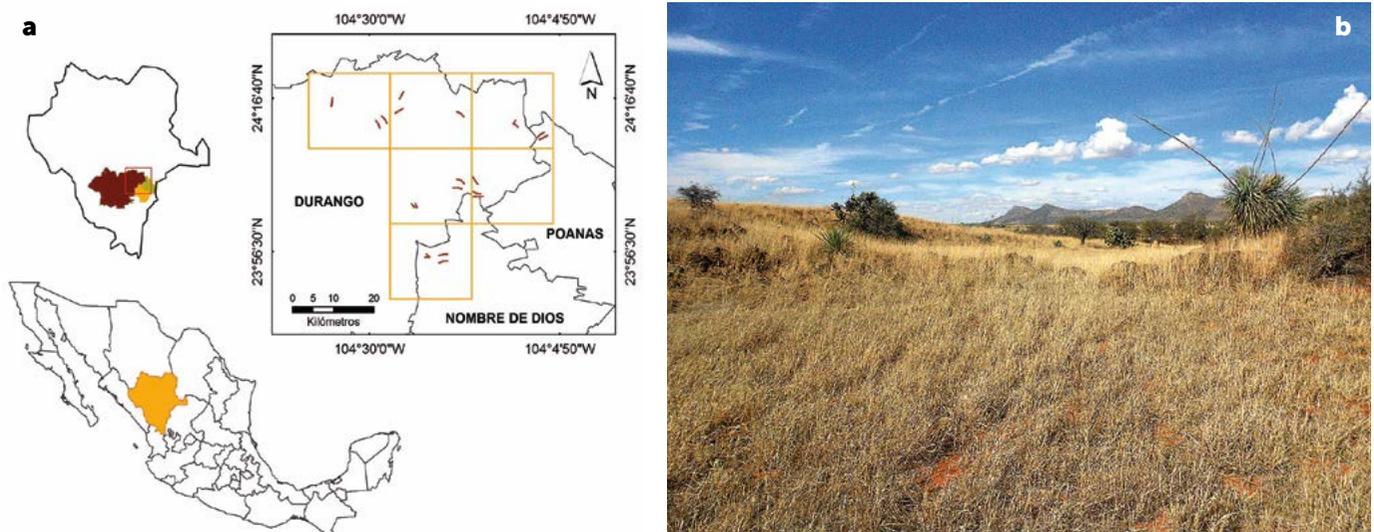
## INTRODUCCIÓN

**El pastizal** es el ecosistema más amenazado del planeta debido al crecimiento de la frontera agrícola, el desarrollo de centros urbanos, la rápida expansión de plantas invasoras entre otras (Hoekstra *et al.*, 2005). En Norteamérica, lo anterior, ha provocado una continua fragmentación y pérdida de hábitat para las aves de pastizal, lo que se ha traducido en una marcada tendencia negativa en el tamaño de sus poblaciones (Sauer *et al.*, 2011). Sliwinski y Koper (2012) destacan que las aves rechazan sitios que poseen gran cantidad de borde (fragmentación), lo que se convierte en un factor crítico en las áreas invernales (Brennan y Kuvlesky, 2005), pues el 90% de ellas pasan el invierno en los pastizales del Desierto Chihuahuense, particularmente en México, donde la fragmentación y el rápido crecimiento de las áreas de cultivo se hacen evidentes (Pool *et al.*, 2014). Las investigaciones en este grupo de aves durante su estancia invernal en México son recientes, sin embargo, los estudios sobre su hábitat solo han relacionado las características de la estructura de la vegetación y de cobertura de suelo sobre su abundancia y distribución, así como con algunas otras variables ecológicas (Martínez-Guerrero *et al.*, 2014). Ningún estudio ha relacionado estas variables con la disponibilidad de semillas en el suelo, factor que se ha usado solo en estudios de dieta (Desmond *et al.*, 2008). Por ello, el objetivo del presente trabajo fue identificar la asociación de las variables del hábitat de pastizal y la densidad de aves granívoras, en la Región Prioritaria para la Conservación de Pastizales de Malpaís (MALP), Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La MALP comprende una superficie de 26,191 km<sup>2</sup>, abarca parte de los estados de Durango y Zacatecas (Pool *et al.*, 2014, Figura 1). El clima es seco templado con verano cálido (BS1k y BS0k) y seco semicálido (BS1h). La precipitación se ubica entre 450-550 mm al año. En las áreas de pastizal se encuentran especies de pastos de los géneros *Bouteloua*, *Setaria*, *Leptochloa*, *Stipa*, *Buchloe*, *Aristida*, *Muhlenbergia* y *Bothriochloa* (Herrera y Ortiz, 2009).

El muestreo de aves se realizó durante enero de 2013 en 18 transectos de 2 km de longitud, tres en cada uno de los bloques (18 km×18 km) del área de estudio (Pool *et al.*, 2014). Con el programa Distance 6.0 se estimó la densidad de cada especie por transecto, empleando el muestreo de distancia convencional (CDS) y diferentes combinaciones de modelos. Para seleccionar el mejor modelo se consideró el Criterio de Información del Mínimo Akaike (AIC, Thomas *et al.*, 2009). Simultáneamente, sobre los mismos transectos se realizó la caracterización de la estructura de la vegetación. Para ello, se establecieron parcelas de 10 m de diámetro (cada 100 m en todos los transectos, n=360 parcelas) en las que se registró el porcentaje cubierto por pasto, hierbas, suelo desnudo, o de otro tipo de cobertura (materia orgánica, excremento animal y partes de plantas muertas), la altura promedio de las especies de pastos, árboles y arbustos. La estimación de la cobertura y altura promedio de los árboles y arbustos, se realizó en parcelas de 100 m de diámetro, considerando



**Figura 1.** a: Ubicación de los bloques de muestreo (cuadros color naranja) en Malpaís, Durango (transectos de muestreo en líneas rojas), b: ejemplo de un sitio de estudio en el municipio de Nombre de Dios, Durango, México.

los mismos puntos centrales de las parcelas de 10 m de diámetro (Levandoski *et al.*, 2008). La estimación de las variables de la estructura de la vegetación se realizó de manera visual por observadores experimentados, de acuerdo a Macías-Duarte y Panjabi (2013), este tipo de metodologías proveen estimaciones razonablemente precisas y similares a las estimaciones de los métodos cuantitativos.

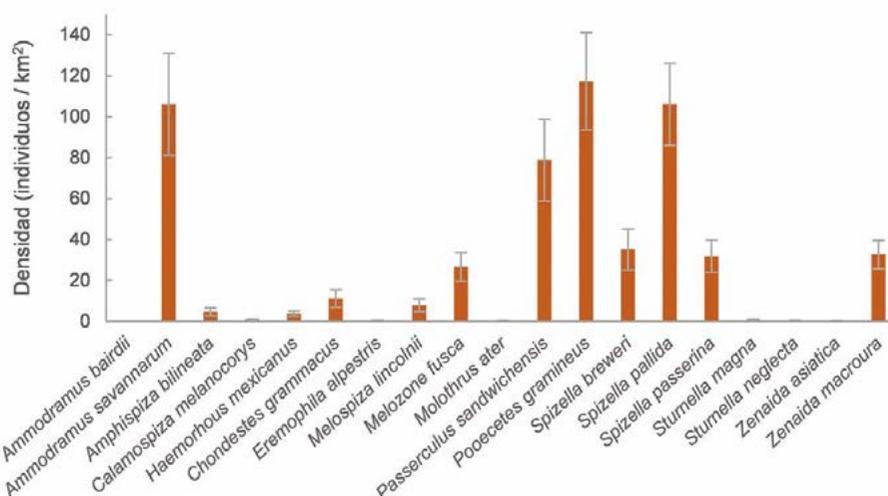
Una vez concluidos los muestreos de aves y de la estructura de la vegetación, se procedió al muestreo de semillas. En cada una de las parcelas (10 m de diámetro) en donde se efectuó el muestreo de vegetación, se establecieron parcelas circulares de 40 m de diámetro y en ellas se recolectaron muestras del banco de semillas. Cada parcela circular de 40 m de diámetro, se dividió en cuatro cuadrantes, tomando una muestra del banco de semillas en cada uno de ellos, obteniendo un total de 1440 muestras (18 transectos  $\times$  20 puntos  $\times$  4 muestras). Las muestras de semillas del suelo se recolectaron empleando un aro metálico de 8.8 cm de diámetro, este se insertó a una profundidad de 0.5 cm y se recolectó el contenido de suelo y semillas de pastos y hierbas. Las muestras se tamizaron y utilizaron estereoscopios 10  $\times$  40 para separar las semillas del suelo; y una vez separadas se pesaron en una balanza analítica. En cada transecto se obtuvo la biomasa promedio del banco de semillas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Desmond *et al.*, 2008). Para determinar diferencias entre las medias de cada bloque de los datos de las variables de la estructura del pastizal y de la biomasa, se realizaron análisis de varianza, además de análisis de residuales, en los datos que no cumplieron

los supuestos de Gauss Markov se realizó la prueba de Kruskal-Wallis y en su defecto, un análisis de varianza de un diseño completamente al azar ( $p \leq 0.05$ ). Para determinar las variables estructurales que pudieran influir en la densidad de aves, se emplearon modelos lineales generalizados. Para ello, se consideraron las nueve variables estructurales del pastizal (variables independientes) y la densidad de aves (variable de respuesta). Para eliminar los posibles efectos de multicolinealidad se realizó un análisis de correlación de rangos de Spearman entre las variables independientes. Con el empleo de los programas estadísticos Statistica y SPSS, se probaron cuatro modelos basados en las distribuciones normal, Poisson, multinomial y binomial negativa con sus respectivas funciones de vínculo (StatSoft Inc., 2011; SPSS Inc., 2008). Para evaluar la viabilidad de cada modelo, primero se realizó una prueba de  $\chi^2$  para verificar que la Desviación ( $D$ ) fuera menor que la Chi tabulada. En este análisis se consideró que el cociente entre la  $D$  y los grados de libertad fueran un valor de aproximadamente igual a uno. Una vez que se cumplía este supuesto, se inspeccionaron en los

efectos del modelo el valor de significancia de cada variable ( $\alpha = 0.05$ ). Para seleccionar el mejor modelo para cada una de las especies de aves, se utilizaron los estadísticos de  $D$ , AIC y el Criterio de Información Bayesiano (BIC). Se estimaron los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y el porcentaje de aciertos de los modelos, según el tipo de probabilidad de distribución.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 19 especies de aves granívoras de pastizal, 10 de las cuales pudieron haber incluido poblaciones migratorias de invierno. La densidad promedio global fue de 502 individuos  $\text{km}^{-2}$  ( $\pm 14.4$ ). Las especies con mayor densidad promedio en el área estudiada fueron *Pooecetes gramineus*, *Ammodramus savannarum* y *Spizella pallida* (Figura 2). Las medias de las variables cobertura y altura de pastos conformaron tres grupos de bloques estadísticamente diferentes, las otras variables no presentaron diferencias estadísticamente significativas en los bloques (Cuadro 1). La biomasa presentó un promedio general de 21.9  $\text{kg ha}^{-1}$  (rango 10.3-31.2  $\text{kg ha}^{-1}$ ).



**Figura 2.** Densidad (individuos/ $\text{km}^2$ ) de especies de aves de pastizal en Malpais, Durango (error estándar en líneas grises).

**Cuadro 1.** Promedio de la biomasa y de variables estructurales por bloque en Malpaís, Durango, México.

Bloque	Biomasa de semillas (kg ha <sup>-1</sup> )	Parcelas de 10 m de diámetro						Parcelas de 100 m de diámetro	
		Cobertura hierbas (%)	Cobertura de pastos (%)	Suelo desnudo (%)	Altura del pasto (cm)	Otro tipo de cobertura (%)	Cobertura de árboles y arbustos (%)	Cobertura de árboles y arbustos (%)	Altura de árboles y arbustos (cm)
1	18.8	11.0	55.4 <sup>c</sup>	14.3	19.5 <sup>b</sup>	16.2	2.3	1.3	1.6
2	17.3	5.8	29.8 <sup>a</sup>	35.3	16.3 <sup>b</sup>	27.8	1.5	2.7	2.6
3	10.3	8.9	30.7 <sup>a</sup>	35.4	9.1 <sup>a</sup>	22.7	1.3	2.8	2.6
4	29.2	14.9	43.0 <sup>b</sup>	18.6	27.5 <sup>c</sup>	18.6	3.3	2.5	2.2
5	31.2	10.4	24.1 <sup>a</sup>	23.8	16.1 <sup>b</sup>	23.8	5.3	5.1	2.9
6	22.2	15.6	26.8 <sup>a</sup>	28.1	19.0 <sup>b</sup>	28.1	7.0	3.9	3.0

(Las letras diferentes representan medianas con diferencias estadísticamente significativas,  $p \leq 0.05$ ).

La Región Prioritaria para la Conservación de Pastizales de Cuchillas de la Zarca presentó una densidad promedio de aves de pastizal más alta que la MALP, cinco especies se presentaron en menor densidad en el área de estudio (*A. bairdii*, *Calamospiza melanocorys*, *S. breweri*, *S. passerina* y *Sturnella magna*) (Panjabi *et al.*, 2010). Las densidades bajas de aves registradas en la MALP se atribuye a niveles bajos de las variables cobertura y altura del pasto que se registraron en algunos bloques muestreados. El promedio y rango de biomasa de semillas registradas en este estudio fueron más bajas a los determinados en áreas de pastizal, en la misma temporada, en los Estados Unidos, debido posiblemente al alto grado de pastoreo que ocurre en la mayor parte del área de la MALP (Desmond *et al.*, 2008). Estudios previos (Pulliam y Dunning, 1987) han demostrado que la disponibilidad de semillas, durante el invierno, cuando el alimento es escaso, puede limitar el desarrollo de las comunidades de gorriones invernales. Sin embargo, no todas las especies de gorriones bajo condiciones de escasas de alimento tienen la misma habilidad para encontrar semillas (Whalen y Whatts, 2000). Por ello, se puede asumir que algunas especies encontradas en el área estudiada pudieron haber presentado un nivel alto de estrés ante la baja disponibilidad de alimento (Yahner, 2012). El análisis de Spearman no identificó correlación significativa entre las variables independientes, por lo que en los modelos lineales generalizados se emplearon todas ellas. Siete especies de aves se ajustaron a alguno de los modelos, seis para la probabilidad de distribución multinomial y *S. passerina* para la probabilidad de distribución negativa binomial. Las variables significativas determinadas por el modelo con más frecuencia fueron la altura del pasto y la biomasa de semillas. Las especies cuyos modelos

emplearon la variable biomasa fueron *A. savannarum*, *Haemorhous mexicanus* y *S. pallida* (Cuadro 2).

*A. savannarum* fue una de las especies cuyo modelo incluyó la variable biomasa de semillas. Al respecto, Grzybowski (1983) es el único que hace alusión a esto. Se ha mencionado de algunos parámetros que de forma indirecta pueden estar asociados a la cantidad de semillas en el suelo, como ejemplo, el estrato del suelo. La especie de ave a nivel de microhábitat puede seleccionar entre estratos superficiales o profundos (Henderson y Davis, 2014). Aunque Fisher y Davis (2010), expresan que no es claro el efecto de la profundidad del suelo sobre la disponibilidad de semillas, si es posible que ésta incida de alguna forma en la accesibilidad a las semillas. Si lo expresado respecto al microhábitat es aplicable para la MALP, entonces es posible que esta especie de ave aumente su tasa de forrajeo, al tener capacidad de encontrar semillas superficiales y profundas (Cueto *et al.*, 2013). Esto último podría ocurrir principalmente en el invierno tardío, cuando la cantidad y accesibilidad a semillas disminuyen. La asociación de la densidad de *A. savannarum* con la variable altura del pasto era de esperarse, pues otros estudios ya la han identificado como variable importante para esta especie en su hábitat invernal y reproductivo (Howe *et al.*, 1997; Macías-Duarte *et al.*, 2009); sin embargo, McLaughlin *et al.* (2014) señalan que las densidades de estas poblaciones pueden verse afectadas por pastos altos durante la época reproductiva. De acuerdo a Pulliam y Mills (1977) algunas especies forrajean en parches en donde la altura del pasto juega un papel importante para evitar la depredación. La cobertura de árboles y arbustos fue también un predictor importante; al respecto Henderson y Davis (2014) y McLaughlin *et al.* (2014) deter-

**Cuadro 2.** Resultados del análisis de modelos lineales generalizados.

Especie	Probabilidad de distribución	Función de vínculo	Desviación (D)	Grados de libertad (GL)	D/GL	% de aciertos	Variables significativas
<i>Ammodramus savannarum</i>	Multinomial	Logarítmica acumulativa	71.5	321	0.2	83	Biomasa*
							Altura del pasto**
							Cobertura de árboles y arbustos* <sup>Δ</sup>
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Multinomial	Logarítmica acumulativa	54.8	222	0.2	89	Biomasa*
							Cobertura de hierbas*
<i>Melospiza fusca</i>	Multinomial	Logarítmica acumulativa	97.5	354	0.2	82	Altura del pasto**
<i>Passerculus sandwichensis</i>	Multinomial	Logarítmica acumulativa	43.4	255	0.1	94	Altura del pasto*
							Cobertura de árboles y arbustos* <sup>Δ</sup>
							Altura de hierbas* <sup>Δ</sup>
<i>Poocetes gramineus</i>	Multinomial	Logarítmica acumulativa	185.2	783	0.2	76	Altura del pasto*
<i>Spizella pallida</i>	Multinomial	Logarítmica acumulativa	69.4	288	0.2	83	Biomasa*
<i>Spizella passerina</i>	Negativa binomial	Logarítmica	84.8	24	0.4	82	Cobertura de hierbas**
							Cobertura de pastos**
							Cobertura de suelo desnudo**
							Otra cobertura**
							Cobertura de árboles y arbustos**

\*Probabilidad  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.01$ ; <sup>Δ</sup>Variable reportada para 100 m diámetro. La variable cobertura esta expresada en porcentaje.

minaron una correlación positiva entre la densidad de esta especie y la cobertura durante la época de reproducción. Para esta misma época, otras investigaciones señalan una correlación negativa o una tolerancia baja de las aves a la presencia de vegetación leñosa (Block y Morrison, 2010). Los únicos autores que determinaron una asociación entre las aves y la cobertura de árboles y arbustos en temporada invernal, fueron Macías-Duarte et al. (2009), sin embargo, sus resultados contrastan con lo determinado en este estudio. Es muy probable que los elementos estructurales de árboles y arbustos, ofrezcan a las aves sitios de percha para detectar áreas de mayor abundancia de semillas.

Los resultados para *Passerculus sandwichensis* son similares a lo reportado por Howe et al. (1997) y Macías-Duarte et al. (2009) en su hábitat invernal, con una influencia positiva de la altura del pasto. Sin embargo, en su hábitat de reproducción, esta variable se comporta de forma contraria (Thompson et al., 2014). Para la variable altura de hierbas, Howe et al. (1997) registraron resultados similares a los de este estudio. En la MALP ambas variables parecen estar siendo usadas como estrategia

antidepredatoria, o como una señal de la presencia de alimento. En cuanto a la variable porcentaje de cobertura de árboles y arbustos; diversos estudios señalan que la especie prefiere hábitats libres de componentes leñosos (Baldwin et al., 2007). Por otro lado, Henderson y Davis (2014), determinaron que la abundancia de *P. sandwichensis* se incrementa con la presencia de árboles y arbustos. En la MALP, los elementos estructurales parecen jugar un papel importante en las estrategias de forrajeo al utilizarlos como sitios de observación (Walsberg y King, 1980).

Las referencias de *P. gramineus* son congruentes con lo encontrado en este estudio, señalando a la altura del pasto como uno de los principales predictores (Howe et al., 1997; Macías-Duarte y Panjabi, 2013). Otros autores determinaron que la cobertura del pasto, hierba y leñosa son variables complementarias (Block y Morrison, 2010). Aunque se señala que esta última variable desempeña un papel importante en las estrategias antidepredatorias, Macías-Duarte et al. (2009) identificó una correlación negativa entre la densidad de esta especie y la cobertura leñosa. *S. pallida* y su relación con su hábitat ha sido poco

estudiada; y los pocos reportes se han realizado solo en su hábitat reproductivo, y aunque se destaca una correlación positiva de la abundancia de esta especie con la presencia de árboles y arbustos, los resultados de estos estudios difieren (Henderson y Davis, 2014; McLaughlin *et al.*, 2014). La profundidad del suelo es un indicador empleado en modelos y se ha concluido que ésta influye de manera positiva en la abundancia de *S. pallida*, sobre todo si la profundidad se incrementa (Thompson *et al.*, 2014). Su comportamiento en cuanto a las condiciones del microhábitat y específicamente sobre la profundidad de estrato y disponibilidad de semillas, es muy similar al utilizado por *A. savannarum*.

La única referencia para *S. passerina* (Rotenberry y Wiens, 1980) señala la importancia de la cobertura de hierbas en su hábitat reproductivo. Es muy probable que debido a que dicho estudio se concentró durante el periodo de reproducción, las otras variables consideradas en esa investigación resultarían irrelevantes en términos de su selección por *S. passerina*. Sin embargo, los resultados para *S. passerina* deben tomarse con precaución, pues se trata de una especie generalista que puede utilizar hábitats con diversas características (Azpiroz y Blake, 2016). *H. mexicanus* y *Melospiza fusca* son especies que no han recibido mucha atención en cuanto a la selección de hábitat. Los resultados pueden hasta cierto grado reflejar su asociación con algunas variables del hábitat en cuanto a su densidad en vida silvestre. Para algunas de las especies estudiadas los resultados pueden contrastar (Ruth *et al.*, 2014). Por ejemplo, Davis (2004) encontró variaciones en la respuesta de una especie a una variable tan solo de una temporada anual a otra. Es necesario prestar especial atención en los sistemas de pastoreo actuales de los pastizales de México, ya que el pastoreo vigente puede disminuir la cobertura, la altura del pastizal, y afectar la composición de especies vegetales e incluso a la disponibilidad de alimento para las aves (Pol *et al.*, 2014). Hay que recordar que el suministro adecuado y oportuno de alimento aumenta la sobrevivencia y favorece las tendencias reproductivas de las poblaciones de aves de pastizal.

## CONCLUSIONES

Se determinó la asociación entre diferentes variables del hábitat y la densidad de aves granívoras. Para *S. pallida* y *A. savannarum* la biomasa de semillas de manera individual y en asociación con variables estructurales del pastizal, fueron predictores importantes de

su densidad, respectivamente. Algunas de las variables fueron consistentes con lo reportado en la literatura. Al investigar respecto a la asociación del hábitat se debe considerar no solo la especie, sino las condiciones ecosistémicas del área bajo estudio y la fase de la temporada invernal.

## AGRADECIMIENTOS

Al Bird Conservancy of the Rockies (E.U.A) por el financiamiento para el monitoreo de aves invernales de pastizal en México. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para realizar sus estudios de Doctorado.

## LITERATURA CITADA

- Azpiroz A.B., Blake J.G. 2016. Associations of grassland birds with vegetation structure in the Northern Campos of Uruguay. *The Condor* 118: 12-23.
- Baldwin H.Q., Grace J.B., Barrow Jr W.C., Rohwer F.C. 2007. Habitat relationships of birds overwintering in a managed coastal prairie. *Wilson Journal of Ornithology* 119: 189-197.
- Block G., Morrison M.L. 2010. Large-scale effects on bird assemblages in desert grasslands. *Western North American Naturalist* 70: 19-25.
- Brennan L.A., Kuvlesky W.P. 2005. North American grassland birds: an unfolding conservation crisis? *Journal of Wildlife Management* 69:1-13.
- Cueto V.R., Milesi F.A., Marone L. 2013. Litter and seed burying alter food availability and foraging efficiency of granivorous birds in the Monte desert. *Journal of Avian Biology* 44:339-346.
- Davis S.K. 2004. Area sensitivity in grassland passerines: effects of patch size, patch shape, and vegetation structure on bird abundance and occurrence in southern Saskatchewan. *The Auk* 121: 1130-1145.
- Desmond M.J., Mendez-Gonzalez C., Abbott L.B. 2008. Winter diets and seed selection of granivorous birds in southwestern New Mexico. *Studies in Avian Biology* 37:101-112.
- Fisher R.J., Davis S.K. 2010. From wiens to robel: A review of grassland-bird habitat selection. *The Journal of Wildlife Management* 74: 265-273.
- Grzybowski J.A. 1983. Sociality of grassland birds during winter. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 13: 211-219.
- Henderson A.E., Davis S.K. 2014. Rangeland health assessment: A useful tool for linking range management and grassland bird conservation?. *Rangeland Ecology & Management* 67: 88-98.
- Herrera A.Y., Ortiz A.C. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica* 28: 49-68.
- Hoekstra J.M., Boucher T.M., Ricketts T.H., Roberts C. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology letters* 8:23-29.
- Howe W., Ness H., Carter M.F., Leukering T., Bradley J.S., Aid C.S. 1997. Habitat associations of the Mexican Plateau winter grassland bird community. Colorado Bird Observatory, Brighton, Colorado, EUA.
- Levandoski G., Panjabi A., Sparks R. 2008. Wintering bird inventory and monitoring in priority conservation areas in Chihuahuan Desert grasslands in Mexico: 2008 results. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, Colorado. Reporte técnico I-MXPLAT-TNC08-02.
- Macías-Duarte A., Montoya A.B., Méndez-González C.E., Rodríguez-Salazar J.R., Hunt W. G., Krannitz P.G. 2009. Factors influencing

- habitat use by migratory grassland birds in the state of Chihuahua, Mexico. *The Auk*, 126: 896-905.
- Macías-Duarte A., Panjabi A.O. 2013. Association of habitat characteristics with winter survival of a declining grassland bird in Chihuahuan Desert grasslands of Mexico. *The Auk* 130: 141-149.
- Martínez-Guerrero J.H., Pereda-Solis M.E., Wehenkel C. 2014. Association of *Ammodramus bairdii* A. 1844, and other species of grassland granivorous birds in winter time in northwestern Mexico. *Open Journal of Ecology* 4: 281-288.
- McLaughlin M.E., Janousek W.M., McCarty J.P., Wolfenbarger L. L. 2014. Effects of urbanization on site occupancy and density of grassland birds in tallgrass prairie fragments. *Journal of Field Ornithology* 85: 258-273.
- Panjabi A., Youngberg E., Levandoski G. 2010. Wintering grassland bird density in Chihuahuan Desert Grassland Priority Conservation Areas, 2007-2010, Rocky Mountain Bird Observatory, Technical report I-MXPLAT-08-03, Brighton, Colorado.
- Pol R.G., Sagario M.C., Marone L. 2014. Grazing impact on desert plants and soil seed banks: implications for seed-eating animals. *Acta Oecologica* 55: 58-65.
- Pool D.B., Panjabi A.O., Macías-Duarte A., Solhjem D.M. 2014. Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining North American grassland bird species. *Biological Conservation* 170: 274-281.
- Pulliam H.R., Mills, G.S. 1977. The use of space by wintering sparrows. *Ecology* 58:1393-1399.
- Pulliam H.R., Dunning J.B. 1987. The influence of food supply on local density and diversity of sparrows. *Ecology* 68: 1009-1014.
- Rotenberry J.T., Wiens J.A. 1980. Habitat structure, patchiness, and avian communities in North American steppe vegetation: a multivariate analysis. *Ecology* 61:1228-1250.
- Ruth J.M., Stanley T.R., Gordon C.E. 2014. Associations of wintering birds with habitat in semidesert and plains grasslands in Arizona. *The Southwestern Naturalist* 59: 199-211.
- Sauer J.R., Hines J.E., Fallon J.E., Pardieck K.L., Ziolkowski-Jr. D.J., Link W.A. 2011. The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2009. Version 3.23.2011 USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD.
- Sliwinski M.S., Koper N. 2012. Grassland bird responses to three edge types in a fragmented mixedgrass prairie. *Avian Conservation and Ecology* 7: 6.
- SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.
- StatSoft Inc. 2011. STATISTICA (data analysis software system), version 10. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Thomas L., Laake J.L., Rexstad E., Strindberg S., Marques F.F.C., Buckland S.T., Borchers D.L., Anderson D.R., Burnham K.P., Burt M.L., Hedley S.L., Pollard J.H., Bishop J.R.B., Marques T.A., 2009. Distance 6.0. Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>
- Thompson S.J., Arnold T.W., Amundson C.L. 2014. A multiscale assessment of tree avoidance by prairie birds. *The Condor* 116: 303-315.
- Walsberg G.E., King J.R. 1980. The thermoregulatory significance of the winter roost-sites selected by robins in eastern Washington. *Wilson Bulletin* 92:33-39.
- Whalen D.M., Watts B.D. 2000. Interspecific variation in extraction of buried seeds within an assemblage of sparrows. *Oikos* 88:574-584.
- Yahner R.H. 2012. Wildlife behavior and conservation. New York, Springer Science.

# HÁBITAT Y DENSIDAD DE NIDOS DE LA HORMIGA ESCAMOLERA (*Liometopum apiculatum* Mayr) EN UNA UMA DE ZACATECAS, MÉXICO

## HABITAT AND DENSITY OF NESTS OF THE ESCAMOLERA ANT (*Liometopum apiculatum* Mayr) IN A ZACATECAS UMA, MEXICO

Hernández-Roldan, E.<sup>1</sup>; Tarango-Arámbula, L.A.<sup>2\*</sup>; Ugalde-Lezama, S.<sup>3</sup>; Hernández-Juárez, A.<sup>4</sup>; Cortez-Romero, C.<sup>5</sup>; Cruz-Miranda, Y.<sup>6</sup>; Morales-Flores, F.J.<sup>7</sup>

1, 2\*, 4, 5, 7 Postgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Colonia Centro, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, SLP. México. C.P 78620. <sup>3, 6</sup>Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

\*Autor de correspondencia. Itarango@colpos.mx

### RESUMEN

Para determinar las variables del hábitat que explican la presencia de sitios de anidación de *Liometopum apiculatum* Mayr, así como la densidad de nidos en una Unidad de Manejo para la conservación de Vida Silvestre (UMA), se evaluaron 80 parcelas circulares de 20 m de diámetro (nidos de hormiga) y con Líneas Canfield. La densidad se estimó utilizando cinco transectos de 700×100 m, La relación entre los nidos y las variables del hábitat se analizó mediante Regresión Poisson (ARP) y Análisis de Componentes Principales (ACP), además de Análisis de Correspondencia Simple (ACS). El ARP mostró que nueve variables del hábitat tienen más efecto sobre los sitios de anidación. El ACP explicó el 70.5% de la variabilidad presente entre las variables del hábitat y sitios de anidación. El ACS mostró la asociación entre los sitios de anidación y variables del hábitat evaluadas en la UMA, registrando una densidad de nidos de 3.8 nidos ha<sup>-1</sup> con un mínimo de 2.7 y un máximo de 5.5 ( $\alpha=0.05$ ) y coeficiente de variación del 16.3%. Los resultados sugieren que para proveer condiciones adecuadas para la anidación de la hormiga escamolera en sitios degradados del área estudiada, es necesario realizar acciones de manejo del ganado (respetar capacidad de carga) y de mejoramiento de hábitat.

**Palabras clave:** Anidación, conservación, escamoles, producción.

### ABSTRACT

In order to determine the habitat variables that explain the presence of nesting sites of *Liometopum apiculatum* Mayr, as well as the density of nests in an Environmental Management Unit (Unidad de Manejo Ambiental, UMA), 80 circular plots of 20 m diameter (ant nests) were evaluated with Canfield Lines. The density was estimated using five transects of 700×100 m, and analyzed through Poisson Regression (PRA) and Principal Components Analysis (PCA), in addition to the Simple Correspondence Analysis (SCA). The PRA showed that nine variables of the habitat have a greater effect on the nesting sites. The PCA explained 70.5 % of the variability present between the habitat variables and nesting sites. The SCA showed the association between the nesting sites and habitat variables evaluated in the UMA, recording a nest density of 3.8 nests ha<sup>-1</sup> with a minimum of 2.7 and a maximum of 5.5 ( $\alpha=0.05$ ) and variation coefficient of 16.3%. The results suggest that the conditions are adequate for nesting of the escamolera ant in degraded sites of the area studied, and that it is necessary to carry out actions for livestock management (respecting load capacity) and habitat improvement.

**Keywords:** nesting, escamoles, conservation, production.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2017. pp: 10-17.

**Recibido:** diciembre, 2016. **Aceptado:** marzo, 2017.

## INTRODUCCIÓN

Los insectos son el grupo taxonómico con mayor número de especies descritas en el mundo, con más de un millón de ellas, reconocidas en 29 ordenes (Zamorano, 2014), mismas que habitan en prácticamente todos los ambientes (cosmopolitas), resultando ser cruciales en la dinámica y equilibrio ecológico de los ecosistemas en que habitan (Zhang, 2011), por lo que suelen ser excelentes indicadores de la calidad ambiental, ya que su adaptación y existencia dependen de las condiciones de los mismos (Esparza-Fausto *et al.*, 2008). Uno de los órdenes más diversos es el Hymenoptera con más de 115000 especies descritas entre abejas, avispa, hormigas y otras (Novelo *et al.*, 2013). Las hormigas pertenecen a la Familia Formicidae, dentro de la Superfamilia Vespoidea, grupo considerado monofilético (Brothers y Carpenter, 1993), aunque es posible encontrar hormigas en prácticamente cualquier hábitat, y gracias a sus estrategias evolutivas lograron ocupar el perfil edáfico (Wilson, 1971), no obstante, de manera secundaria, algunas especies ocupan formas de vida arbórea, particularmente en troncos, ramas, o cavidades subcorticales (Hölldobler y Wilson, 1990); se estima que su diversidad alcanza aproximadamente 12500 especies descritas a nivel mundial, representadas en 290 géneros incluidos en 21 subfamilias (Bolton, 1995); sin embargo, podría oscilar en más de 30000 debido a que aún faltan muchas especies por describir, específicamente en los trópicos (Ward, 2010). Dicha familia exhibe una amplia distribución mundial, excepto en Islandia, Antártida, Islas del Pacífico Central y Groenlandia (Hölldobler y Wilson, 1990), reconociéndose ocho regiones

zoogeográficas, mismas que presentan diversas especies endémicas (Bolton, 1994); siendo el Neotrópico la región más diversa con 118 géneros, de los cuales el 50% son endémicos; además alberga alrededor de 2400 especies descritas, dentro de 16 subfamilias, siendo las más diversas de esta región: Myrmicinae, Ponerinae y Dolichoderinae (Bolton 1995b); esta última con 10 géneros, incluyendo *Liometopum*, que pertenece a la tribu Tapinomini (Ward *et al.*, 2010); las especies norteamericanas *L. apiculatum* Mayr, *L. occidentale* Emery, y *L. luctuosum* Wheeler; (Lara *et al.*, 2015) construyen nidos en los que establecen sus trabéculas (estructura de aspecto esponjiforme) como sustrato para la ovoposición (Gulmahamad, 1995). En México se distribuyen 973 especies de hormigas, que representan cerca de 8% del total mundial, mismas que pertenecen a 94 géneros distribuidos en 12 subfamilias; entre las cuales Dolichoderinae presenta 51 especies, de las cuales *L. occidentale* var. *luctuosum* Wheeler y *Liometopum apiculatum* Mayr, corresponden al género *Liometopum* (Ríos-Casanova, 2014). Este conjunto de hormigas se distribuye en prácticamente todos los ecosistemas, desde desiertos hasta selvas, incluso en zonas urbanas y agrícolas (Guzmán-Mendoza *et al.*, 2010). En el estado de Zacatecas, México, se han registrado 15 géneros y 21 especies de hormigas, distribuidos en ecosistemas semiáridos; particularmente en matorral desértico (Rzedowski, 1966), y en la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) "El Milagro" en Villa González Ortega, Zacatecas; dichos matorrales han sido fuertemente impactados por actividad antrópica, sobreexplotación del maguey (*Agave* sp.) con fi-

nes comerciales, cambio de uso de suelo, ganadería, agricultura y crecimiento de la mancha urbana (Esparza-Frausto *et al.*, 2008), lo que ha generado pérdida y fragmentación de los hábitats de distribución natural de diferentes especies, afectando la ecología-biología de algunos insectos comestibles, tales como *L. apiculatum* (López y Ramón 2010); esta especie ha sido susceptible a diferentes presiones de explotación irracional (su aprovechamiento se hace de manera rudimentaria), afectando negativamente la viabilidad-rendimiento de sus nidos, disminuyendo su densidad por hectárea (Ramos *et al.*, 2012). En la UMA el Milagro, *L. apiculatum* desempeña un rol preponderante como depredadora de agentes nocivos del ecosistema por sus amplios hábitos tróficos; por lo que participa activamente en los procesos fisicoquímicos; específicamente coadyuvando a mantener el frágil equilibrio de los ecosistemas áridos y semiáridos, favoreciendo la aireación del suelo, dispersión de semillas, polinización de plantas, reincorporando macro y micronutrientes a través de la descomposición de la materia orgánica, además de ser parte de las cadenas tróficas como presas de otros depredadores (Ríos-Casanova *et al.*, 2004). A pesar de su importancia, la investigación de esta especie se ha centrado en algunos aspectos de tipo social, cultural y nutricional (Malaisse y Parent, 1980; DeFoliart, 1989; Ramos-Elorduy *et al.*, 1998); no obstante, los aspectos de índole biológico-ecológico han sido escasamente investigados (Gómez *et al.*, 1961; Kodonki *et al.*, 1984; Cruz-Labana *et al.*, 2014); menos aun patrones en los que se determine comparativa-cuantitativamente el efecto de la estructura del hábitat sobre los sitios de anidación en este tipo de

matorrales, debido a su desconocida y compleja dinámica (Fowler y Delabie, 1995), carencia de métodos estándar de monitoreo-evaluación; mismos que dificultan su estudio-seguimiento en la localización de nidos (Nkem *et al.*, 2000; Brown *et al.*, 2001). Con base en lo anterior se determinaron los componentes de hábitat que explican la presencia de sitios de anidación de la hormiga escamolera (*L. apiculatum* Mayr) y la densidad de sus nidos en la UMA "El Milagro" en Villa González Ortega, Zacatecas, México.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La UMA "El Milagro" se localiza en el municipio de Villa González Ortega, al sureste del estado de Zacatecas, México (22° 37' 46.41" N, 101° 56' 25.36" O) y altitud de 2208 m, limita al norte, noreste y este con San Luis Potosí, por el sureste colinda con el municipio de Noria de Ángeles, hacia el suroeste con Luis Moya y en dirección noroeste con Gral. Pánfilo Natera; con un total de 302.9 ha; cubiertas por vegetación de matorral desértico (Figura 1; Giménez y González, 2011; INEGI, 2010).

Para determinar las variables del hábitat que explican la presencia de sitios de anidación de *L. apiculatum* se rea-

lizó un muestreo dirigido, el cual consistió en localizar el primer nido y evaluarlo (Cuadro 1). Los nidos subsecuentes se localizaron seleccionando un sitio con una distancia (50, 100 o 150 m) y una dirección (Norte, Sur, Este, u Oeste) aleatoria, una vez ubicado este sitio, se procedió a localizar y evaluar el nido más cercano. Los sitios de anidación se evaluaron en parcelas de 20 m de diámetro (Schreuder *et al.*, 1993; Cruz-Labana *et al.*, 2014) y con líneas de Canfield (Canfield, 1941). El centro de las parcelas evaluadas fueron los nidos de la hormiga y para su identificación geográfica se empleó Arc Map 9.3 y Herramientas de Hawth Análisis (Figura 2). Para determinar cuáles de las variables del hábitat tuvieron un mayor

efecto sobre los sitios de anidación de la hormiga escamolera, se modelaron los sitios de anidación de *L. apiculatum* (Y) y las variables del hábitat (x) mediante un Análisis de Regresión Poisson (ARP) en tres fases: 1) se ajustó la variable "Y" a las variables "x" mediante Modelos Lineales Generalizados (Generalized Linear Model,

GLM; McCullagh y Nelder, 1989); 2) se seleccionaron las variables por pasos (Stepwise; Guisan y Zimmerman, 2000) y 3) se ajustó el mejor modelo mediante el criterio de clasificación del mínimo Akaike (Akaike, 1969; Rotenberry y Wiens, 1980). Dichos análisis se llevaron a cabo

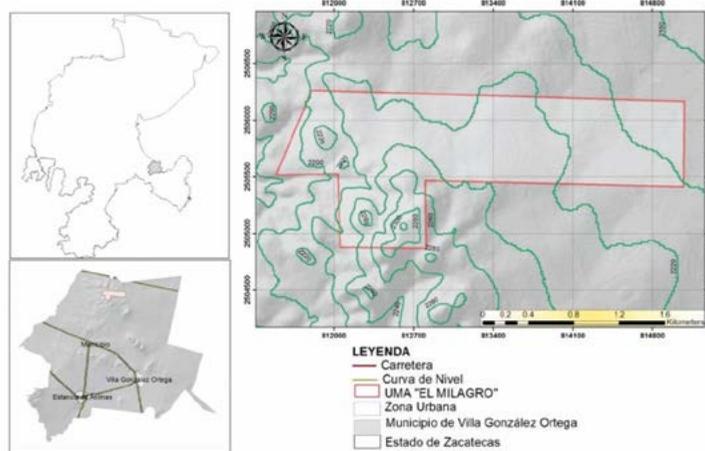


Figura 1. UMA "El Milagro", Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Cuadro 1. Variables del hábitat de la hormiga escamolera evaluadas en la UMA "El Milagro", Villa González de Ortega, Zacatecas, México.	
Variable	Método de evaluación
Elevación del sitio de anidación (msnm).	GPS (Magellan)
Inclinación de la pendiente del terreno (%).	Clinómetro
Exposición de la pendiente (%).	GPS
Tipo de vegetación (Rzedowski, 1978).	Se clasificó de acuerdo con el tipo de vegetación presente en las parcelas.
Cobertura de suelo: suelo desnudo, roca, pasto, arbusto, material leñoso e hierbas.	Líneas de canfield (Canfield, 1941) de 20 m de largo (divisiones a cada 50 cm) tomando como punto medio el centro de las parcelas (20 m de diámetro)
Densidad (número de plantas ha <sup>-1</sup> ) de nopal, arbustos ( <i>Larrea tridentata</i> , <i>Flourensia cernua</i> , <i>Dalea bicolor</i> , <i>Parthenium incanum</i> , <i>Mimosa biuncifera</i> ), cardenches ( <i>Opuntia imbricata</i> ), palmas ( <i>Yucca</i> spp.) y magueyes ( <i>Agave</i> spp.).	Conteo de plantas dentro de las parcelas circulares de 20 m de diámetro.
Densidad (número de plantas ha <sup>-1</sup> ) de magueyes y palmas infestadas con cóccidos	Conteo de plantas infestadas dentro de las parcelas circulares de 20 m de diámetro.

en R-versión 3. 2. 0. (Maindonald, 2004; R Core Team, 2013).

Para determinar las variables del hábitat que mejor podrían explicar la presencia de la hormiga escamolera en la UMA, se realizó un análisis de Componentes Principales ( $p < 0.005$ ) (ACP; Jongman et al., 1995; Gómez, 2004). Dicho análisis

se realizó empleando el procedimiento GLM. Para analizar gráficamente la asociación entre las variables del hábitat considerados y los sitios de anidación de *L. apiculatum*, se utilizó un Análisis de Correspondencia Simple (ACS; Cornejo, 1998; Pillaca, 2003); dichos análisis se realizaron en XLSTAT v.2015.1.01 (XLSTAT, 2015). Para estimar la densidad de nidos de la hormiga escamolera (nidos  $ha^{-1}$ ) en el área de estudio se establecieron cinco transectos (700x100 m cada uno) (Figura 3), en los cuales se registraron los nidos, cuantificando sus distancias perpendiculares a la línea central del transecto.

Esta información se analizó con el Distance Program 6.2 ( $\alpha = 0.05$ ) (Thomas et al., 2010), en el cual la probabilidad de detección de nidos se basó en la siguiente ecuación:

$$D = \frac{n}{\pi\rho^2}$$

Dónde: *D*: densidad estimada; *n*: número de nidos vistos sobre el transecto;  $\rho$ : radio efectivo de detección de *n* nidos que son detectados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron 16 variables del hábitat (nidos de la hormiga escamolera) en 80

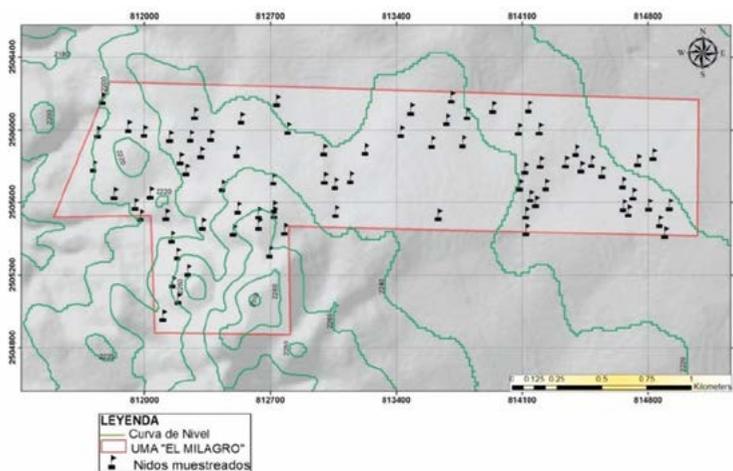
parcelas circulares (nidos de la hormiga escamolera) y el ARP identificó que nueve de ellas tienen efecto sobre la presencia de la hormiga *L. apiculatum* (Cuadro 2).

Los primeros tres componentes principales (CP) explicaron 70.5% de la variabilidad presente entre las variables

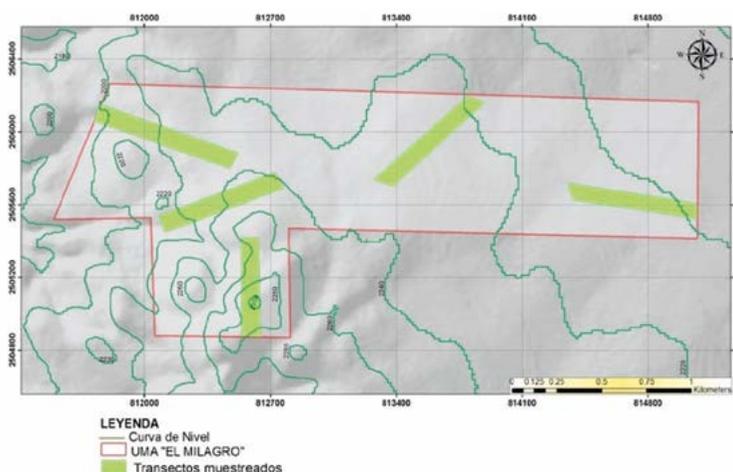
del hábitat, y los sitios de anidación de *L. apiculatum* (Cuadro 3).

El ACS mostró una asociación entre sitios de anidación y las variables del hábitat con una tendencia con grupos particulares de variables (Figura 4).

La densidad de nidos en la UMA, en cinco transectos fue de 3.8 nidos  $ha^{-1}$  con un mínimo de 2.7 y un máximo de 5.5 ( $\alpha = 0.05$ ). El coeficiente de variación fue del 16.3%. En la República Mexicana la hormiga escamolera (*L. apiculatum*) muestra hábitos selectivos durante el proceso de forrajeo, asociándose más con hábitats de matorral (Cruz-Labana et al., 2014; Pineda-Pérez, 2015; Rafael-Valdez, 2015). En el área de estudio la hormiga escamolera se encontró entre los 2000 y 2300 m, mientras que en San Luis Potosí, México, se ha registrado en bosques de pino piñonero, matorral crasicaule y matorral desértico micrófilo, en elevaciones de entre 1000 a 2500 m (Cruz-Labana et al., 2014; Lara-Juárez, 2013). En esta investigación, la hormiga escamolera se asoció significativamente con el matorral crasicaule y la densidad de maguey (*Agave* sp.), nopal (*Opuntia* sp.) y arbustos, es muy probable que



**Figura 2.** Distribución de parcelas evaluadas (nidos de *L. apiculatum*) en la UMA "El Milagro", Villa González Ortega, Zacatecas, México.



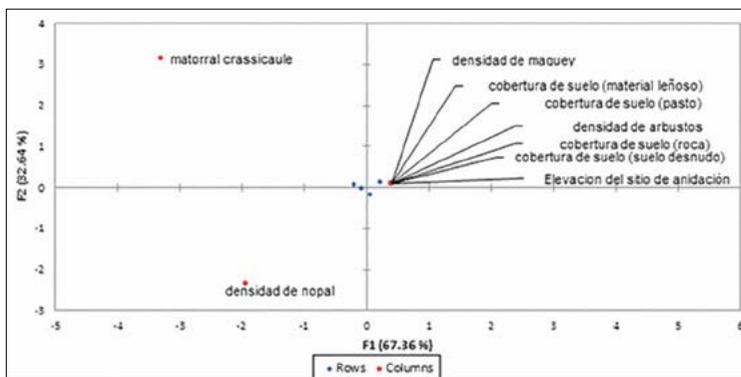
**Figura 3.** Distribución de los transectos muestreados dentro de la UMA "El Milagro", Villa González Ortega, Zacatecas, México.

**Cuadro 2.** Resultados del ARP mediante modelos MLG para la presencia de sitios de anidación de *L. apiculatum* y las variables del hábitat en la UMA "El Milagro", Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Variable con significancia	Estimación	Error	Z-Evaluada	Pr(> z )
(Intercept)	5.392839	3.891492	1.386	0.165807
Elevación del sitio de anidación (msnm)	0.004792	0.001153	4.157	3.23E-05
Densidad de arbustos	-0.117596	0.027129	-4.335	1.46E-05
Vegetación (matorral crasicaule)	-0.214498	0.062241	-3.446	0.000568
Densidad de maguey	-0.012938	0.001811	-7.146	8.92E-13
Cobertura de suelo (material leñoso)	-0.118755	0.027286	-4.352	1.35E-05
Densidad de plantas (nopal)	-0.015243	0.002348	-6.491	8.51E-11
Cobertura de suelo (pasto)	-0.136796	0.02736	-5	5.74E-07
Cobertura de suelo (roca)	-0.110408	0.027037	-4.084	4.43E-05
Cobertura de suelo (suelo desnudo)	-0.12618	0.027565	-4.577	4.71E-06

**Cuadro 3.** Resultados del ACP de las variables del hábitat y los sitios de anidación de *L. apiculatum* en la UMA "El Milagro", Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Variable con significancia	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Elevación del sitio de anidación	-0.3441585	-0.30985931	-0.2736421
Densidad de arbustos	-0.336559	-0.50241679	0.23871597
Matorral crasicaule	0.4392859	-0.20453327	-0.07035142
Densidad de maguey	-0.2528706	0.2740023	-0.19797048
Cobertura de suelo (material leñoso)	0.1765937	-0.09212908	-0.86829643
Densidad de nopal	0.4275042	-0.22239995	0.24415376
Cobertura de suelo (pasto)	0.3931525	-0.09224277	-0.03314087
Cobertura de suelo (roca)	-0.1748783	0.5642550	0.01663967
Cobertura de Suelo (suelo desnudo)	0.3350684	0.3870548	0.09522666
Desviación estándar	1.801991	1.4282716	1.0286737
Proporción de varianza	0.3607968	0.2266622	0.1175744
Proporción acumulativa	0.3607968	0.587459	0.7050334



**Figura 4.** Representación del ACS entre sitios de anidación de *L. apiculatum* y variables del hábitat en la UMA "El Milagro", Villa González Ortega, Zacatecas, México.

Rafael-Valdez (2015), en el estado de Zacatecas, reportó una asociación marcada con *Yucca* sp., *Agave salmiana* y *Opuntia rastrera* como sustratos forrajeros. También identificó que las yucas y magueyes estaban infestadas por cóccidos, los cuales producen secreciones que la hormiga utiliza como alimento vía trofobiosis (Velasco et al., 2007; Rodríguez-Delgado, 2016). De acuerdo con Cruz-Labana (2014), el maguey fue el principal sustrato de anidación de la hormiga escamolera en el Municipio de Charcas San Luis Potosí, identificando que 90.7% de sus nidos se establecieron en el sistema radical del maguey; asimismo,

éstas variables constituyen fuentes de alimento y que protejan a la hormiga de altas temperaturas y de depredadores (Miller, 2007). En San Luis Potosí, la hormiga escamolera se ha localizado en áreas con altas densidades de *Agave salmiana* y *Opuntia rastrera* (Cruz-Labana et al., 2014); asimismo,

la cantidad de magueyes en áreas usadas por la hormiga, fue significativamente mayor que en las áreas sin su presencia. Los nopales son también sustratos de anidación importantes en otras áreas de México, pues actúan como cubiertas térmicas (Cuadriello, 1980; Ramos-Elorduy *et al.*, 1983), sin duda los arbustos también proporcionan protección a la hormiga durante el proceso de forrajeo. La asociación de la hormiga escamolera en el Altiplano Potosino-Zacatecano con las plantas descritas plantea un reto para conservar y manejar esta especie y sus hábitats de manera sustentable, pues los habitantes de las comunidades rurales hacen un uso diversificado del maguey [elaboración de mezcal, producción y extracción de gusano blanco (*Acentrocne mesperiaris* W.) y rojo (*Comadia redtenbacheri* Hamm), alimento para el ganado] (Esparza-Frausto *et al.*, 2008; García-Herrera *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2012) y del nopal (forraje para el ganado). Otros factores que influyen en gran medida al hábitat de la hormiga escamolera es el sobrepastoreo y utilización del huizache (*Acacia* spp.) y mezquite (*Prosopis* spp.), que actúan como dendroenergéticos (Andrade *et al.*, 2009; Cruz-Labana *et al.*, 2014; García-Herrera *et al.*, 2010). El ARP identificó a la cobertura del suelo (suelo desnudo) como un componente común en el hábitat de la hormiga. En Charcas, San Luis Potosí, Cruz-Labana *et al.* (2014) reportaron que la probabilidad de encontrar nidos de hormiga escamolera disminuyó con el aumento áreas con suelo desnudo, afectando el proceso de forrajeo de la hormiga, falta de protección a altas temperaturas, y consecuentemente la producción de huevos (Ramos-Elorduy *et al.*, 1986). En contraste, el material leñoso, la presencia de rocas y pastos, así como la estructura de la vegetación, son variables importantes del hábitat de la hormiga, pues proporcionan condiciones favorables (Bestelmeyer y Schooley, 1999; Retana y Cerdá, 2000) propiciando la distribución de alimento y selección de sitios de anidación de *L. apiculatum* (Johnson, 2000; Hoey-Chamberleyn *et al.*, 2013). La densidad de nidos registrada en la UMA el Milagro fue de 3.8 nidos  $\text{ha}^{-1}$ , este valor, comparado con la densidad en otras áreas de distribución de la hormiga, fue menor a la estimada por Ambrosio-Arzate *et al.* (2010) en San Juan Teotihuacán,



Estado de México (8-10 nidos  $\text{ha}^{-1}$ ) y a la reportada por Cruz-Labana *et al.* (2014) en Charcas, San Luis Potosí, cuyo promedio fue de 6.06 nidos  $\text{ha}^{-1}$ , pero mayor a la reportada por Pineda-Pérez (2015) para Ahualulco, San Luis Potosí y Pinos, Zacatecas, la cual fue de 3.19 nidos  $\text{ha}^{-1}$ . La densidad de nidos de la hormiga escamolera registrada en el área de estudio se considera como regular comparada con las observaciones recientes en recorridos de campo por el estado de Hidalgo, México, en el cual gran parte del hábitat de la hormiga se ha transformado en plantaciones de nopal para verdura. Es muy probable que la diversificación productiva mal planificada en el centro de México, a las sequías recurrentes, a la erosión hídrica y a que la capacidad de carga en esa región este afectando el hábitat. COTECO-CA (2009) recomienda un coeficiente de agostadero para el estado de zacatecas de 14.49 ha por unidad animal y en la UMA el Milagro (309 ha), se cuenta con 50 vientres de ganado vacuno (Comunicación Personal), por lo que se dispone de tan solo 6.18 ha por unidad animal para proporcionar alimento de calidad. Aunque Gutiérrez *et al.* (2007) reconocen que la capacidad de carga depende de varios factores entre ellos la precipitación, es necesario vigilar que se respete el límite de unidades animales recomendado, manejando el ganado mediante una complementación en períodos críticos y si fuera necesario, realizar acciones de mejoramiento de hábitat, tales como la construcción de bordos para conservar el suelo, retención de humedad y promover el establecimiento de plantas dentro del hábitat de la hormiga escamolera.

## CONCLUSIONES

Se identificó que nueve variables del hábitat son las que mejor explican la presencia de la hormiga escamolera en la UMA el Milagro, y que la densidad de nidos de fue de 3.8 nidos  $\text{ha}^{-1}$ . Aunque la hormiga *L. apiculatum*, sigue siendo un recurso económica y nutricional importante para las comunidades rurales de zonas áridas y semiáridas de México, enfrenta limitantes de agostaderos sobre pastoreados, y falta de normatividad en cuanto al manejo de sus hábitats.

## AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, en especial al Dr. Víctor Manuel Ruiz Vera, Director del Campus San Luis Potosí, al Técnico Fernando Montoya Frausto, propietario de la UMA "El Milagro" y muy especialmente a la cuadrilla de recolectores de escamoles del Tecomate, Pinos, Zacatecas, México para la realización del presente trabajo. Asimismo, se agradece muy especialmente al Ing. en Recursos Naturales Javier Rafael Valdez por el apoyo en la mejora de las figuras que se incluyeron en el presente trabajo y a la M.C. Martha Georgina Rodríguez Hernández de la Universidad Tecnológica Sierra Hidalguense por la supervisión del proyecto de estancia del primer autor.

## LITERATURA CITADA

- Addinsoft. 1994-2014. Xlstat Versión 2015.1.01.
- Akaike H.1969. Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the institute of Statistical Mathematics*, 21(1), 243-247
- Ambrosio-Arzate G.A., R. Nieto-Hernández, C., S. AguilarMedel, y A. Espinoza-Ortega. 2010. Los insectos comestibles: Un recurso para el desarrollo local en el Centro de Mexico. *In: Memorias de Eur. Assoc. Agric. Econ.* 11 6 th Seminar, Parma, Italy. pp: 6.
- Andrade L., E., M. Espinoza R., y A. Romero D. 2009. Acciones de lucha contra la desertificación en ambientes semiáridos en el noroeste de Tamaulipas, Mexico. *Papeles de Geografía* 49-50: 15-26.
- Bestelmeyer, B., R. Schooley. 1999. The ants of the southern Sonoran Desert: community structure and the role of trees. *Biodiversity Conserv.* 8: 643-657.
- Bolton, B. 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Cambridge, Mass.
- Bolton, B. 1995. A New General Catalogue of the Ants of the World. Harvard University Press. Cambridge, MA. 504 pp.
- Bolton, B.1995b. A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Natural History*, 29(4): 1037-1056.
- Brothers, D.J., Carpenter J. M. 1993. Phylogeny of Aculeata: Chrysoidea and Vespoidea (Hymenoptera). *J. Hym. Res.* 2 (1): 227-302.
- Brown, G. G., Pasini, A., Benito, N. P., De Aquino, A. M., Correia, M. E. F. 2001. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. *In International Symposium on Managing biodiversity in agricultural ecosystems* (pp. 8-10).
- Canfield, R. H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal and Forestry*, 39 (4): 388-394.
- Cornejo J.M. 1988. Técnicas de investigación social: el Análisis de Correspondencias. PPU. Barcelona, España. 39 p.
- COTECOCA (Comité Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero). 2009. Coeficientes de agostadero por entidad, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 1 pp.
- Cruz-Labana J.D., Tarango-Arámbula L.A., Alcántara-Carbajal J. L., Pimentel-López J., Ugalde-Lezama S., Ramírez-Valverde G., Méndez-Gallegos S.J. 2014. Uso de hábitat por la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) en el centro de México. *Agrociencia*, 48(6): 569-582.
- Cuadrillero, A. J. I. 1980. Consideraciones biológicas y económicas acerca de los Escamoles. Tesis Facultad de Ciencias, UNAM. 110 pp.
- DeFoliart, G. R. 1989. The human use of insects as food and as animal feed. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 35(1), 22-36.
- Esparza-Frausto G., Macías-Rodríguez F.J., Martínez-Salvador. M., Jiménez- Guevara M.A., Méndez-Gallegos S.J.2008. Insectos comestibles asociados a las magueyerías en el Ejido Tolosa, pinos, zacatecas, México. *Agrociencia* 42(2): 243-252.
- Fowler, H. G., Delabie, J. H.1995. Resource partitioning among epigeaic and hypogaeic ants (Hymenoptera: Formicidae) of a Brazilian cocoa plantation. *Ecología Austral*, 5, 117-124.
- García-Herrera, J., S. Méndez-Gallégos y D. Talavera-Magaña, 2010. El género *Agave* spp. en Mexico: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *RESPYN* 5:109-129.
- Giménez A., J., O. González C. 2011. Pisos de vegetación de la Sierra de Catorce y territorios. *Acta Bot. Mex.* 94: 91-123.
- Gómez, R., P. Halut, A. Collin. 1961. Production de proteines animales au Congo. *Bull. Agric. Congo.* 5(4):689-815.
- Gómez T.D. 2004. Componentes principales generalizados de dos poblaciones multivariantes. Fondo Editorial Lima. Serie Ciencias Básicas. México, D.F. 89p.
- Guisan, A., Zimmermann, N. E.2000. Predictive habitat distribution in ecology. *Ecological modelling*, 135 (2), 147-186
- Gulmahamad, H. 1995. The genus *Liometopum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) in California, with notes on nest architecture and structural importance. *The Pan-Pacific Entomologist*, 71: 82-86.
- Gutiérrez L.R., Medina G.G., Amador R.M.D.2007. Carga Animal en pastizal mediano abierto en Zacatecas. Centro de investigación regional Norte-Centro Campo experimental Zacatecas. Folleto informativo N°.41. 23pp.
- Guzmán-Mendoza, R., G. Castaño y M. C. Herrera-Fuentes. 2010. Variación espacial y temporal de la diversidad de hormigas en el Jardín Botánico del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81:427-435.
- Hoey-Chamberlain, R., M. K. Rust, and J. H. Klotz. 2013. A review of the biology, ecology and behavior of velvety tree ants of North America. *Sociobiology* 60(1): 1-10.
- Hölldobler, B. y E. Wilson. 1990. The Ants. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge. 732 p.
- Hölldobler, B., Wilson E.O.1990. The Ants, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, p. 732
- Hölldobler, B., Wilson, E. O. 1990. The Ants, chapter Colony odor and kin recognition. 1991-01) [2006-01-12]. [http://www. antsearch.univ-tours. fr/publi/LabMonVen02a. pdf](http://www.antsearch.univ-tours.fr/publi/LabMonVen02a.pdf).197-208.
- INEGI. 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Villa González Ortega, Zacatecas. (En línea) <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/32/32053.pdf>. (Consultado el 15 de julio 2015).
- Johnson, R. A., 2000. Habitat segregation based on soil texture and body size in the seed-harvester ants *Pogonomyrmex rugosus* and *P. barbatus*. *Ecol. Entomol.* 25: 403-412.
- Jongman R.H.G., Braak C.J. F. Tongeren O.F.R.V.1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press. Cambridge. 299 p.
- Kodonki, K. K. (1984). Contribution a l'etude de la composition d'un aliment du Zaire, Quatre varietes de chenilles comestibles. *Mem. DEA Universite Pierre et Marie Curie*, 48 pp.

- Lara-Juárez, P., 2013. Etnobiología de los Escamoles (*Liometopum apiculatum*) en el Altiplano Potosino. Tesis. Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. UASLP, pp. 103.
- Lara, J.P., Aguirre, R.J.R., Castro, L.P., Reyes, A.J.A. 2015. Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). Acta Zoológica Mexicana, 31(2): 251-264.
- López, R.G. O., Ramón, F. 2010. El mundo feliz de las hormigas. Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 13 (1): 35-48.
- Maindonald J., H. 2004. Using R for Data Analysis and Graphics Introduction, Code and Commentary. Centre for Bioinformatics Science, Australian National University. 99 p.
- Malaisse F., Parent G. 1980. Les chenilles comestibles du Shaba Méridionale (Zaire) Naturalistes Belges, 61(1): 2-24.
- Martínez, S. M., R. Mata-González, N. Morales, C., and R. Valdez-Cepeda 2012. *Agave salmiana* plant communities in central Mexico as affected by commercial use. Environ. Manage. 49: 55-63.
- McCullagh, P., Nelder, J. A. 1989. Generalized linear models. Second edition. Chapman and Hall. London. 256 p.
- Miller, T. E. X. 2007. Does having multiple partners weaken the benefits of facultative mutualism? A test with cacti and cactus-tending ants. Oikos 116: 500-512.
- Nkem, J. N., de Bruyn, L. L., Grant, C. D., & Hulugalle, N. R. 2000. The impact of ant bioturbation and foraging activities on surrounding soil properties. Pedobiologia, 44(5), 609-621.
- Novelo-Gutiérrez, R., Gómez-Anaya, J. A. 2013. Listado preliminar de los odonatos (Insecta: Odonata) del estado de Guanajuato, México. Dugesiana, 20 (2): 85-88.
- Pillaca O.R. I. 2003. La complementariedad del modelo log-lineal y de análisis de correspondencia en el estudio de los factores médicos, sociales y de sexualidad en adolescentes con presencia de infección vaginal. Trabajo monográfico de Licenciatura. Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas. EAP. De estadística. Lima, Perú. 124 pp.
- Pineda-Pérez, F. E., 2015. Rendimiento de escamoles en trabéculas de *Liometopum apiculatum* Mayr y su relación con variables del hábitat en el altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 51.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rafael-Valdez J., 2015. Sustratos forrajeros de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) en Villa González Ortega, Zacatecas, México. Tesis. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Universidad Autónoma Chapingo. 58 pp.
- Ramos-Elorduy, J., R. Mac Gregor, J. I. Cuadriello A., G. San Pedro. 1983. Quelques données sur la Biologie des Fourmis *Liometopum* (Dolichoderinae) au Mexique et en particulier sur leurs rapports avec les Homoptères. Social Insects in the Tropics. 2, 125-130.
- Ramos-Elorduy, J.; Darchen, B.; Flores-Robles, A.; Sandoval-Castro, E.; CuevasCorrea, S. 1986. Estructura del nido de *Liometopum occidentale* var. *luctuosum* manejo y cuidado de estos en los núcleos rurales de México de las especies productoras de escamol (*L. apiculatum* M y *L. occidentale* var. *luctuosum* W.) (Hymenoptera-Formicidae). Anales Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, 57 Serie Zoológica (2): 333-342 pp.
- Ramos-Elorduy J., Pino M. J. M., Cuevas C.S. 1998. Insectos comestibles en el estado de México y determinación de su valor nutritivo. Anales Inst. Biol Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool, 69 (1): 65-104.
- Ramos-Elorduy J., Pino J. M., Conconi M. 2006. Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. Folia Entomol. Mex., 45(3): 291-318.
- Ramos, R.B., Quintero, S.B., Ramos-Elorduy J., Pino, M.J.M., Ángeles, C.S.C., García, P.A., Barrera G.V.D. 2012. Análisis químico y nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el Estado de México. Interciencia, Vol. 37: 12
- Retana, J., and X. Cerdá. 2000. Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. Oecologia 123: 436-444.
- Ríos-Casanova L., Valiente-Banuet A., Rico-Gray. V. 2004. Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie) 20(1): 37-54.
- Ríos-Casanova, L. 2014. Biodiversidad de hormigas en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85: S392-S398.
- Rodríguez Delgado J.E. 2016. Distribución vertical de insectos escama (Sternorrhyncha: coccoidea) en follaje de *Yucca* spp. Tesis. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Universidad Autónoma Chapingo. 93 pp.
- Rotenberry, J. T., Wiens, J. A. 1980. Habitat structure, patchiness, and avian communities in North American steppe vegetation: a multivariate analysis. Ecology, 61(5), 1228-1250
- Rzedowski, J. 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta Cient. Potos, 5: 5-291
- Schreuder, H., T. Gregoire, and G. Wood 1993. Sampling Methods for Multiresource Forest Inventory. John Wiley and Sons. New York. 446 p.
- Thomas, L., S.T. Buckland, E.A. Rexstad, J. L. Laake, S. Strindberg, S. L. Hedley, J. R.B. Bishop, T. A. Marques, and K. P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. Journal of Applied Ecology 47: 5-14.
- Velasco C., C., M. C. Corona V., y R. Pena M. 2007. *Liometopum apiculatum* (Formicidae: Dolichoderinae) y su relación trofobiotica con Hemiptera sternorrhyncha en Tlaxco, Tlaxcala, Mexico. Acta Zool. Mex. 23: 2:31-42.
- Ward, P. S. 2010. Taxonomy, phylogenetics, and evolution., L. Lach, C. L. Parr y K. L. Abbott (Eds.), Ant ecology Oxford University Press. Oxford. 3-17 p.
- Ward, P. S., Brady, S.G., Fisher, B.L., Schultz, T.R. 2010. Phylogeny and biogeography of dolichoderinae ants: effects of data partitioning and relict taxa on historical inference. Systematic Biology, 59 (3): 342 362
- Wilson, E. O. 1971. The Insects Societies. The Belknap Press of Harvard University Press. 548 pp.
- Zamorano, P. 2014. Especies de insectos descritas en el año 2012: una evaluación sobre el aporte de cada país a la biodiversidad entomológica mundial. Boletín de la SEA, 54: 459-466.
- Zhang, Z.Q. 2011. Animal biodiversity: An introduction to higher level classification and taxonomic richness. Zootaxa, 3148: 7-12.

# MODELO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR COEXISTENCIA Y SEGREGACIÓN TRÓFICA DE DOS FELINOS SIMPÁTRICOS: *Puma concolor* L. Y *Panthera onca* L.

## ALTERNATIVE MODEL USED TO DETERMINE COEXISTENCE AND TROPHIC SEGREGATION OF TWO SYMPATRIC FELINES: *Puma concolor* L. AND *Panthera onca* L.

Cruz-Miranda, Y.<sup>1</sup>; Ugalde-Lezama, S.<sup>2\*</sup>; Tarango-Arámbula L.A.<sup>3</sup>; Rosas-Rosas, O.C.<sup>4</sup>; Buendía-Espinoza, J.C.<sup>5</sup>; Lozano-Cavazos, E.A.<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 5</sup>Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México- Texcoco, Chapingo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230. <sup>3, 4</sup>Postgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Colonia Centro, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, SLP. México. C.P 78620. <sup>6</sup>Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, C.P. 25315.

\*Autor de correspondencia: [biologo\\_ugalde@hotmail.com](mailto:biologo_ugalde@hotmail.com)

### RESUMEN

Se realizó una búsqueda, en bases de datos, sobre hábitos alimenticios de *Puma concolor* y *Panthera onca*, considerando la lista de presas (mamíferos-aves) más consumidas, con el objeto de aplicar la Teoría de Juegos (TJ) y el Equilibrio de Nash para Estrategias Puras (ENEP) como modelos predictivos sobre las estrategias de éxito y fracaso que permiten establecer patrones de coexistencia-segregación trófica entre ambos felinos simpátricos, con miras a generar recomendaciones de manejo de hábitat para mantener poblaciones viables de sus presas y de ambos depredadores. Ambos modelos fueron corridos con datos de Estrada (2008) sobre biomasa relativa consumida en kg especie<sup>-1</sup> por dichas especies. La TJ evidenció cuatro Estrategias Racionales Depredatorias Dominantes basadas en el consumo de *C. paca* (Tepe; 87.66, 12.53), *N. narica* (Pizote; 46.01, 85.74), *Pecari tajacu* (Jabalí; 6.02, 21.06), Aves (39.27, 26.79). El ENEP señaló una Estrategia Racional Depredatoria resultante a través del consumo de *N. narica* (Pizote; 46.01, 85.74), respectivamente. Se concluye que la TJ y el ENEP resultan útiles para identificar patrones de coexistencia y segregación trófica entre estos competidores, y se sugiere diseñar establecer de manejo-mejoramiento de hábitat que permitan la viabilidad, en este caso, de *N. narica* (Pizote) para mantener poblaciones tróficamente estables de ambos predadores.

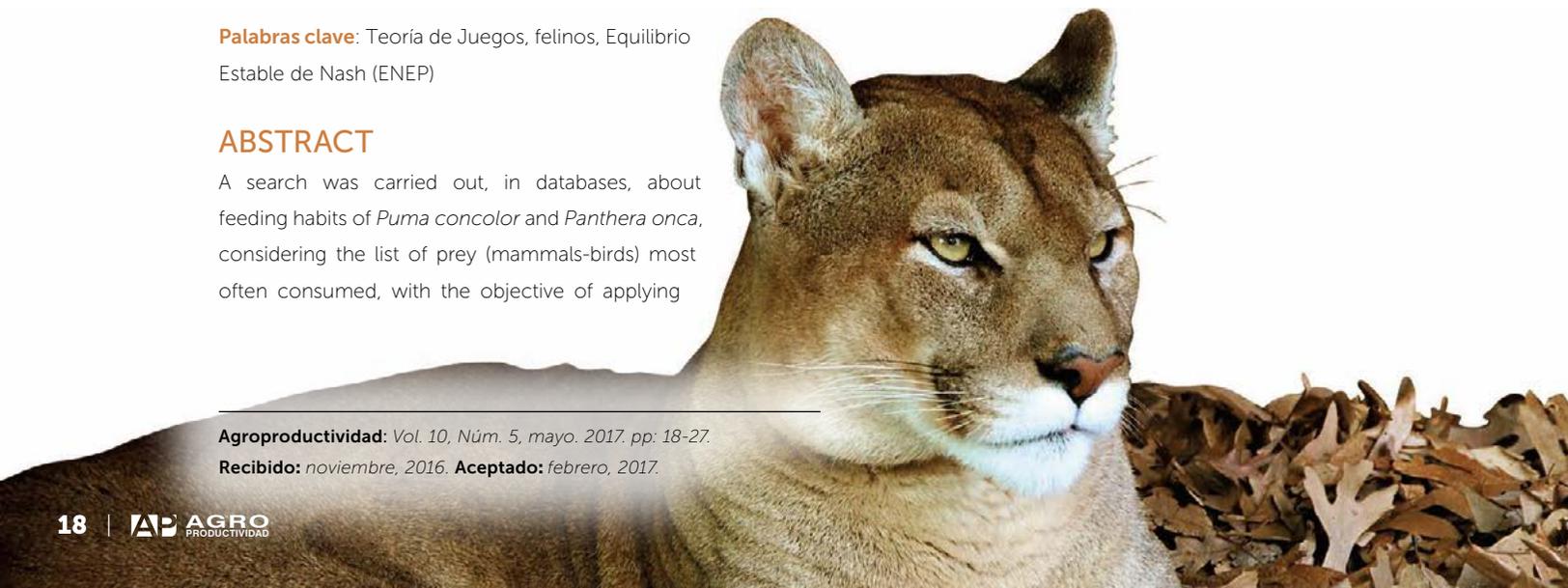
**Palabras clave:** Teoría de Juegos, felinos, Equilibrio Estable de Nash (ENEP)

### ABSTRACT

A search was carried out, in databases, about feeding habits of *Puma concolor* and *Panthera onca*, considering the list of prey (mammals-birds) most often consumed, with the objective of applying

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo. 2017. pp: 18-27.

**Recibido:** noviembre, 2016. **Aceptado:** febrero, 2017.



the Game Theory (GT) and Nash Equilibrium in Pure Strategies (NEPS) as predictive models regarding the strategies of success and failure that allow establishing patterns of trophic coexistence-segregation between both sympatric felines, looking to generate recommendations for habitat management to maintain viable populations of their prey and of both predators. Both models were run with data from Estrada (2008) on relative biomass consumed in  $\text{kg species}^{-1}$  for those species. The GT evidenced four Rational Dominant Predatory Strategies based on the consumption of *C. paca* (Tepe; 87.66, 12.53), *N. narica* (white-nosed coati; 46.01, 85.74), *Pecari tajacu* (wild boar; 6.02, 21.06), birds (39.27, 26.79). The NEPS pointed to a Rational Predatory Strategy resulting through the consumption of *N. Narica* (white-nosed coati; 46.01, 85.74), respectively. It is concluded that the GT and NEPS turn out to be useful to identify patterns of trophic coexistence and segregation between these competitors, and the suggestion is to design habitat management-improvement which could allow viability, in this case, of *N. narica* (white-nosed coati) to maintain trophically stable populations of both predators.

**Keywords:** Game Theory, felines, Stable Nash Equilibrium (NEPS).

## INTRODUCCIÓN

**El puma** (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*), son los felinos más grandes del hemisferio occidental. En las regiones donde coexisten, viven simpátricamente (López, 1996; Mares, 1993) exhibiendo una talla similar, lo que presupone, basado en el principio de exclusión competitiva (Bulmer, 1974) que existe algún mecanismo de segregación ecológica; particularmente de tipo trófico, en alguno de los componentes que conforman su nicho ecológico. Una interacción ecológica de segregación trófica que se establece, particularmente, entre felinos que ocupan nichos tróficos similares es la competencia intra e interespecífica, la cual ocurre cuando dos o más organismos, de una o más especies,

compiten por un mismo recurso limitante, por ejemplo el alimento, de tal forma que si este se encontrara disponible eliminaría dichas interacciones. Los efectos de la competencia sufridos por un individuo no tienen necesariamente que ser el resultado de la acción de otro individuo, en concreto, con el cual compite (Begon et al., 2006), dado que cada especie elige la estrategia que más le conviene, lo que implica asumir las consecuencias o bien los beneficios de la misma, lo que tiende a maximizar su adecuación en términos alimenticios y energéticos (Abramson, 2014). La comprensión de los intrincados patrones de depredación; en torno al uso, preferencia y selección para explicar patrones de coexistencia-segregación trófica en mesocarnívoros silvestres (*P. concolor* y *P. onca*) podría evidenciar tendencias e información valiosa para la implementación de estrategias y políticas de conservación y manejo de este tipo de metapoblaciones silvestres en sus hábitats de distribución natural (Karanth y Sunquist, 1995). Algunos estudios (Crawshaw, 1995; Emmons, 1987; Irriarte et al., 1991; Oliveira, 1994; Taber et al., 1997) han dado cuenta de los hábitos alimenticios y selección de hábitat de *P. concolor* y *P. onca*, evidenciando que ambas especies exhiben un amplio rango en el consumo de presas, adaptabilidad y hábitat. Otro estudio (Oliveira, 2002) sobre diferenciación trófica entre estas especies de felinos han evidenciado diferentes patrones de conformación en sus dietas, además de aspectos de corte morfológico asociado al aspecto alimenticio a lo largo de toda su distribución geográfica. Irriarte et al. (1990) señala que en puma americano (*Felis concolor*), los patrones en la selección de sus presas están influenciados por la disponibilidad y vulnerabilidad de las mismas, las características del hábitat y potencial competencia con otros felinos simpátricos como el jaguar (*P. onca*). Existen diversos modelos y métodos estadísticos que han tratado de explicar patrones



de coexistencia y segregación trófica entre depredadores, tales como el de Lotka-Volterra (Hollin, 1965), otros modelos simples basados en el análisis e interpretación de las distribuciones de las abundancias registradas por especie, por ejemplo, el geométrico, logarítmico, exponencial, de vara quebrada etc. (Magurran, 1988); hasta métodos estadísticos de corte multivariante (análisis de correspondencia canónica), que explican la posible relación en términos probabilísticos (regresiones logística, binomial), y en términos de coeficientes estadísticamente significativos, por ejemplo, regresión Poisson, o aquellos que pueden representar gráficamente dicha relación, tales como el análisis de correspondencia simple y múltiple (Jongman *et al.*, 1995). No obstante, estos solo evalúan la posible relación que existe entre depredadores-presas, con el fin de inferir la posible coexistencia o segregación trófica entre carnívoros depredadores, sin embargo, a pesar de ser pruebas estadísticas robustas y de amplia aplicación ecológica, no explican dichos patrones tróficos en función de las estrategias (éxito o fracaso) empleadas por ambos felinos que permita inferir el costo-beneficio energético en el consumo de presas, dicho fenómeno podría ser explicado mediante la Teoría de Juegos (Restrepo, 2009) y el Equilibrio de Nash para Estrategias Puras (Nash, 1951), como modelos predictivos que complementen los postulados establecidos por Charnov (1976) en la Teoría del Forrajeo Optimo, en la que se establece que grandes depredadores optaran por presas de mayor talla que le reditúen mayor cantidad energética, reduciendo el costo depredatorio ante la presencia de factores limitantes, como por ejemplo, el alimento u otros depredadores, como factores de competencia; pese a sus posibles aportaciones, dichos modelos-teoría no han sido utilizados en estudios de mesocarnívoros en estatus de conservación como *P. concolor* y *P. onca*, (SEMARNAT, 2010). Además, estudios de interacción entre mamíferos carnívoros depredadores son escasos, la mayor parte están limitados a zonas templadas. Los felinos neotropicales más grandes, como jaguar y puma, han sido ampliamente estudiados en mosaicos de pastizales/bosque en Brasil, Venezuela, Paraguay y Perú (Schaller y Vascelos, 1978; Schaller y Crawshaw 1980; Taber *et al.*, 1997; Emmons, 1987) donde gran parte de su ecología es relativamente bien conocida, limitándose a estudios sobre preferencia de presas (Novak *et al.*, 2005). Es conocido que estas especies son generalistas en el consumo, preferencia, selección de presas y hábitats (Iriarte *et al.*, 1991; Oliveira, 2002), por lo que existe la posibilidad de una coexistencia simpátrica; particularmente en un área relativamente homogénea. Por su parte Rosas-Rosas y Bender (2012), y Hernández-Saintmartín *et al.* (2013) sugieren para Sonora y San Luis Potosí, México que ambos felinos fluctúan sus poblaciones espacio-temporalmente a nivel de edades y sexos; presentando actividad catemeral con traslape en sus patrones de actividad; sin embargo, establecen una estrategia de separación temporal en su actividad para minimizar la competencia, permitiendo su coexistencia. A pesar de su importancia ecológica-estatus de conservación, a nivel poblacional, no existen estudios en los que se apliquen modelos de TJ y ENEP para explicar dichos patrones de coexistencia-segregación alimenticia; por lo tanto, el objetivo de la presente fue aplicar ambos modelos para inferir las estrategias de éxito o fracaso que establezcan los patrones de coexistencia-segregación trófica entre *P. concolor* y *P. onca*, para definir recomendaciones de manejo-mejoramiento de hábitat enfocadas a la sostenibilidad de sus principales presas que permitan el mantenimiento de

poblaciones tróficamente viables de ambas metapoblaciones de felinos silvestres en México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La búsqueda y recolección de datos se llevó a cabo de febrero-abril de 2016; para ello se realizó una búsqueda intensiva en bases de datos (J-store, Web of Science), la información extraída se basó en el principio de afinidad zoológica; por lo cual, se revisaron los hábitos alimenticios de estos felinos, considerando y contrastando la lista de las principales presas (mamíferos y aves) que conforman su dieta de acuerdo a lo reportado por Ceballos *et al.* (2005; 2012); considerando además, las especies no consumidas por el jaguar-puma (Link y Karanth, 1994; Moreira-Ramírez *et al.*, 2015; Laundré, 2005; Novack *et al.*, 2005; Gómez-Ortiz y Monroy-Vilchis, 2013). Sin embargo, para alimentar los modelos de TJ y ENEP se utilizaron los datos reportados por Estrada (2008) modificados para la presente (Cuadro 1) sobre las nueve principales presas consumidas (biomasa; en kilogramos) por ambos felinos.

El modelo de TJ consistió en evaluar las posibles estrategias (decisiones) en la biomasa consumida de las siguientes nueve presas más comunes: Cotuza: *Dasyprocta punctata*; Pizote: *Nasua narica*; Venados: *Odocoileus virginianus*, *Mazama temama* y *Mazama pandora*; Jabalí: *Tayassu pecari*; Pecari tajacu; Monos: *Alouatta palliata* y *Ateles geoffroyi*; Armadillo: *Dasybus novemcinctus*; Tepe: *Cuniculus paca* y Aves: *Tinamus major*, *Crax rubra* y *Meleagris ocellata*; identificadas en la dieta de ambos jugadores: 1) *P. concolor* (puma; P) y 2) *P. onca* (jaguar; J); quienes bajo el supuesto ecológico de interacción de competencia

**Cuadro 1.** Biomasa relativa consumida por *P. concolor*-*P. onca* analizada en excretas recolectadas en Reservas de la Biosfera Maya (Guatemala) y Calakmul (México), 1994 a 2005. Fuente: Estrada (2008; modificada para la presente).

Especie	Biomasa consumida por puma (kg)	Biomasa consumida por jaguar (kg)
Cotuja	81.06	12.47
Pizote	46.01	85.74
Venados	317.86	49.12
Jabalí	6.02	21.06
Coche de m.	54.46	140.05
Monos	40.24	4.47
Armadillo	17.15	107.21
Tepe	87.66	17.53
Aves	32.97	26.79

negativa, compiten intensamente para superar el uno al otro en la partición de recursos alimenticios que permitan su coexistencia o segregación trófica entre ellos. En dicho modelo, cada jugador pudo potencialmente optar entre dos estrategias competitivas depredatorias (pelear por una parte de la biomasa disponible por presa *u*; optar por la biomasa sobrante de dicha presa (*i.e.* segregación trófica) en dicha interacción, incluso optar por otra presa de menor biomasa y calidad energética; es decir, optar por el éxito o el fracaso), lo cual repercutió en las tendencias arrojadas por el modelo para explicar la coexistencia-segregación (estrategias competitivas) trófica entre ambos felinos (*i.e.* como la decisión de uno afecta o beneficia al otro y viceversa), desde el punto de vista de su coexistencia trófica simpátrica. Tal situación se conoce como "juego de suma cero entre los dos individuos" (en este caso particular, entre depredadores; jaguar y puma) porque la ganancia de uno fue la pérdida del otro. De acuerdo con Taber *et al.* (1997), Garla *et al.* (2001), López y Miller (2002), Weckel *et al.* (2006) y Foster *et al.* (2010) ambas especies coexisten por diferencias en sus dietas, sin embargo, exhiben un bajo traslape en el consumo de presas medianas y pequeñas; no obstante, el jaguar suele consumir presas más grandes en promedio que el puma, debido a que es una especie de mayor tamaño y consumo ener-

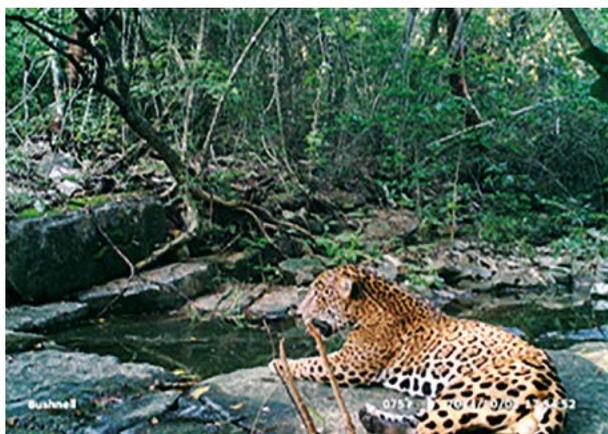
gético; asimismo, el tamaño de las presas consumidas incrementa latitudinalmente conforme sus áreas de distribución se acercan al Ecuador; particularmente en *P. onca*. Así, la relación simpátrica entre ambos felinos esta predeterminada por la diversidad, tamaño y peso de las presas consumidas, asociadas a su disponibilidad y abundancia; lo cual, parece influir sobre el uso, preferencia y selección de presas pequeñas, medianas y grandes. Esto parece determinar la competencia entre ambos felinos asociadas a las diferencias en la estructura del hábitat, sus presas y sus patrones de actividad. En dicho modelo se señalaron a los dos participantes como A (puma; P) y B (jaguar; J); con *m* y *n* estrategias, respectivamente; el juego se presentó en función de la matriz de pago que recibió el jugador A (matriz de retribuciones; Cuadro. 2):

**Cuadro 2.** Matriz de Pago. Fuente (Taha, 2012).

	B1	B2	...	Bn
A1	<i>a</i> <sub>11</sub>	<i>a</i> <sub>12</sub>	...	<i>a</i> <sub>1<i>m</i></sub>
A2	<i>a</i> <sub>21</sub>	<i>a</i> <sub>22</sub>	...	<i>a</i> <sub>2<i>m</i></sub>
...	...	...	...	...
A <i>m</i>	<i>a</i> <sub><i>m</i>1</sub>	<i>a</i> <sub><i>m</i>2</sub>	...	<i>a</i> <sub><i>m</i><i>n</i></sub>

La representación indica que si A utiliza la estrategia *i* y B utiliza la estrategia *j*, la retribución para A es *a*<sub>*ij*</sub>, y la retribución para B es -*a*<sub>*ij*</sub>, dando como resultado lo que se denomina juego en forma normal o juego 1 (Cuadro 3, Figura 1) (Taha, 2012).

Posteriormente se procedió a determinar el Equilibrio Estable, para lo cual se analizó el juego en forma normal o juego 1, mediante el ENEP, ya que se trata de una matriz de 3x3, en las que señala que no hay una solución perfecta; es decir, no existe una dominada por todas; lo que sugiere que no hay una sola estrategia mejor que todas. No obstante, es imperativo señalar que empleando matemáticas avanzadas-precisas, dichas matrices podrían ser analizadas mediante Equilibrio Estable para Estrategias Mixtas de Fracción o Probabilidades (EEEMF), sin embargo,



**Figura 1.** *P. onca* en la Sierra del Abra Tanchipa, tomada mediante cámara trampa. Cortesía de: COLPOS-CONANP-Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) 2015.

esto último no es objeto del estudio, debido a que el EEEMF se recomienda más para matrices de 2x2; por lo tanto, el procedimiento empleado en el ENEP consistió en: Subrayar el mayor valor por filas de la segunda coordenada (de J; B); Subrayar el mayor valor (de P; A) por columnas, de la primera coordenada. De tal manera, que el ENEP sería igual a (s) intersecciones que presente (n) los valores más altos de 1) y 2) en la misma (s) coordenada (s). En ambos casos, el desarrollo de dichos modelos se realizó en el programa EXCEL Microsoft Office (2013).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron el arreglo de la competencia entre *P. concolor* (P) y *P. onca* (J), el cual se establecieron nueve posibles estrategias de cacería en relación al consumo de biomasa en kg de las presas consideradas y reportadas en la literatura como las más consumidas por ambos felinos (Estrada, 2008; modificados para la presente); es decir, juego en forma normal o juego 1 (Cuadro 3).

A partir del Juego 1 y bajo el cuestionamiento de ¿cuáles son las estrategias que sobreviven a la eliminación sucesiva?, estrategias dominadas. Enseguida se muestra la eliminación de las estrategias marcadas en P1 para puma (P; Cuadro 4); es decir, ¿cuáles son las estrategias dominadas en P(A)? (Figura 2).

Basado en la eliminación de P1 para puma (A; P) del Juego en forma normal o juego 1, los resultados sugieren que las Estrategias Racionales restantes fueron las resultantes de eliminar dichas estrategias sucesivas domina-

das señaladas en P1, dando como resultado el juego 2. Las comparaciones estrictamente mayores identificadas mostraron que  $P3 < P2$ ; es decir la primera es dominada por la segunda (Cuadro 5), de tal forma que el puma (P; A) no utilizó la estrategia P1 que no es dominante, ya que le daría ventaja al jaguar (J; B). Posterior al Juego 2 y bajo el cuestionamiento previamente señalado, se muestra la eliminación de las estrategias marcadas en J2 para jaguar (J; Cuadro 6). Después de la eliminación de J2 para jaguar (B; J) del Juego 2, los resultados sugieren que las Estrategias Racionales restantes fueron aquellas resultantes de eliminar dichas estrategias sucesivas dominadas señaladas en J2, dando como resultado el juego 3. Las comparaciones estrictamente mayores identificadas muestran que  $J1 < J3$ ; es decir la primera es dominada por la segunda (Cuadro 7), de tal forma que el jaguar (J; B) no utilizó la estrategia J2 que no es dominante, ya que le daría ventaja al puma (P; A).

Así, las Estrategias Racionales resultantes fueron cuatro: {(P2, J1), (P2, J3), (P3, J1), (P3, J3)}; que equivale al consumo de biomasa en kg de las siguientes presas para *P. concolor* y *P. onca*: *C. paca* (87.66, 12.53), *N. narica* (46.01, 85.74), *T. pecari* (6.02, 21.06), Aves (*T. major*, *C. rubra* y *M. ocellata*) (39.27, 26.79), respectivamente; las tendencias en dichos resultados, contrastan con lo reportado por el mismo Estrada (2008), Hernández-Saint-Martin *et al.* (2015), Ackerman *et al.* (1984); quienes reportan que el puma consume más biomasa en kg de venado: *O. virginianus*, *M. temama* y *M. pandora*, Tepe: *C. paca*, Cotuza: *D. punctata*, Coche de monte: *P. tajacu*; por su parte, el jaguar consume Coche de monte: *P. tajacu*, Armadillo: *D. novemcinctus*, Pizote: *N. narica*,

**Cuadro 3.** Juego 1, Estrategias de cacería establecidas entre *P. concolor* y *P. onca* para el consumo de biomasa en kg de nueve especies de presas más comunes (Estrada, 2008; modificados para la presente).

JUEGO EN FORMA NORMAL (JUEGO 1)				
P (A)/J (B)		JAGUAR ( <i>P. onca</i> ) JUGADOR B, J		
		J1	J2	J3
PUMA ( <i>P. concolor</i> ) JUGADOR A, P	P1	<i>O. virginianus</i> , <i>M. temama</i> y <i>M. pandora</i> (Venado) 317.6      49.12	<i>P. tajacu</i> (Coche de m.) 54.46      140.05	<i>D. novemcinctus</i> (Armadillo) 17.15      107.21
	P2	<i>C. paca</i> (Tepe) 87.66      17.53	<i>D. punctata</i> (Cotuza) 81.06      12.47	<i>N. narica</i> (Pizote) 46.01      85.74
	P3	<i>T. pecari</i> (Jabali) 6.02      21.06	<i>A. palliata</i> y <i>A. geoffroyi</i> (Mono) 40.24      4.47	<i>T. major</i> , <i>Crax rubra</i> y <i>Meleagris ocellata</i> (Aves) 32.97      26.79



**Figura 2.** *P. concolor* en la Sierra del Abra Tanchipa, tomada mediante cámara trampa. Cortesía de: COLPOS-CONANP-Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) 2015.

**Cuadro 4.** Eliminación de P1 para puma (A; P) del Juego en forma normal o juego 1, dentro de las Estrategias de cacería establecidas entre *P. concolor* y *P. onca* para el consumo de biomasa en kg de nueve especies de presas más comunes (Estrada, 2008; modificados para la presente).

JUEGO EN FORMA NORMAL (JUEGO 1)							
P (A)/J (B)		JAGUAR ( <i>P. onca</i> ) JUGADOR B, J					
		J1		J2		J3	
PUMA ( <i>P. concolor</i> ) JUGADOR A, P	P1	<i>O. virginianus</i> , <i>M. temama</i> y <i>M. pandora</i> (Venado)		<i>P. tajacu</i> (Coche de m.)		<i>D. novemcinctus</i> (Armadillo)	
		317.6	49.12	54.46	140.05	17.15	107.21
	P2	<i>C. paca</i> (Tepe)		<i>D. punctata</i> (Cotuza)		<i>N. narica</i> (Pizote)	
		87.66	17.53	81.06	12.47	46.01	85.74
	P3	<i>T. pecari</i> (Jabali)		<i>A. palliata</i> y <i>A. geoffroyi</i> (Mono)		<i>T. major</i> , <i>Crax rubra</i> y <i>Meleagris ocellata</i> (Aves)	
		6.02	21.06	40.24	4.47	32.97	26.79
Se elimina por ser una estrategia sucesiva dominada en P (A)							

**Cuadro 5.** Juego 2, Estrategias Dominantes en P (A) dentro de las Estrategias de cacería establecidas entre *P. concolor* y *P. onca* para el consumo de biomasa en kg de nueve especies de presas más comunes (Estrada, 2008; modificados para la presente).

JUEGO ESTRATEGIAS DOMINANTES EN P (A; JUEGO 2)							
P (A)/J (B)		JAGUAR ( <i>P. onca</i> ) JUGADOR B, J					
		J1		J2		J3	
PUMA ( <i>P. concolor</i> ) JUGADOR A, P	P2	<i>C. paca</i> (Tepe)		<i>D. punctata</i> (Cotuza)		<i>N. narica</i> (Pizote)	
		87.66	17.53	81.06	12.47	46.01	85.74
	P3	<i>T. pecari</i> (Jabali)		<i>A. palliata</i> y <i>A. geoffroyi</i> (Mono)		<i>T. major</i> , <i>Crax rubra</i> y <i>Meleagris ocellata</i> (Aves)	
		6.02	21.06	40.24	4.47	32.97	26.79

**Cuadro 6.** Eliminación de J2 para jaguar (B; J) del Juego 2, dentro de las Estrategias de cacería establecidas entre *P. concolor* y *P. onca* para el consumo de biomasa en kg de nueve especies de presas más comunes (Estrada, 2008; modificados para la presente).

ELIMINACIÓN DE J2 PARA JAGUAR (B, J) DEL JUEGO DE ESTRATEGIAS DOMINANTES EN P (A; JUEGO 2)							
P (A)/J (B)		JAGUAR ( <i>P. onca</i> ) JUGADOR B, J					
		J1		J2		J3	
PUMA ( <i>P. concolor</i> ) JUGADOR A, P	P1	<i>O. virginianus</i> , <i>M. temama</i> y <i>M. pandora</i> (Venado)		<i>P. tajacu</i> (Coche de m.)		<i>D. novemcinctus</i> (Armadillo)	
		317.6	49.12	54.46	140.05	17.15	107.21
	P2	<i>C. paca</i> (Tepe)		<i>D. punctata</i> (Cotuza)		<i>N. narica</i> (Pizote)	
		87.66	17.53	81.06	12.47	46.01	85.74
	P3	<i>T. pecari</i> (Jabalí)		<i>A. palliata</i> y <i>A. geoffroyi</i> (Mono)		<i>T. major</i> , <i>Crax rubra</i> y <i>Meleagris ocellata</i> (Aves)	
		6.02	21.06	40.24	4.47	32.97	26.79
Se elimina por ser una estrategia sucesiva dominada en J (B)							

**Cuadro 7.** Juego 3, Estrategias Dominantes en J (B) dentro de las Estrategias depredatorias establecidas entre *P. concolor* y *P. onca* para el consumo de biomasa en kg de nueve especies de presas más comunes (Estrada, 2008; modificados para la presente).

JUEGO ESTRATEGIAS DOMINANTES EN J (B; JUEGO 3)					
P (A)/J (B)		JAGUAR ( <i>P. onca</i> ) JUGADOR B, J			
		J1		J3	
PUMA ( <i>P. concolor</i> ) JUGADOR A, P	P2	<i>C. paca</i> (Tepe)		<i>N. narica</i> (Pizote)	
		87.66	17.53	46.01	85.74
	P3	<i>T. pecari</i> (Jabalí)		<i>T. major</i> , <i>Crax rubra</i> y <i>Meleagris ocellata</i> (Aves)	
		6.02	21.06	32.97	26.79

Venado: *O. virginianus*, *M. temama* y *M. pandora*. Sin embargo, dichas estrategias podrían estar determinando una competencia negativa entre ambos felinos simpátricos en las Reservas de la Biosfera evaluadas en Guatemala y México. Es imperativo señalar que dichas estrategias racionales no corresponden al Equilibrio de Nash; no obstante, fue una buena aproximación. Es decir, llegar de nueve posibilidades a cuatro fue adecuado; sin embargo, los resultados del ENEP sugieren que solo existe una Estrategia Racional Depredatoria Resultante, la cual fue la

siguiente: {(P2, J3)}, lo que equivale al consumo de biomasa en kg de la siguiente presa para *P. concolor* y *P. onca*: *Nasua narica* (46.01, 85.74), respectivamente, dando origen al juego 4 (Cuadro 8) (Figura 3).

Las tendencias en éstos últimos resultados evidencian, en contraste a las cuatro estrategias racionales previamente descritas (Cuadro 7, Juego 3), que si ambos felinos (*P. concolor* y *P. onca*) optaran por las estrategias resultantes en el ENEP para la presente, podrían coexistir tróficamente como lo sugiere Nash (1951) para

dos competidores, debido a que las Estrategias Depredatorias Dominantes entre ambos les permitiría eliminar dicha interacción ecológica negativa, estableciendo una coexistencia trófica positiva sustentada en el consumo de *N. narica* (Estrategia Racional Depredatoria Resultante) y diversificándola hacia otras presas cuando las interacciones incrementen, resultado probablemente de coacciones ambientales o del incremento en la dinámica de sus poblaciones. Esto coincidiría con lo reportado por Morse (1981), Charnov (1976), Johnson et al. (2005) en

**Cuadro 8.** Juego 4, resultados del ENEP con la Estrategia Dominante ((P2, J3}) dentro de las Estrategias depredatorias establecidas entre *P. concolor* y *P. onca* para el consumo de biomasa en kg de nueve especies de presas más comunes (Estrada, 2008; modificados para la presente).

		RESULTADOS DEL ENEP (SUBRAYADAS; JUEGO 4) OBTENIDO DEL JUEGO EN FORMA NORMAL (JUEGO 1)					
P (A)/J (B)		JAGUAR ( <i>P. onca</i> ) JUGADOR B, J					
		J1		J2		J3	
PUMA ( <i>P. concolor</i> ) JUGADOR A, P	P1	<i>O. virginianus</i> , <i>M. temama</i> y <i>M. pandora</i> (Venado)		<i>P. tajacu</i> (Coche de m.)		<i>D. novemcinctus</i> (Armadillo)	
		<u>317.6</u>	49.12	54.46	<u>140.05</u>	17.15	107.21
	P2	<i>C. paca</i> (Tepe)		<i>D. punctata</i> (Cotuza)		<i>N. narica</i> (Pizote)	
		87.66	17.53	<u>81.06</u>	12.47	<u>46.01</u>	<u>85.74</u>
	P3	<i>T. pecari</i> (Jabali)		<i>A. palliata</i> y <i>A. geoffroyi</i> (Mono)		<i>T. major</i> , <i>Crax rubra</i> y <i>Meleagris ocellata</i> (Aves)	
		6.02	21.06	40.24	4.47	32.97	<u>26.79</u>
Resultado del ENEP que permiten coexistencia trófica entre P (A) y J (B).							

la Teoría del Forrajeo Óptimo quienes señalan que la estrategia de un depredador para asegurar su nutrición en un tiempo mínimo se conoce como alimentación óptima; a través de ésta, las especies han tenido que mostrar amplia coexistencia mediante la partición de recursos alimenticios por segregación de sus hábitats de alimentación (MacArthur, 1958; Neill et al., 2009); de tal forma que la adecuación de un animal está en función de la eficiencia de su alimentación medida en términos de algún gasto, usualmente energía y, que la selección natural ha dado como resultado, depredadores que se alimentan para maximizar tal adecuación. En la presente investigación, la adecuación puede estar asociada con el comportamiento alimenticio de ambos felinos; el cual, ha sido maximizado por dicha selección sujeta a ciertas coacciones ambientales, la estructura y composición del hábitat, las cuales podrían estar determinando, por una parte, la distribución de presas y por otra, los métodos de cacería empleados por ambos felinos (*P. concolor* y *P. onca*). Los modelos ecológicos pueden orientarnos hacia una mejor explicación de interacciones, en condiciones de perturbaciones mínimas, entre competidores y entre depredadores y sus presas como lo es el modelo clásico de Lotka-Volterra, el cual matemáticamente muestra el equilibrio entre estas interacciones (Hollin, 1965). Actualmente y con los cambios drásticos en los ambientes y paisajes donde habitan estos carnívoros, es importante elucubrar opciones, modelos y escenarios en donde las presas preferenciales naturales sean escasas y solo se dispusiera de mamíferos medianos como presas alternas para carnívoros como el jaguar y puma.



**Figura 3.** *P. onca* en la Sierra del Abra Tanchipa, tomada mediante cámara trampa. Cortesía de: COLPOS-CONANP-Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) 2015.

**CONCLUSIONES**

**Ambos felinos** simpátricos adoptan las siguientes estrategias en el consumo de presas para su coexistencia-segregación trófica: el puma P (A; P2) tuvo como mejor estrategia el consumo de Tepe para tener éxito, en caso de fracaso (si es segregado tróficamente) el consumo de *N. narica* (Pizote), *T. major*, *C. rubra* y *M. ocellata* (AVES), *T. pecari*. En contraste, el jaguar J (B; J3) tuvo como mejor estrategia el consumo de *N. narica* para tener éxito, en caso de fracaso (si es segregado tróficamente) el consumo de Aves (*T. major*, *C. rubra* y *M. ocellata*), *T. pecari*, *C. paca*. Sin embargo, de acuerdo al ENEP el Equilibrio estable en las interacciones de competencia entre *P. concolor* y *P. onca* se alcanzaría

cuando ambas especies adoptaran la estrategia de consumir *N. narica* (Pizote), lo que les permitiría la coexistencia trófica. De tal forma que la TJ y el ENEP podrían resultar como herramientas útiles para inferir las estrategias de éxito y/o fracaso adoptados por ambos depredadores en el establecimiento de patrones de coexistencia y segregación trófica, lo que coadyuvaría a establecer estrategias de manejo y mejoramiento de hábitat con fines de su conservación en áreas de distribución natural, en las que exista la presencia de las presas consideradas en la presente investigación.

## LITERATURA CITADA

- Abramson G. 2014. La matemática de los sistemas biológicos. Universidad Nacional de Cuyo. Centro Atómico Bariloche, Instituto Balseiro y CONICET. Argentina. 285 p.
- Ackerman B.B., Frederick G., Lindzey E., Hempker Th.P. 1984. Cougar food habits in southern Utha. The Journal of Wildlife Management, 48(1):147-155.
- Begon M., Townsend C. R., Harper J. L. 2006. Ecology from Individuals to Ecosystems. Blackwell Publishing. 132 p.
- Bulmer M.G. 1974. Density-dependent selection and character displacement. The American Naturalist, 108: 45-58.
- Ceballos G., Chávez C., Zarza H. 2012. Censo Nacional del Jaguar y sus Presas (1ª Etapa). CONANP, IE-UNAM, ALIANZA WWF-TELCEL, TELMEX y CONABIO. Informe Final SNIB- CONABIO Proyecto HE011. México, D.F. 55 p.
- Ceballos G., Chávez C., Zarza H., Manterola C. 2005. Ecología y conservación del jaguar en la región de Calakmul. Biodiversitas, 62:1-7.
- Charnov E.L. 1976. Optimal foraging; attack strategy of a mantid. Am. Nat., 110: 141-151.
- CONANP. 2015. Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER).
- Crawshaw P.G. 1995. Comparative ecology of ocelot (*Felis pardalis*) and jaguar (*Panthera onca*) in a protected subtropical forest in Brazil and Argentina. PhD dissertation. University of Florida. 95 p.
- Emmons L.H. 1987. Comparative feeding ecology of felids in a neotropical rainforest. Behavioral ecology and sociobiology, 20(4):271-283.
- Estrada H. Ch. G. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y jaguar (*Panthera onca*) en la selva maya. Revista Mexicana de Mastozoología, (Nueva época), 12 (1): 113-130.
- Foster R.J., Harmsen B. J., Valdes B., Pomilla C. and Doncaster C. P. 2010. Food habits of sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance. Journal of Zoology, 280:309-318.
- Garla R.C., Setz E. Z. F. and Gobbi N. 2001. Jaguar (*Panthera onca*) food habits in Atlantic rain forest of southeastern Brazil. Biotropica, 33(4):691-696.
- Gómez-Ortiz Y., Monroy-Vilchis O. 2013. Feeding ecology of puma (*Puma concolor*) in Mexican montane forests with comments about jaguar (*Panthera onca*). Wildlife Biology, 19:179-187.
- Hernández-SaintMartín D., Rosas-Rosas O.C., Palacio-Núñez J., Tarango-Arámbula L.A., Clemente Sánchez F., Hoogesteijn A.L. 2013. Activity patterns of jaguar, puma and their potential prey in San Luis Potosí, Mexico. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 29(3): 520-533.
- Hernández-SaintMartín A.D., Rosas-Rosas O.C., Palacio-Núñez J., Tarango-Arámbula L.A., Clemente-Sánchez F., Hoogesteijn A.L. 2015. Food Habits of Jaguar and Puma in a Protected Area and Adjacent Fragmented Landscape of Northeastern Mexico. Natural Areas Journal, 35(2):308-317.
- Iriarte J.A., Franklin W.L., Johnson W.E., Redford K.H. 1990. Biogeographic variation of food habits and body size of the American puma. Oecologia, 85:185-190.
- Iriarte J. A., Franklin W., Johnson W. 1991. Feeding Ecology of the Patagonian puma in Southernmost Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 64:145-156.
- Johnson M.D., Sherry T.W., Strong A.M., Medori A. 2005. Migrants in Neotropical bird communities: an assessment of the breeding currency hypothesis. Journal of Animal Ecology, 74:333-341.
- Jongman R.H.G., Ter Braak C.J.F., Van Tongeren O.F.R. 1995. Data analysis community and landscape ecology. Cambridge University Press. 225 p.
- Karanth K.U., Sunquist M.E. 1995. Prey selection by tiger, leopard and dhole in tropical forests. Journal of Animal Ecology, 64:439-450.
- Laundré J.W. 2005. Puma energetics: a recalculation. Journal of Wildlife Management, 69(2):723-732.
- Link W., Karanth K. 1994. Correcting for overdispersion in the test of prey selectivity. Ecology, 75(8):2456-2459.
- López G.C.A., Miller B.J. 2002. Do jaguars (*Panthera onca*) depend on large prey? Western North American Naturalist 62(2):218-222.
- López J.E. 1996. Hábitos alimentarios de murciélagos frugívoros y su participación en la dispersión de semillas, en bosques secundarios húmedos, de Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional, Costa Rica 73 pp.
- MacArthur R.H. 1958. Population Ecology of Some Warblers of Northeastern Coniferous Forests. Ecology, 39(4):599-619.
- Magurran A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement (1a ed.). New Jersey, U.S.A: Princeton University Press. 229 p.
- Mares M.A. 1993. Desert rodents, seed consumption, and convergence: the evolutionary shuffling of adaptations. BioScience, 43 (6):372-379.
- Moreira-Ramírez J. F., López J. E., García-Anleu R., Córdova F., Dubón T. 2015. Tamaño, composición y patrones diarios de actividad de grupos de pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) en el Parque Nacional Mirador-Río Azul, Guatemala. Therya, 6(2):469-481.
- Morse D.H. 1981. Foraging speeds of warblers in large populations and in isolation. The Wilson Bulletin, 93(3):334-339.
- Nash J. 1951. Non-cooperative games. The annals of mathematic, Second Series, 54(2): 286-295.
- Neill C., Daufresne T., Jones C. G. 2009. A competitive coexistence principle?. Oikos, 118 (10):1570-1578.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación. Publicado el 6 de marzo de 2002.
- Novack A., Main M., Sunquist M., Labsky R. 2005. Foraging ecology of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. J. Zool. Lond. 267:167-178.

- Oliveira T. 1994. Neotropical cats: Ecology and conservation. Edufma, Sao Luis, Brazil, 220 pp.
- Oliveira T. 2002. Ecología comparativa de la alimentación del jaguar y el puma en el Neotrópico *In*: R.A. Medellín, Equihua, C. Chetkiewics, C. Rabinowitz, A. Crawshaw, P. Rabinowitz, A. Redford K., Robinson J.G., Sanderson, Taber A. (eds.). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura económica, Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México D.F. pp: 265-288.
- Restrepo C.A. 2009. Aproximación a la Teoría de Juegos. Universidad Pontificia Bolivariana. Revista Ciencias Estratégicas, 17(22):157-175.
- Rosas-Rosas O.C., Bender L.C. 2012. Population status of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in northeastern Sonora, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 28(1): 86-101.
- Schaller G.B., Crawshaw P.G. 1980. Movement patterns of jaguar. Biotropica, 12:161-168.
- Schaller G., Vasconcelos J. 1978. Jaguar predation on capybara. Z. Säugetierk, 43: 296-301.
- Taber A.B., Novaro A.J., Neris N., Colman F.H. 1997. The food habits of sympatric jaguar and puma in the Paraguayan Chaco. Biotropica, 29(2):204-213.
- Taha H.A. 2012. Investigación de operaciones. Pearson. México. pp: 541-542.
- Weckel M., Giuliano W., Silver S. 2006. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. Journal of Zoology, 270:25-30.



# USO DE AGUAJES POR EL PRINCIPAL UNGULADO CINEGÉTICO EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

## USE OF WATER CURRENTS BY THE MAIN CYNEGETIC UNGULATE IN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Escobar-Flores, J.<sup>1</sup>; Sandoval, S.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Durango, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, 34220, Durango, México. <sup>2</sup>CONACYT - Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR. Unidad Durango. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, CP. 34220. Durango, México.

\*Autor de correspondencia: ssandoval@conacyt.mx

### RESUMEN

El venado bura (*Odocoileus hemionus*; Rafinasque, 1817) es el principal mamífero que se aprovecha cinegéticamente en Baja California, México. A pesar de su importancia económica y cultural, no existen evaluaciones de la disponibilidad y uso de aguajes, los cuales son uno de los principales componentes en el hábitat de los ecosistemas áridos. Mediante fototrampeo se determinó el uso de aguajes, la temperatura ambiental, horario, mes del año y frecuencias de visita de machos y hembras del venado bura. Se registró que las visitas a los aguajes aumentan cuando las temperaturas son mayores 40 °C (julio-agosto). En general fueron mayores los registros de hembras (n=68), que de machos (n=18) y únicamente tres registros de cervatos. Los aguajes que se estudiaron resultaron ser importantes principalmente para las hembras que en ocasiones estaban acompañadas de crías, por lo tanto no es recomendable la introducción de ganado doméstico o hacer cacería deportiva en estos sitios.

**Palabras clave:** Ecosistema árido, fototrampeo, Hábitat, venado bura

### ABSTRACT

The mule deer (*Odocoileus hemionus*; Rafinasque, 1817) is the principal mammal exploited through hunting in Baja California, México. Despite its economic and cultural importance, there are no evaluations of the availability and use of water currents, which are one of the main components in the habitat of arid ecosystems. Through photo-trapping the use of currents was determined, as well as the environmental temperature, schedule, month of the year, and frequencies of visit of mule deer males and females. It was found that the visits to currents increase when the temperatures are above 40 °C (July-August). In general the records of females were higher (n=68) than males (n=18), and there were only three records of fawns. The water currents that were studied turned out to be important mainly for females which were occasionally accompanied by offspring; therefore, the introduction of domestic livestock is not advisable, and neither is sport hunting in these sites.

**Keywords:** arid ecosystem, photo-trapping, habitat, mule deer.



**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo. 2017. pp: 28-32.

**Recibido:** noviembre, 2016. **Aceptado:** marzo, 2017.

## INTRODUCCIÓN

**El venado bura** (*Odocoileus hemionus* Rafinesque) es el único ungulado que actualmente se aprovecha cinegéticamente en Baja California, México, anualmente se emiten más de 110 permisos de cacería (Contreras *et al.*, 2007). Esta especie de distribuye ampliamente en los bosques pinoencino de la Sierra San Pedro Mártir y Juárez de Baja California, en donde se reportan las poblaciones más abundantes (Galindo-Leal, 1993), y también en zonas áridas y semiáridas, donde su densidad poblacional es muy baja (Gallina *et al.*, 1991). A pesar de la importancia cultural y económica del venado bura en Baja California, la información sobre su ecología y requerimientos del hábitat son escasos (Landeros y Mancillas, 2015). Un elemento clave para la fauna silvestre en zonas áridas es la disponibilidad de agua, que para el caso del venado bura en períodos secos incrementa su demanda metabólica y el consumo de agua se torna un factor crítico (Krausman y Etchberger, 1995). Existe el debate si la disponibilidad del agua es un factor limitante en los desiertos para el venado bura, principalmente porque se sabe que estos pueden obtener sus requerimientos hídricos a través del consumo de cactáceas y alimentarse de noche para evitar la deshidratación (Severson y Medina, 1983), y se ha reportado que su consumo de agua varía de acuerdo a la zona de distribución, por ejemplo, en Arizona y Nuevo México los venados usualmente se distribuyen en un radio menor a 2.4 km de los aguajes (Swank, 1958; Wood *et al.*, 1970), mientras que en los desiertos de California la distancia es de 1.1 a 1.5 km (Boroski y Mossman, 1996). También se ha reportado que las venadas beben más agua que los machos durante la temporada de verano, lo que se ha relacionado con eventos reproductivos como la lactación (Hazam y Krausman, 1988). El objetivo de esta investigación fue determinar por primera vez en Baja California los patrones de utilización de los aguajes por los venados buras e identificar las frecuencias de visita por machos y hembras. Este estudio se desarrolló en una de las regiones más áridas de Baja California, que es la ecorregión del desierto central (CONABIO, 2008), donde se esperaría que la disponibilidad del agua sea un factor clave para la población del venado bura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

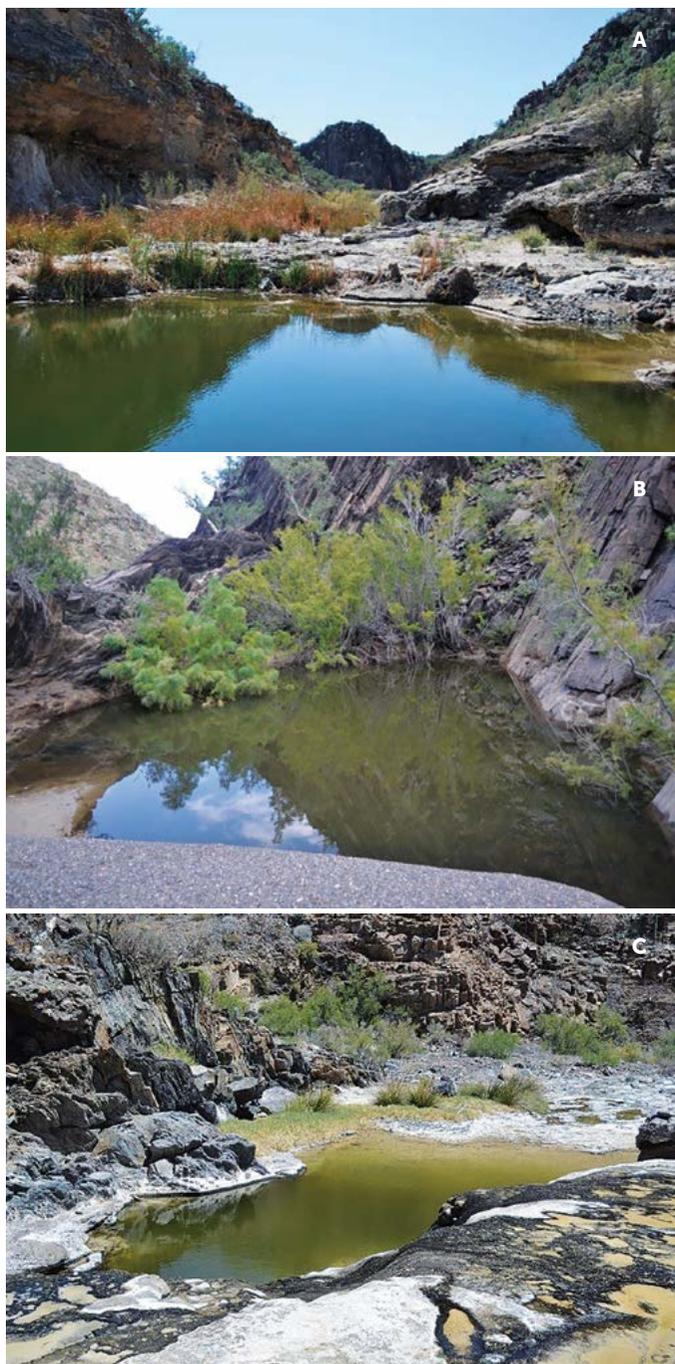
El estudio se realizó en la Sierra Santa Isabel, la cual se ubica en la región central de Baja California (30° 12' N; 114° 46' O), en la ecorregión del Desierto Central, donde las principales especies vegetales son: *Ambrosia dumosa*, *Prosopis microphylla*, *Bursera microphylla*, *Fouquieria columnaris*, *Cercidium microphyllum* y *Pachycereus discolor* (González-Abraham *et al.*, 2010) (Figura 1). El clima es semicálido con 28 °C de temperatura media anual, la precipitación media anual en las serranías cercanas al Golfo de California es menor a 50 mm, mientras que en la parte central y norte de la sierra la precipitación oscila entre los 100 y 150 mm (SMN, 2013). Los principales depredadores son el puma (*Puma concolor*), gato montés (*Lynx rufus*), coyote (*Canis latrans*) y águila real (*Aquila chysaetos*). Se seleccionaron tres aguajes permanentes: El volcán con una dimensión de 900 m<sup>2</sup> (29° 59' N, 114° 46' O), El Junco con 560 m<sup>2</sup> (29° 57' N, 114° 42' O) y El Cordero con un área de 61.2 m<sup>2</sup> (30° 2' N, 114° 45' O) (Figura 1).

## Uso de aguajes por el venado bura

Se registró el uso de los aguajes por medio de seis fototampas digitales (dos en cada aguaje) Busnhell de 6 mega pixeles que tienen integrados sensores de temperatura y un sistema de iluminación infra-roja que detecta objetos en movimiento. Las cámaras se programaron para funcionar de manera continua y realizar tres fotografías y video grabación de 10 segundos cuando detectaban un objeto. Las cámaras funcionaron de forma ininterrumpida desde el final de la temporada de lluvias (enero) hasta el comienzo de las lluvias de verano (finales de agosto), del año 2015. Los registros fotográficos se separaron con diferencia de una hora para ser considerados como muestras independientes y disminuir así el conteo doble de individuos (Perry *et al.*, 2010). En consideración con el dimorfismo sexual de los venados, el sexo se determinó por la presencia de astas para machos y su ausencia para el caso de las hembras, mientras que para los cervatos no fue claro asignar un sexo (Anderson *et al.*, 1974). Se analizaron las visitas a los aguajes considerando la hora y los registros temperatura de cada registro fotográfico. Para determinar si el número de registros fotográficos de machos y hembras vario entre meses se realizó una prueba de *Chi-Cuadrada* en donde se consideraron todos los registros de los aguajes ya que forman parte de la misma cuenca hidrológica. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa <sup>®</sup>R Statistics.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En 240 días trampa se obtuvieron 89 registros fotográficos de venado bura, de los cuales 18 correspondieron a machos y 68 a hembras, y tres de cervatos. El registro



**Figura 1.** A: Aguaje El Volcán; B: El Junco; C: El Cordero, Sierra Santa Isabel, Baja California, México.

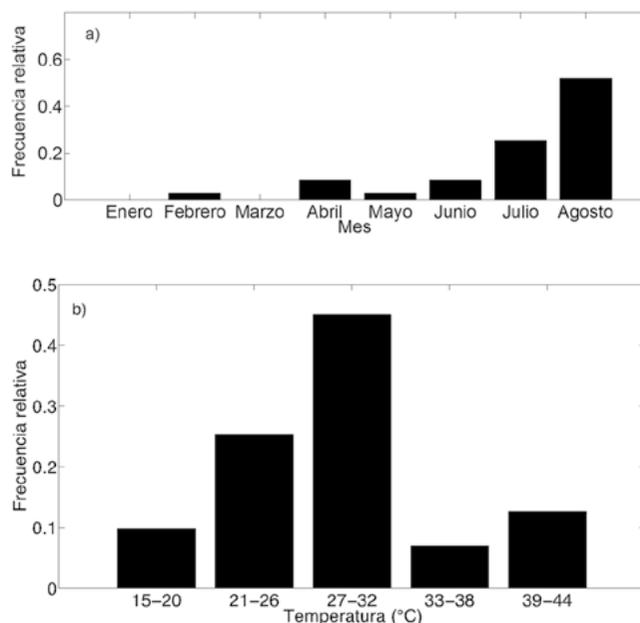
de las hembras aumento significativamente de enero-agosto en comparación con los registros de machos ( $Chi-cuadrada=28, g.l.=016, p=0.03162$ ). El mes con la mayor frecuencia relativa fue agosto ( $Fr=0.5$ , Figura 2a), que coincidió con el período más seco del año, con temperaturas máximas de 45 °C. Resultados similares se reportan en Arizona (Hervert y Krausman, 1986; Hazam y Krausman, 1988), quienes concluyen que la frecuencia de visita se aumenta en los meses más calurosos (julio-septiembre), incluso los venados

llegan a visitar diariamente los aguajes para consumir de 5-6 litros por visita.

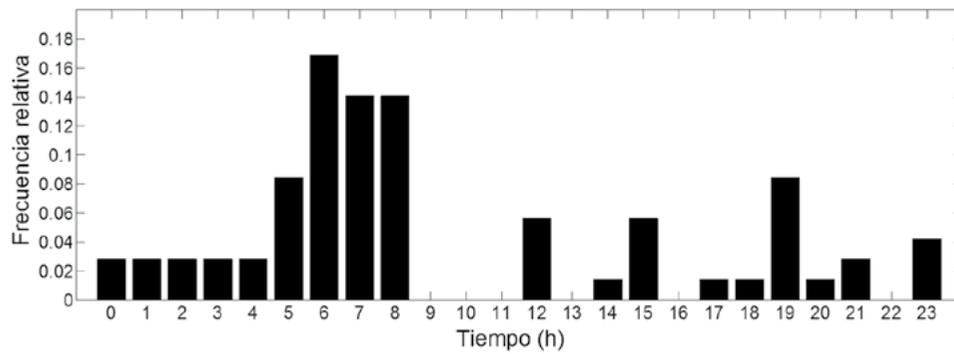
Los rangos de temperatura de mayor visita fueron entre los 27 °C y 32 °C ( $Fr=0.45$ ), y el rango con los menores registros sucedió entre los 33 °C y 38 °C (Figura 2b). Marshall et al. (2006), mencionan que los venados buras evitan visitar los aguajes durante el día para reducir la pérdida de calor y conservar energía. Sin embargo, en esta investigación se obtuvieron registros fotográficos de venado durante el día a las 14:00 y 15:00 cuando la temperatura fue en promedio de 44 °C.

Se identificaron dos horarios principales de utilización; el primero a las 05:00 hasta las 08:00 am, que en conjunto representaron una frecuencia relativa de 0.45. El segundo período sucedió a las 19:00 pm ( $Fr=0.08$ ), mientras que en los horarios entre las 23:00 pm hasta las 04:00 am, la frecuencia relativa se mantuvo constante ( $Fr=0.03$ ) (Figura 3). Estos períodos y frecuencias de visita coinciden con lo reportado previamente para poblaciones de venado bura en los desiertos de Arizona y California (Hayes y Krausman, 1993; Loft y Bleich, 2014).

En la revisión de las fotografías también se identificaron eventos reproductivos, por ejemplo la crianza de cervatos en el mes de Junio que coincide con lo reportado previamente por Leopold (1959) y Gallina et al. (2000).



**Figura 2.** Registros fotográficos por mes (a) y registros en rangos de temperatura (b), durante el año 2015 en los aguajes de la Sierra Santa Isabel, Baja California, México.



**Figura 3.** Horarios de utilización de los agujajes por los venados bura durante el año 2015, Sierra Santa Isabel, Baja California, México.

Así como la presencia de machos reproductivos en el mes de agosto, período en el cual se sabe que comienzan los eventos reproductivos para los venados bura en ecosistemas áridos (Bischoff, 1957, Harvenson *et al.*, 2014) (Figura 4).

### CONCLUSIONES

Los agujajes son un componente vital en el hábitat del venado bura en la ecorregión del desierto central de Baja California, principalmente en los meses de junio-agosto, cuando las

visitas a los agujajes aumentaron en respuesta al incremento de temperatura ambiental. En consideración con el total de registros de los venados, aparentemente estos agujajes son preferidos por las hembras con sus crías, y posiblemente son



**Figura 4.** A: Cría con su madre en el mes de junio. B: Macho Juvenil y su madre tomando agua. C: Macho de ocho puntas después de beber agua. D: hembra con cervato en el mes de agosto.

sitios de crianza. Por lo tanto, no es recomendable que en ellos se realice cacería deportiva. La introducción de ganado domestico a estos aguajes no se recomienda, debido a la posibilidad de la trasmisión de enfermedades entre especies, además los reportes de calidad del agua indican que no es óptima y puede tener efectos adversos en el ganado (Escobar *et al.*, 2016).

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca #205965. A la fundación Jiji Foundation por su apoyo en la compra de equipo. A la empresa No-Metálicos de Hidalgo, S.A. de C.V. A los guías Rosendo Masía y Adán Guerrero, por su apoyo en campo. A los propietarios de las UMAS El Volcán y Santa María. Agradecemos a SEMARNAT por el permiso de colecta 07585/13. O. E. Delgado and M. T. Fernandez por su apoyo logístico.

## LITERATURA CITADA

- Anderson A.E., Medin D.E., Bowden D.C. 1974. Growth and morphometry of the carcass, selected bones, organs, and glands of mule deer. *Wildlife Monographs* 39: 3-122.
- Boroski B.B., Mossman A.S. 1996. Distribution of mule deer in relation to water sources in northern California. *The Journal of wildlife management* 60: 770-776.
- CONABIO. 2008. Ecorregiones terrestres de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Contreras-Gil J., Martínez-Gallardo R., Mellink E. 2007. Tasas de aprovechamiento cinegético autorizadas en Baja California, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 3: 129-137.
- Escobar-Flores J.G., Valdez R., Álvarez-Cárdenas S., Díaz-Castro S., Castellanos-Vera A., Torres J., Delgado-Fernández M. 2016. Watering site use by bighorn sheep (*Ovis canadensis cremnobates*) and water quality analysis in Sierra Santa Isabel, Baja California, México. *Acta Universitaria* 26:12-19.
- Gallina S., Galina-Tessaro P., Álvarez-Cárdenas S. 1991. Mule deer density and pattern distribution in the pine-oak forest at the Sierra de La Laguna in Baja California Sur, Mexico. *Ethology Ecology and Evolution* 3: 27-33.
- Gallina S., Álvarez-Cárdenas S., Gallina-Tessaro. P. 2000. Familia Cervidae. *In: Álvarez-Castañeda, T., Patton, J. L. (Eds.). Mamíferos del Noroeste de México* pp 793-815.
- Galindo-Leal C. 1993. Densidades poblacionales de los venados cola blanca, cola negra y bura en Norteamérica. *In: Medellín, R. A., Ceballos, G. (Eds.). Avances en el Estudio de los Mamíferos de México, Publicaciones Especiales*, 1: 371-391.
- Hayes C. L., Krausman P.R. 1993. Nocturnal activity of female desert mule deer. *Journal of Wildlife Management* 52:897-904.
- Hazam J.E., Krausman P.R. 1988. Measuring water consumption of desert mule deer. *The Journal of Wildlife Management* 52:528-534.
- Hervert J.J., Krausman P.R. 1986. Desert mule deer use of water developments in Arizona. *The Journal of wildlife management* 50: 670-676.
- Bischoff A.I. 1957. The breeding season of some California deer herds. *California Fish and Game* 43: 91-96.
- Krausman P.R., Etchberger R.C. 1995. Response of desert ungulates to a water project in Arizona. *The Journal of wildlife management* 59: 292-300.
- Landeros A.T., Mancillas M.A.M. 2015. Registros históricos de la cinegética en Baja California: prácticas culturales de cazadores indígenas y deportivos. *Letras Históricas* 9.
- Leopold A.S. 1959. *Wildlife of Mexico*. University of California Press. Berkeley, California, EUA. 549 p.
- Loft E.R., Bleich V.C. 1993. History of the conservation of critical deer ranges in California: concepts and terminology. *California Fish and Game* 100: 451-472.
- Harveson L.A., Ortega-Sánchez J.A., Reagan T.G., Alcalá-Galván C. 2014. Venado Bura. *In: Valdez, R., Ortega-Sánchez, J. A. (Eds.). Ecología y Manejo de Fauna Silvestre en México*. pp. 389-412.
- Marshall J.P., Bleich V.C., Krausman P.R., Reed M.L., Andrew N.G. 2006. Factors affecting habitat use and distribution of desert mule deer in an arid environment. *Wildlife Society Bulletin* 34: 609-619.
- Perry T.W., Newman T., Thibault K.M. 2010. Evaluation of Methods Used to Estimate Size of a Population of Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 55: 517-524.
- Severson K.E, Medina A.L. 1983. Deer and elk habitat management in the Southwest. *Range Management, Monograph* 2: 60-64.
- Swank W.G. 1958. Mule deer in Arizona chaparral. *Arizona Game and Fish. Wildlife Bulletin* 3:1-109.



# REPRODUCCIÓN, ESTRUCTURA, MOVIMIENTOS Y DENSIDAD DE COYOTES (*Canis latrans* Say) BAJO CONTROL, EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

## REPRODUCTION, STRUCTURE, MOVEMENTS AND DENSITY OF COYOTES (*Canis latrans* Say) UNDER CONTROL, IN THE SEMI-ARID REGION OF SAN LUIS POTOSI, MEXICO

Clemente-Sánchez, F.<sup>1\*</sup>; Palacio-Núñez, J.<sup>1</sup>; Carreón-Hernández, E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. 78620. México. <sup>2</sup>Protección de la Fauna Mexicana, A.C. Calle 16 No. 2604, Col. Pacífico, Chihuahua, Chih. 31030. México.

\*Autor responsable: clemente@colpos.mx

### RESUMEN

Durante 10 años, en intervalos de dos años (de 1995 a 2014), se evaluó en una superficie de 799 km<sup>2</sup>, el efecto del control de coyotes (*Canis latrans* Say) sobre los aspectos reproductivos y densidad de población que explicaran su incremento y dispersión en comunidades del desierto Chihuahuense, en San Luis Potosí, México. Se capturaron y liberaron 92 ejemplares (28 machos, 64 hembras) para conocer su edad, fase reproductiva, tamaño de camada y densidad de población. A cinco machos y cinco hembras se les colocaron collares radiotransmisores. Los resultados mostraron que antes del control realizado por ganaderos locales, el 41.22% de las hembras capturadas estuvieron en fase de proestro, durante los meses de febrero a mayo. El 23.13% en estro, de octubre a noviembre y febrero y marzo; mientras que el 35.65% estuvieron en fase de anestro. Después del control, el 46% de las hembras estuvieron en proestro, 28.20% en estro y 25.80% en anestro. El promedio de fetos implantados por hembra antes del control fue de 5.13, incrementándose ( $\alpha=1.9468 \text{ E-5}$ ) a 7.66 en la estación reproductiva después del control. La proporción de sexos macho: hembra antes del control fue de 1:2.3 y la proporción de edades, adulto: juvenil fue de 1:0.6. Después del control la relación de sexos se mantuvo, mientras que la proporción de edades aumentó a 1:0.9. El promedio de la distancia máxima recorrida antes del control fue de 3.05 km y el promedio del área de actividad estimada por individuo fue de 12.34 km<sup>2</sup>. Después del control, la distancia máxima recorrida y el área de actividad aumentaron ( $\alpha=0.0492$ ) a 3.72 km, ( $\alpha=0.0077$ ) a 14.34 km<sup>2</sup> respectivamente. La densidad de población promedio antes del control fue de 27 coyotes km<sup>2</sup>-1, la cual aumentó después del control a 30 coyotes km<sup>2</sup>-1. Se concluye que los coyotes en el área de estudio fueron capaces de aumentar su población posterior al control, mediante el incremento del número de hembras en estro, mayor número de fetos implantados, y aumento en la proporción de juveniles.

**Palabras clave:** Densidad, desierto, coyote, reproducción, dispersión.



## ABSTRACT

During 10 years, in intervals of two years (from 1995 to 2014), the effect of controlling coyotes (*Canis latrans* Say) on reproductive aspects and population density was evaluated in a surface of 799 km<sup>2</sup>, which could explain their increase and dispersion in communities of the Chihuahua desert, in San Luis Potosí, México. Ninety-two specimens (28 males, 64 females) were captured and liberated to learn about their age, reproductive phase, size of litter and population density. Five males and five females were fitted with radio transmitter collars. The results showed that before the control carried out by local livestock producers, 41.22 % of the females captured were in pro-estrus phase during the months of February to May. In estrus, there were 23.13 % from October to November and February and March; meanwhile, 35.65 % were in anestrus phase. After control, 46 % of the females were in pro-estrus, 28.20 % in estrus and 25.80 % in anestrus. The average fetuses implanted per female before the control was 5.13, increasing to 7.66 ( $\alpha=1.9468 \text{ E-}5$ ) during the reproductive season after the control. The proportion of male:female sexes before the control was 1:2.3 and the age proportion, adult:juvenile was 1:0.6. After the control, the rate of sexes remained, while the proportion of ages increased to 1:0.9. The average maximum distance travelled before the control was 3.05 km and the average area of activity estimated per individual was 12.34 km<sup>2</sup>. After the control, the maximum distance travelled and the activity area increased ( $\alpha=0.0492$ ) to 3.72 km, ( $\alpha=0.0077$ ) and to 14.34 km<sup>2</sup>, respectively. The average population density before the control was 27 coyotes km<sup>2</sup><sup>-1</sup>, which increased after the control to 30 coyotes km<sup>2</sup><sup>-1</sup>. It is concluded that coyotes in the study area were capable of increasing their population after the control, through the increase in the number of females in estrus, higher number of fetuses implanted, and increase in proportion of juveniles.

**Keywords:** Density, desert, coyote, reproduction, dispersion.

## INTRODUCCIÓN

**El coyote** (*Canis latrans* Say) es una especie con 19 subespecies de amplia distribución en el Continente Americano (Wilson y Reeder, 2005). Su capacidad de adaptación a gran variedad de hábitats le ha permitido expandirse por todo México (Rodríguez, 2011). Históricamente, su manejo como depredador ha sido de controversia, debido a las pérdidas económicas que le atribuyen los ganaderos. La falta de información sobre la biología y su respuesta al manejo del que ha sido objeto, ha motivado severas acciones dirigidas a su control, sin obtener resultados que demuestren su eficiencia. Publicaciones sobre la remoción de coyotes han mostrado un beneficio en la protección tanto de la ganadería como en el incremento de las poblaciones de ungulados silvestres,

no obstante, estos trabajos no muestran el efecto del control sobre la dinámica poblacional de esta especie (Harrington y Conover, 2007; Brown y Conover, 2011). Es evidente que el coyote produce conflictos de diferente índole, tales como ataques a personas y mascotas, entre otros, y que es necesario enfocar esfuerzos sobre su manejo para reducir la posibilidad de que se presenten dichos conflictos (Poessel *et al.*, 2012). El coyote aunque ha sido objeto de innumerables estudios, actualmente se controla de forma permanente al punto que es permitido todo el año su control en varios estados de los Estados Unidos de América. A pesar de esto, aparentemente las poblaciones siguen en aumento en la mayoría de los ecosistemas, donde en México y en específico en el desierto Chihuahuense toma esta situación importancia relevante. Bajo esta perspectiva, el presente estudio planteó como objetivo investigar la estrategia biológica del coyote para mantener sus poblaciones viables, no obstante el constante control al que es sometido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió 799 km<sup>2</sup> localizada entre los paralelos 14 Q 204512.69m E, 2521137.65m N; 14 Q 24557.18m E, 2519702.68 N y 14 Q 204638.15m E, 2547096.40m N; 14Q 245958.91m E 2546454.34m N, dentro del Altiplano Mexicano. Su clima es seco estepario del tipo BS1Kw(e) con lluvias principalmente en junio. Precipitación media anual de 409 mm, con temperatura media anual de 15.9 °C, y altitud promedio de 2 000 m. La vegetación es típica del desierto Chihuahuense en comunidades de matorral, izotal y pastizal, donde destacan especies como *Larrea tridentata*, *Flourenzia cernua*, *Opuntia* spp., *Yuca* spp., *Bouteoua gracilis*, *Buchloe dactyloides* y *Sporobolus airoides* (INEGI, 2015).

### Captura de coyotes

Durante un periodo de 10 años (1995-1997, 1999-2001, 2004-2006, 2008-2010, 2012- 2014) se capturaron y liberaron 92 coyotes (28 machos, 64 hembras) para conocer su edad, fase reproductiva, número de fetos implantados y densidad de población. Esto se realizó con trampas de acero y goma tipo Víctor No. 3, las cuales se colocaron en veredas, caminos y cercos, en periodos de noviembre a mayo de cada ciclo muestreado (Powell y Proulx, 2003). En todas las trampas se utilizaron atrayentes, los coyotes capturados fueron inmovilizados con inyección intramuscular a base de una mezcla de Ketamina y Xilazina (100 mg ml<sup>-1</sup>) en una re-

lación 5:1, con dosis de  $7.3 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso, con lo cual los animales permanecieron inmobilizados durante 40 minutos. A todos los ejemplares capturados se les colocó una grapa metálica en la oreja para su posterior identificación. Tomada la información necesaria, fueron inyectados con Hidrocloruro de Yumbina ( $5 \text{ mg ml}^{-1}$ ) para revertir el efecto de la Xilazina, su recuperación fue a los cinco minutos, y todos los coyotes fueron liberados en el mismo sitio de captura.

### Fase reproductiva

Un total de 64 hembras fueron muestreadas antes y después del control para conocer la fase reproductiva en la que se encontraban. Se utilizó la técnica de citología vaginal exfoliativa, introduciendo un isopo de algodón estéril hasta llegar a la porción caudal de la vagina para tomar la muestra del material celular. Se retiró el isopo y se hizo un frotis por rodamiento sobre un portaobjetos, dejando secar por cinco minutos, para teñirlos posteriormente con Giemsa™. Las lecturas se hicieron al microscopio con objetivo 100X y ocular 25X en el laboratorio de Reproducción y Genética animal del Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. De un conteo de 100 células de cada muestra se tomaron las frecuencias de cada tipo de células para determinar su fase reproductiva, según lo describen Christie *et al.* (1972) y Esquivel y Páramo (1991). La fase de proestro estuvo basada en la frecuencia de células parabasales, intermedias y superficiales, predominando cada una de ellas al comienzo, mitad y finales del proestro, respectivamente. La fase de estro se caracterizó por la mayor frecuencia de células anucleadas (escamas) y superficiales,

así como algunas células intermedias. El anestro estuvo identificado por mayor porcentaje de células parabasales, seguidas en un menor grado de células intermedias y superficiales y una escasa presencia de escamas.

### Edad y tamaño de camada

La edad se determinó mediante examen de la dentadura, observando la presencia de dientes caducos o permanentes, así como la presencia de la flor de lis en incisivos superiores e inferiores, como se determina en cánidos domésticos (Linhart y Knowlton, 1967). El primer año de vida se identificó por la presencia de la flor de lis en todos los incisivos; segundo año de vida, por la flor de lis ausente en incisivos inferiores centrales; y el tercer año de vida, por el rasamiento de los medianos inferiores. Con base en esto, los animales fueron clasificados como juveniles y adultos. El número de fetos implantados en 30 hembras gestantes, antes y después del control, fue determinado por vía rectal, a través de la toma de imágenes mediante el uso de un ecógrafo portátil.

### Área de actividad

A 10 coyotes (5 machos, 5 hembras) se les colocó collares radiotransmisores al momento de ser inmobilizados. La ubicación de los animales fue por vía terrestre utilizando un radio receptor portátil con antena direccional tipo H. Se registró cada punto de ubicación con ayuda de un geoposicionador y con el registro de tres rumbos hasta su intersección. Cada punto de intersección fue utilizado en el programa Home Range para determinar el área de actividad (Ackerman *et al.*, 1990). Para cada uno de los coyotes, se tomó un total de 60 puntos de intersección o localizaciones (Laundré y Keller, 1981, 1983, 1984; Gese *et al.*, 1988).

### Densidad de población

La densidad de población de coyotes se estimó empleando el procedimiento descrito por Babb y Kennedy (1989), colocando 24 trampas antes y después del control. El área de trampeo se estimó con base en el polígono construido con la ubicación de las trampas utilizando un geoposicionador. Construido el polígono de trampeo, a su superficie se le añadió en sus vértices la mitad del promedio de las distancias máximas recorridas por los coyotes con radiotransmisor, lo que resultó en un polígono de mayor superficie, llamada área de efecto. Las distancias máximas fueron obtenidas ubicando las localizaciones de cada coyote en un mapa topográfico, lo que permitió medir las distancias respectivas. La densidad entonces fue calculada considerando el área de efecto dada por el polígono y el total de coyotes capturados dentro del área en un tiempo de trampeo de tres meses.

### Control del coyote

Los ganaderos locales habitualmente llevan a cabo el control de coyotes en la región del Altiplano Potosino. Esta actividad la realizan ocasionalmente de acuerdo al efecto que produzca el coyote sobre sus intereses en el sistema agrícola. Para el propósito del presente estudio se aprovecharon las temporadas de control durante el primer año de cada período de muestreo, o sea que para el período 1995-1997 el control se realizó durante el invierno de 1995, y así sucesivamente. Cuatro predios que conformaron

el área de estudio fueron monitoreados antes y después del control. Para conocer las diferencias entre la agrupación de datos para antes y después de aplicar el control del coyote, se corrieron pruebas de  $T(\alpha < 0.01)$  sobre las variables número de fetos implantados, área de actividad y distancia máxima recorrida. Las comparaciones entre grupos de datos fueron corridas en Microsoft Excel 2010.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fase reproductiva

Los resultados obtenidos de las citologías vaginales mostraron que antes del control, 41% de las hembras manifestaron estar en fase de proestro en los meses que correspondieron a febrero, marzo, abril y mayo, mientras que 23% manifestaron estar en estro durante los meses de octubre y noviembre, febrero y marzo; y

36% registró fase de anestro. Posterior al control del coyote, 46% de las hembras capturadas registraron proestro, mientras que 28% estuvo en estro y 26% mostro fase de anestro (Cuadro 1).

### Sexo, edad y fetos implantados

La proporción de sexos de los especímenes capturados antes del control fue de 1: 2.3 (macho: hembra) con una proporción de edades de 1: 0.6 (adulto: juvenil). Después del control, la relación de sexos se mantuvo, pero la proporción de edades aumentó a 1: 0.9 (Cuadro 2). El promedio del número de fetos implantados antes del control fue de 5.13 por hembra, con rango entre 3 y 7 fetos hembra<sup>-1</sup>, el cual aumentó ( $\alpha = 1.9468 \text{ E-}5$ ) en el muestreo posterior al control a 7.66 fetos hembra<sup>-1</sup>, en un rango de 6 a 12 fetos hembra<sup>-1</sup> (Cuadro 1, Figura 1 a).

**Cuadro 1.** Características reproductivas obtenidas de coyotes hembras por citología vaginal exfoliativa y ecografía, antes y después del control, en la región del Altiplano Potosino.

Variable	Fase reproductiva				Número de fetos
	Proestro %	Estro %	Anestro %	Totales %	
Antes del control	41.22 (n=26)	23.13 (n=15)	35.65 (n=23)	100.00 (N=64)	$\bar{X} = 5.13^a$ (n=15)
Después del control	46.00 (n=29)	28.20 (n=18)	25.80 (n=17)	100.00 (N=64)	$\bar{X} = 7.66^b$ (n=15)

a,b Columna con diferentes literales mostraron diferencia ( $\alpha = 1.9468 \text{ E-}5$ ).

**Cuadro 2.** Cambios observados en la población de coyotes con respecto a la proporción de sexos y edad, en la región del Altiplano Potosino, México.

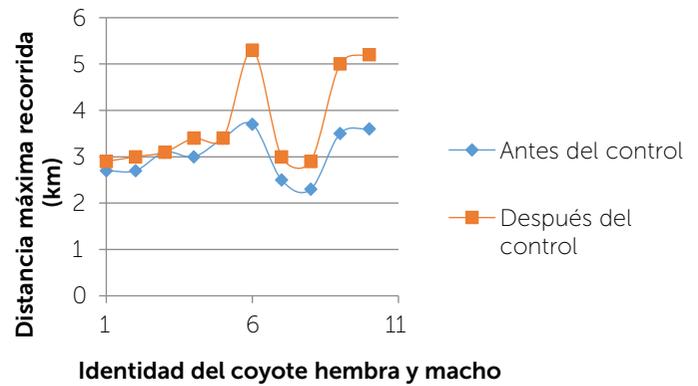
	Densidad de población (coyotes km <sup>2-1</sup> )	Relación de sexo (macho:hembra) (n=92)	Relación de edad (adulto:juvenil) (n=92)
Antes del control	27	1: 2.3	1: 0.6
Después del control	30	1: 2.4	1: 0.9



**Figura 1.** a: Toma de frotis vaginal para la determinación de la etapa reproductiva mediante histología vaginal exfoliativa. b: Trampas empleadas en la captura de coyotes con bordes de goma que impidieron su daño durante el estudio.

### Área de actividad

Los resultados de los 10 coyotes equipados con radiotransmisores, mostraron que de 60 localizaciones animal<sup>-1</sup>, el promedio del área de actividad antes del control fue de 12.3 km<sup>2</sup> animal<sup>-1</sup>, resultando menor para los machos (11.3 km<sup>2</sup>) que para las hembras (12.9 km<sup>2</sup>). Posterior al control, el área de actividad se incrementó ( $\alpha=0.0077$ ) a 17.6 km<sup>2</sup> animal<sup>-1</sup> (Cuadro 3, Figura 1 b). La distancia máxima recorrida antes del control fue de 3.7 km, incrementándose ( $\alpha=0.0492$ ) a 5.3 km en el muestreo posterior al control (Cuadro 3, Figura 3). Los resultados son relevantes en términos de la extensión de superficie que requiere un individuo con probabilidad definida de ocurrencia durante un periodo de tiempo específico, el cual emplea para realizar sus actividades primordiales como la alimentación y la reproducción (Kernohan *et al.*, 2001). El hecho de que un individuo incremente su área de actividad, como en el presente estudio, implica la necesidad de desplazarse en una mayor superficie para la búsqueda de individuos con quien reproducirse. Este hecho resulta de reducir el tamaño de población de forma repentina como consecuencia del control de la especie, ya que siempre el control es indiscriminado sin definir el número de individuos a extraer de la población, el sexo, o la edad, y mucho menos el estatus social de cada individuo dentro de la población. Este desajuste en una población en equilibrio, desencadena diversas situaciones las cuales se relacionan con la reproducción de forma directa.



**Figura 2.** Tendencia de los cambios en la distancia máxima recorrida antes y después del control de 10 coyotes equipados con radiotransmisores en la región del semidesierto en el Altiplano Potosino, México.

### Densidad de población

La densidad de población promedio antes del control fue de 0.27 coyotes km<sup>2</sup>·<sup>-1</sup>, la cual se incrementó después del control a 0.3 coyotes km<sup>2</sup>·<sup>-1</sup> (Cuadro 2). Resulta obvio pensar en que la densidad disminuya al tiempo de efectuado el control para cada periodo, pero posterior al ciclo reproductivo, la densidad resultó mayor debido a la respuesta de las hembras de la población. Como consecuencia del incremento en el número de fetos implantados, el índice de natalidad se incrementó, independientemente de la tasa de mortalidad, ya que esta se manifiesta de forma constante en una población en equilibrio. Este incremento explica por consecuencia la mayor densidad observada. Resulta

**Cuadro 3.** Área de actividad y distancias máximas recorridas antes y después del control de 10 coyotes capturados y equipados con collares radiotransmisores en la región del semidesierto en el Altiplano Potosino.

No. Coyote	Área de actividad (km <sup>2</sup> )		Distancia máxima recorrida (km)	
	Antes del control	Después del control	Antes del control	Después del control
1	12.0	13.5	2.7	2.9
2	11.9	12.9	2.7	3.0
3	12.1	13.0	3.1	3.1
4	12.1	13.8	3.0	3.4
5	12.7	14.0	3.4	3.4
6	14.2	17.6	3.7	5.3
7	11.5	12.6	2.5	3.0
8	11.0	12.0	2.3	2.9
9	12.9	16.8	3.5	5.0
10	13.0	17.2	3.6	5.2
$\bar{x}$	12.34 <sup>a</sup>	14.34 <sup>b</sup>	3.05 <sup>a</sup>	3.72 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Literales diferentes en el área de actividad fueron significativas ( $\alpha=0.0077$ ). <sup>a,b</sup> Literales diferentes en distancia máxima recorrida fueron significativas ( $\alpha=0.0492$ ).

ta importante mencionar, que la densidad en los años posteriores al periodo de trampeo del 2008-2010 se redujo cercano a los niveles que se tuvieron al inicio del estudio, sin tener elementos para decir que la población haya sufrido una mortandad considerable por situaciones naturales, sino más bien que esto explica la dispersión de la especie a nuevas áreas de distribución por la salida de individuos que son expulsados de la población por sus congéneres de mayor estatus cuando se acercan a la edad adulta (Figura 3).

## CONCLUSIONES

**Los coyotes** en el área de estudio fueron capaces de aumentar su población posterior a su control, mediante el aumento del número de fetos implantados, mayor número de hembras en estro e incremento en su área de actividad. Bajo esta situación, se explica la dispersión y aumento de la población en el área de estudio.

## LITERATURA CITADA

- Ackerman B.B., Leban F.A., Samuel M.D., Garton E.O. 1990. User's Manual for Program HOME RANGE. Second Edition. Technical Report 15, Forestry, Wildlife and Range Experiment Station, University of Idaho, Moscow, Idaho, USA. 80p.
- Babb J.G., Kennedy M.L. 1989. An estimate of minimum density for coyotes in western Tennessee. *Journal of Wildlife Management* 53(1): 186-188.
- Brown D.E., Conover M.R. 2011. Effects of large-scale removal of coyotes on pronghorn and mule deer productivity and abundance. *Journal of Wildlife Management* 75(4):876-882.
- Christie D.W., Bailey J.B., Bell E.T. 1972. Clasificación de cell types in vaginal smears during the canine oestrus cycle. *British Veterinary Journal* 128: 301-310.
- Esquivel C.F., Páramo R.M. 1991. Inseminación artificial en caninos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 85 p.
- Gese E.M., Rongstad O.J., Mytton W.R. 1988. Home range and habitat use of coyotes in southeastern Colorado. *Journal of Wildlife Management* 52(4): 640-646.
- Harrington J.L. Conover M.R. 2007. Does Removing Coyotes for Livestock Protection Benefit Free-Ranging Ungulates? *Journal of Wildlife Management* 71(5):1555-1560.
- INEGI. 2015. Cartas del uso del suelo y vegetación. Instituto Nacional de Geografía e Informática. México.
- Kernohan B.J., Gitzen R.A., Millspaugh J.J. 2001. Analysis of Animal Space Use and Movements. pp. 125-166 en J. J. Millspaugh y J. M. Marzluff, eds. 2001. *Radio Tracking and Animal Populations*. USA: Academic Press.
- Laundré J.W., Keller B.L. 1981. Home range use by coyotes Idaho. *Animal Behavior* 29: 449-461.
- Laundré J.W., Keller B.L. 1983. Trappability of coyotes relative to home range boundaries. *Canadian Journal of Zoology* 61: 1932-1934.



**Figura 3** a: Momento de la contención química del coyote para retirar la trampa y liberarlo después de la toma de muestras y colocación de radio transmisores. b: Colocación del radio transmisor para el monitoreo de movimientos y área de actividad del coyote. c: Monitoreo por telemetría para la localización de coyotes con radiotransmisores.

- Laundré J.W., Keller B.L. 1984. Home range size I coyotes: a critical review. *Journal of Wildlife Management* 48: 127-139.
- Linhart S.B. Knowlton F.F. 1967. Determining age of coyotes by tooth Cementum Layers. *Journal of Wildlife Management* 31 (2): 362-365.
- Poessel S.A., Breck S.W., Teel T.L., Shwiff S., Crooks K.R., Angeloni L. 2013. Patterns of human-coyote conflicts in the Denver Metropolitan Area. *Journal of Wildlife Management* 77(2):297-305.
- Powell R.A., Proulx G. 2003. Trapping and marking terrestrial mammals for research: integrating ethics, performance criteria, techniques, and common sense. *ILAR Journal* 44 (4): 259-276.
- Rodríguez M.A. 2011. Distribución y abundancia del coyote (*Canis latrans*) en el centro del Desierto Chihuahuense en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 55 p.
- Wilson D.E., Reeder D.M. (editors). 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference* (3rd ed). Johns Hopkins University Press, 2,142 p.

# TEMPERATURAS DE INCUBACIÓN Y PROPORCIÓN SEXUAL EN NIDOS DE TORTUGAS MARINAS DE LA PLAYA SAN JUAN CHACAHUA, OAXACA, MÉXICO

INCUBATION TEMPERATURES AND SEXUAL PROPORTION OF MARINE TURTLE NESTS IN THE SAN JUAN CHACAHUA BEACH, OAXACA, MEXICO

de la Torre-Robles, L.<sup>1</sup>; Buenrostro-Silva, A.<sup>2</sup>; García-Grajales, J.<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 157, Col. Centro, 98000, Zacatecas, México. <sup>2</sup>Instituto de Industrias, <sup>3</sup>Instituto de Recursos, Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Km. 2.5 Carretera Puerto Escondido – Sola de Vega, Puerto Escondido 71980, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.

\*Autor de correspondencia: archosaurio@yahoo.com.mx

## RESUMEN

En México los estudios sobre el conocimiento de las temperaturas en el interior de las cámaras de incubación de nidos de tortugas marinas son escasos. En el presente estudio se evaluó la temperatura de incubación en nidos de un corral de protección de la playa San Juan Chacahua, Oaxaca, México, entre enero-mayo de 2014, realizando la búsqueda de tortugas marinas anidantes y en cada nido traslocado se colocó un dispositivo electrónico a lo largo de todo el periodo de incubación. Se cuantificó el éxito de eclosión y clasificaron las etapas de mortalidad embriológica. Las temperaturas promedio mostraron una tendencia feminizante en el segundo tercio del periodo de incubación, con variación térmica diaria entre todos los nidos. El mayor porcentaje de mortalidad embrionaria en este estudio ocurrió en las primeras etapas de formación. Este trabajo contribuye con información básica sobre las temperaturas de incubación y proporción sexual en nidos de tres especies de tortugas marinas que anidan en un Área Natural Protegida de México.

**Palabras clave:** *Dermochelys*, *Lepidochelys*, *Chelonia*, Chacahua, Temperaturas.

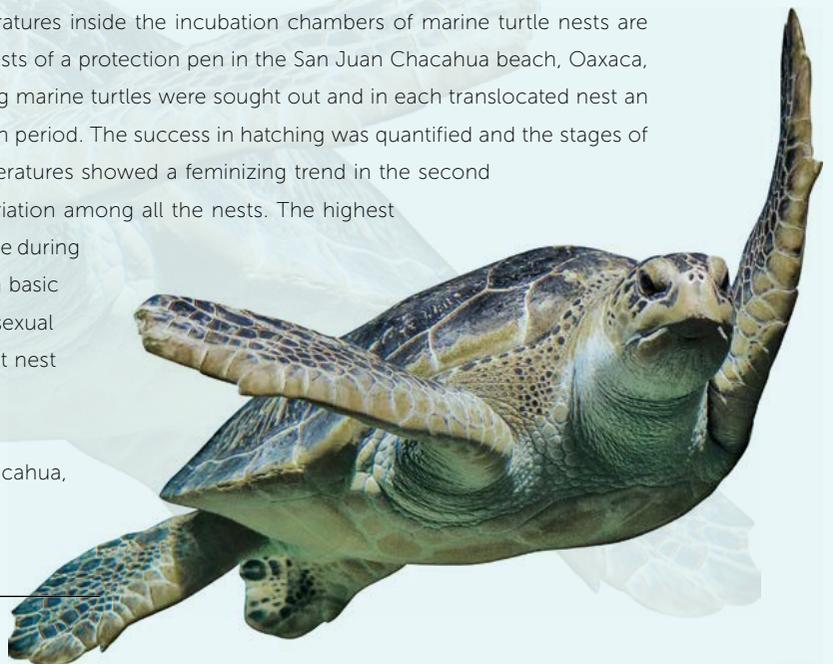
## ABSTRACT

In México, studies about the behavior of the temperatures inside the incubation chambers of marine turtle nests are scarce. In this study the incubation temperature in nests of a protection pen in the San Juan Chacahua beach, Oaxaca, México, were evaluated in January-May, 2014. Nesting marine turtles were sought out and in each translocated nest an electronic device was placed for the whole incubation period. The success in hatching was quantified and the stages of embryo mortality were classified. The average temperatures showed a feminizing trend in the second third of the incubation period, with daily thermal variation among all the nests. The highest percentage of embryo mortality in this study took place during the first formation stages. This study contributes with basic information about the incubation temperatures and sexual proportion in nests of three marine turtle species that nest in a Natural Protected Area in México.

**Keywords:** *Dermochelys*, *Lepidochelys*, *Chelonia*, Chacahua, temperatures.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo. 2017. pp: 39-45.

**Recibido:** diciembre, 2016. **Aceptado:** abril, 2017.



## INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas se encuentran clasificadas a nivel mundial como especies amenazadas o en peligro de extinción y están incluidas en el apéndice I de los Acuerdos de la Convención Internacional para el Comercio de Especies de Flora y Fauna Silvestre Amenazadas (CITES, por sus siglas en inglés) y en la República Mexicana son protegidas por la Norma Oficial Mexicana 059 (Diario Oficial de la Federación 2011). Las razones de esta serie de medidas legislativas para su protección se relacionan con el declive de la mayoría de las poblaciones anidantes del mundo a causa de una serie de amenazas como la captura tanto directa como incidental por la pesquería, la modificación del hábitat de anidación y alimentación, las alteraciones actuales del clima, la recolección ilegal de huevos, la contaminación por plásticos en las playas y mares (Mazaris *et al.*, 2009). Ante esta situación se han multiplicado los programas de protección a las tortugas marinas en México, organizándose varias decenas de campamentos tortugueros en las costas del país (García *et al.*, 2003). El objetivo de estos campamentos es la protección de las hembras que salen a desovar en las playas, la protección de los huevos mediante vigilancia y cuidados *in situ* o por traslocación a sitios más seguros de la misma playa o a corrales de protección (Dal Ponto y Krause, 2004), así como a la protección y liberación de las crías que resultan de estos cuidados (Vannini *et al.*, 2011). Estas medidas tienden a mitigar las pérdidas por consumo humano, depredación por animales domésticos, por inundación o erosión natural de las playas (García *et al.*, 2003). El efecto inmediato de la protección de nidos en corrales de protección consiste fundamentalmente en garantizar la incorporación de un número importante de crías a la población (García *et al.*, 2003; Patiño-Martínez *et al.*, 2008); sin embargo, las alteraciones actuales del clima están ocurriendo de una forma mucho más acelerada que en el pasado (IPCC, 2014) y se desconoce la capacidad de las tortugas marinas para adaptarse a estos cambios, por tanto, las estrategias gubernamentales implementadas en la protección de las tortugas marinas que anidan en México están siendo superadas debido a que no es suficiente sólo realizar la protección de nidos y la liberación de crías. Se ha demostrado que el aumento de la temperatura en las masas de aire y agua están correlacionadas con el aumento de la temperatura de la arena donde se incuban los huevos, en tal caso, los embriones se desarrollan con éxito sólo dentro de intervalos concretos de temperatura y humedad; y el au-

mento de ambos factores hacia los límites del intervalo pueden causar una disminución en el éxito de eclosión (Pazira *et al.*, 2016). El sexo de las crías está determinado por las temperaturas de incubación en el segundo tercio del desarrollo embrionario (Mrosovsky e Yntema, 1980) y aumentos en las temperaturas de incubación generan un desbalance en la proporción de crías de cada sexo (Candan y Kolankaya, 2016), de tal manera que mayores temperaturas implican mayor proporción de hembras y en consecuencia, la producción de machos puede verse comprometida en zonas importantes de anidación bajo los escenarios del aumento de temperatura (Esteban *et al.*, 2016; Hawkes *et al.*, 2009). En este trabajo se evaluó la temperatura en el interior de las cámaras de incubación de nidos de tortugas marinas incubados en un corral de protección, para predecir las proporciones sexuales generadas, el éxito de eclosión y caracterizar los estadios de los embriones muertos en la playa San Juan del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El trabajo se realizó en la playa San Juan Chacahua (15° 57' N, 97° 41' W - 15° 56' N, 97° 33' W) que se ubica dentro del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México, y que corresponde a la porción Este de la región oceánica del Pacífico Sur, así como a la provincia marina denominada Región Panámica del Océano Pacífico y específicamente a la Región Nerítica del Pacífico Transicional Mexicano según la clasificación de ecorregiones nivel III de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (Lara-Lara *et al.*, 2008) (Figura 1). El clima de la región es cálido subhúmedo (Aw1 (w) (ii)), de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1988), con temperatura media anual mayor a 28 °C, temperatura media máxima de 37 °C y mínima de 23.2 °C; el mes más frío supera los 18 °C con lluvias concentradas en el verano y principios del otoño, generalmente de julio a octubre, isoterma con una oscilación menor a 5 °C. La precipitación anual es de aproximadamente 1,000 mm. La vegetación dominante corresponde a selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y subperennifolia, manglares y vegetación de zonas inundables (Torres-Colín, 2004).

Entre enero y mayo de la temporada de anidación 2014, se realizaron recorridos nocturnos diarios entre las 22 h y las 04 h del día siguiente, para la búsqueda de tortugas marinas anidantes a lo largo de los 12 kilómetros de longitud de la playa. Los huevos recolectados

fueron trasladados al corral de protección en un intervalo de tiempo entre 40 minutos y dos horas e incubados mediante la elaboración manual de una cámara de incubación a una profundidad aproximada de 45 y 80 centímetros dependiendo de la especie. Al momento de trasladar los nidos a cada cámara de incubación, se colocó justo a la mitad de la cámara por cada nido, un dispositivo electrónico (LogTag Modelo Trix-8) programado para registrar las temperaturas (°C) cada 30 minutos a lo largo de todo el periodo de incubación. Al final del periodo de incubación y justo 24 h posteriores a la primer emergencia de cada nido, se realizó la cuantificación de las crías emergidas (CE=todo neonato que salió del nido hasta la superficie del mismo por si misma), las crías vivas (CV=aquellos neonatos que se encontraban vivos dentro del nido y fuera del cascarón al momento de realizar la apertura de la cámara de incubación), las crías muertas (CM=aquellos neonatos que murieron dentro del nido y que estaban fuera del cascarón), así como la cuantificación de los huevos no eclosionados, los cuales fueron clasificados a su vez como huevos sin desarrollo embrionario aparente (HSDA=todos aquellos huevos donde no fue posible encontrar evidencia del desarrollo de un embrión) y huevos con desarrollo embrionario evidente (HCDE=todos aquellos huevos donde existió evidencia del inicio del desarrollo embrionario pero sin conclusión). En el caso de los HCDE, los embriones fueron clasificados con base en el catálogo de etapas embriológicas establecido por Crastz (1982) para determinar y cuantificar las fases embriónicas en las que ocurrió la mortalidad. Todas las actividades fueron realizadas con estricto apego a la norma oficial mexicana 162 (DOF, 2013).

La fluctuación térmica diaria fue calculada por la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas en cada día de incubación por cada nido y entre nidos. Después de comprobar la normalidad y la homogeneidad de las

varianzas, se aplicó un análisis de varianza (AN-DEVA) de una vía para determinar diferencias en la temperatura promedio y la fluctuación térmica diaria entre el interior de los nidos y entre nidos. El éxito de eclosión por nido fue considerado como el número total de huevos eclosionados entre el número total de huevos de la nidada y expresado en porcentaje, mientras que la tasa de emergencia se consideró como el número de neonatos vivos entre el

número total de huevos incubados, expresando el resultado en porcentaje. Asimismo, la mortalidad embrionaria se calculó como el resultado de la división entre el número de HCDE y el número total de huevos incubados inicialmente, expresado también en porcentaje. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa XLStat Ecology 2016.1 (Addinsoft SARL).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró información de seis nidos de *Dermochelys coriacea* (Linnaeus, 1766), seis de *Lepidochelys olivacea* (Eschsholtz, 1829) y un solo nido de *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). El tamaño promedio de las nidadas de *D. coriacea* fue de  $55.1 \pm 8.2$  huevos, para *L. olivacea* fue de  $99.5 \pm 4.3$  huevos, mientras que en el caso de *Ch. mydas* la nidada fue de 52 huevos. Las temperaturas de incubación en los nidos de *D. coriacea* estuvieron entre 29.1 °C y 34 °C, en el caso de *L. olivacea* estuvieron entre 28.6 °C y 34 °C y para *C. mydas* estuvieron entre 26.8 °C y 32.8.7 °C. El periodo de incubación promedio para *D. coriacea* fue de  $57 \pm 2$  días, para *L. olivacea* fue de  $46 \pm 4$  días, mientras que el periodo de incubación de *C. mydas* fue de 51 días. Se observó que las temperaturas promedio de todos los nidos en el segundo tercio del periodo de incubación mostraron una tendencia feminizante de acuerdo a la temperatura pivote establecido para cada especie (Figura 2). El Cuadro 1 muestra los valores máximos, mínimos y promedio de la temperatura registrada en las cámaras de incubación, las cuales mostraron variaciones considerables dentro y entre los

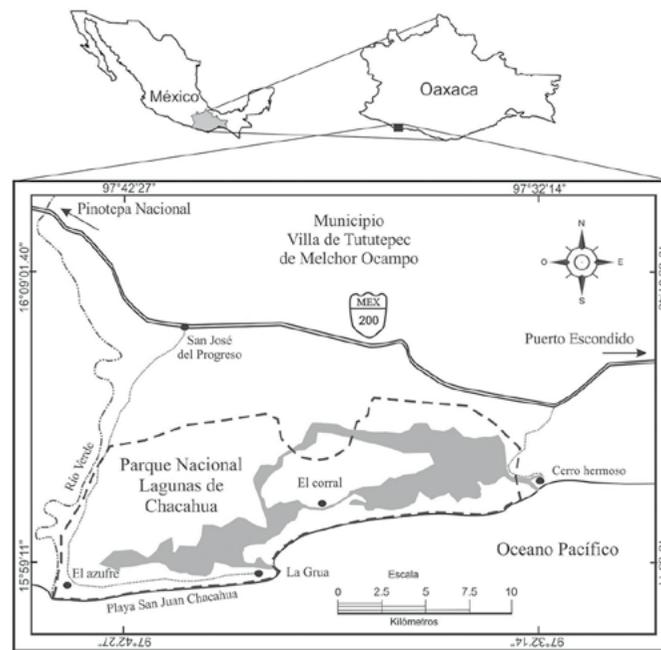
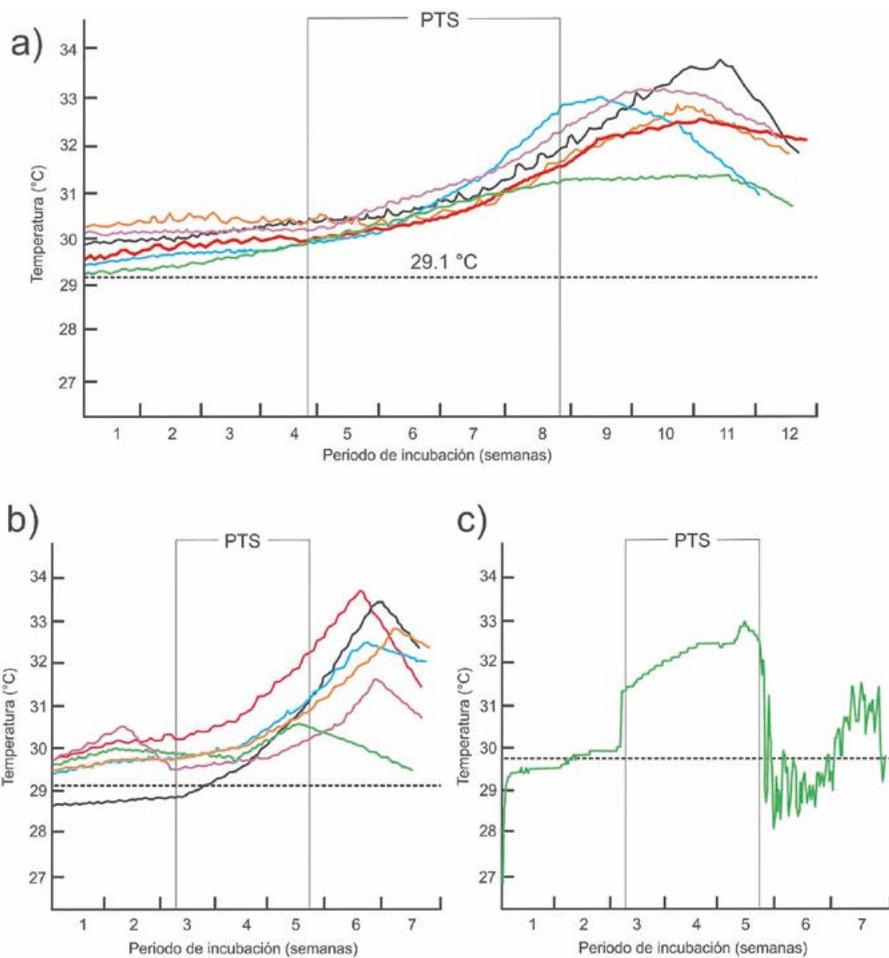


Figura 1. Ubicación de la playa San Juan Chacahua, Oaxaca, México.



**Figura 2.** Temperaturas de incubación (a=*D. coriacea*, b=*L. olivacea*, c=*C. mydas*) y periodos termosensibles (PTS) en los nidos de tortugas marinas en la playa San Juan Chacahua, Oaxaca, México.

nidos. La temperatura promedio difirió significativamente entre los nidos de *D. coriacea* ( $F_{12,25}=26.3$ ,  $P<0.01$ ), con la temperatura promedio más baja de  $26.9\pm 0.1$  °C y la temperatura promedio más alta de  $34.2\pm 0.3$  °C. En el caso de *L. olivacea*, la temperatura promedio también difirió significativamente ( $F_{16,45}=2.66$ ,  $P<0.01$ ), con la temperatura promedio más baja de  $22.2\pm 0.2$  °C y la temperatura promedio más alta de  $36.1\pm 0.4$  °C, mientras que la temperatura promedio en el nido de *Ch. mydas* fue de  $30.5\pm 0.2$  °C, con la temperatura más baja de 26.9 °C y la temperatura más alta de 32.5 °C.

que para *L. olivacea*, 32 huevos mostraron 9 de las 31 etapas y en el caso de *C. mydas*, 32 huevos mostraron sólo cuatro de las 31 etapas; sin embargo, de manera general se observó que 39% (n=43 huevos) de los HCDE se encontraron en la etapa 2, el 30% (n=33 huevos) en la etapa 1, el 17.3% (n=19 huevos) se clasificaron en la etapa 31 y el resto en menores proporciones en las demás etapas (Figura 3). El tamaño promedio de nidada reportado en este trabajo para *D. coriacea* fue menor al único reporte que existe de esta especie de  $62\pm 17.9$  huevos (Sarti et al., 2007) para México; sin embargo, es similar

La fluctuación térmica diaria varió entre los nidos de *D. coriacea* ( $F_{13,41}=205.21$ ,  $P<0.01$ ), entre los nidos de *L. olivacea* ( $F_{12,24}=729.89$ ,  $P<0.01$ ) y en el nido de *Ch. mydas* ( $F_{6,70}=205.21$ ,  $P<0.01$ ). El Cuadro 2, presenta la cuantificación porcentual de sobrevivencia de los nidos incubados en los corrales de protección; no obstante, de manera general se observó que el porcentaje de eclosión de *D. coriacea* fue de 47.4%, mientras que su tasa de emergencia fue de 45.3%, para *L. olivacea* fue 86.6% y 82.7%, respectivamente, mientras que para *C. mydas* sus valores de eclosión y emergencia fueron idénticos (53.8%) debido a que sólo fue un nido.

En cuanto a la mortalidad embrionaria, *D. coriacea* presentó 20.2% de mortalidad, *L. olivacea* de 5.3% y *C. mydas* 21.15%. En el análisis de los HCDE, 110 huevos mostraron presencia de embriones. En el caso de *D. coriacea*, 67 huevos mostraron 11 de las 31 etapas propuestas por Cratz (1982); en tanto

**Cuadro 1.** Valores máximos, mínimos y promedio de las temperaturas en nidos de tortugas marinas de la playa San Juan Chacahua, Oaxaca, México.

Especie	T. Max	T. min	1er tercio (°C)	Promedio 2o tercio (°C)	Promedio último tercio (°C)	Promedio DI
<i>D. coriacea</i>	33.7°	29.15°	29.7°	30.7°	32.6°	57
<i>L. olivacea</i>	34.6°	25.3°	27.2°	30.1°	32.1°	46
<i>C. mydas</i>	33°	25.2°	28.1°	32.1°	30.6°	51

**Cuadro 2.** Parámetros de incubación y eclosión en nidos evaluados de tortugas marinas de la playa San Juan Chacahua, Oaxaca, México.

Especie	No. huevos (Promedio)	E.Ec.	E.Em.	M.E.	HCDE	HSDA
<i>D. coriacea</i>	55.1	474	45.3	20.2	67	107
<i>L. olivacea</i>	99.5	86.6	82.7	5.3	32	48
<i>C. mydas</i>	52*	53.8	53.8	21.15	11	13

E.Ec.=Éxito de eclosión, E.Em.=Éxito de emergencia, M.E.=Mortalidad embrionaria, HCDE=Huevos con desarrollo evidente, HSDA=Huevos sin desarrollo aparente. \*Valor neto.

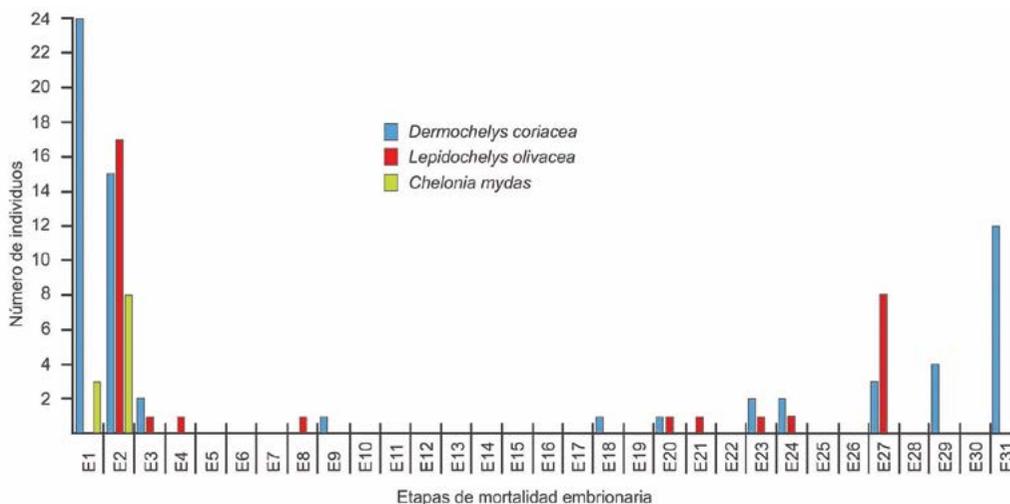
a lo reportado en Playa Grande, Costa Rica ( $58.8 \pm 0.61$  huevos) por Rafferty *et al.* (2011) pero menor a lo registrado en Pacuare, Costa Rica ( $77.7 \pm 2.1$  huevos) por Rivas *et al.* (2015), en Guayana Francesa ( $87.8 \pm 0.61$  huevos) (Caut *et al.*, 2006) y Papua, Indonesia ( $79.6 \pm 16.3$  huevos;  $76.2 \pm 16.1$  huevos) (Tapilatu y Tiwari, 2007). En cambio, el tamaño promedio de nidada reportado para *L. olivacea* en playas asincrónicas fue de 98 a 102 huevos en Bahía Solano, Colombia (Hinestroza y Paez, 2000) y 96.7 huevos en Punta Banco, Costa Rica (Viejobueno y Arauz, 2015), no obstante, para México no existe información que pueda ser utilizada de manera comparativa. Respecto al tamaño de nidada de *Chelonia mydas*, sin embargo, lo registrado en el presente fue menor a lo reportado en el Archipiélago Cubano ( $110 \pm 22$  huevos) por Azanza (2009).

Las temperaturas en los nidos son afectadas por numerosos factores y varían en relación a las diferencias temporales del clima (patrones de precipitación y temperatura del aire) durante las épocas de anidación (Tapilatu y Ballamu, 2015). Aunado a esto, también ejercen influencia la ubicación de los nidos en la playa (inci-

dencia solar, distancia a la marea más alta), el color de la arena (albedo), profundidad de los nidos, posición de los huevos dentro de la cámara de incubación, así como el calor metabólico generado por los embriones en desarrollo (Hill *et al.*, 2015; Patiño-Martínez *et al.*, 2012). Por tanto, los presentes resultados muestran a nivel local las variaciones de temperatura en distintos nidos de tortugas marinas.

Por otro lado, la diferenciación sexual en las tortugas marinas está fuertemente influenciada por las temperaturas en el microambiente de incubación (Mrosovsky y Pieau, 1991; Standora y Spotila, 1985), de tal manera que las elevadas temperaturas tienden a promover sesgos en las proporciones sexuales con una generación mayoritaria de hembras (Esteban *et al.*, 2016; Santidrián *et al.*, 2015). En este estudio, se registró un sesgo en las proporciones sexuales con tendencias feminizantes, generadas durante el periodo termosensible de los distintos nidos evaluados. Pocos estudios se han realizado para evaluar las proporciones sexuales en las especies que anidan en México y que de igual manera son afectadas por el calentamiento global. Garduño y Cervantes (1996) obser-

varon que las temperaturas durante el segundo tercio del desarrollo embrionario en nidos de *Eretmochelys imbicata* presentaron tendencias feminizantes en la playa Las Coloradas, Yucatán, México; sin embargo, Arzola-González (2007) encontró tendencias masculinizantes en nidos naturales de *Lepidochelys olivacea* en playa El Verde, Sinaloa, México, siendo éste el único reporte con estas características en México. A nivel mundial existen reportes sobre la generación



**Figura 3.** Caracterización de las etapas de mortalidad embriológica de acuerdo con Crastz (1982) en nidos de tortugas marinas de San Juan Chacahua, Oaxaca, México.

de proporciones sesgadas hacia las hembras en nidos de *D. coriacea* en las playas Roca Negra y Saint Kitts, Indias Occidentales (Watson et al., 2015), así como en las playas fronterizas entre Panamá y Colombia (Patiño-Martínez et al., 2012). Situaciones similares se han reportado en los nidos de *C. mydas* en Islas de Piai y Sayang, Papua del Este, Indonesia (Tapilatu y Ballamu, 2015), y en las playas Samandag y Sugözü, Turquía (Candan y Kolankaya, 2016).

Si las condiciones del clima continúan incrementando conforme a las predicciones realizadas hasta ahora (IPCC, 2014), es posible pensar que los efectos podrían ser dramáticos hacia fines del presente siglo (Fuentes et al., 2011), debido a que las condiciones naturales producirán una alta feminización de crías en diferentes partes del mundo (Patiño-Martínez et al., 2012), y por tanto generar problemas en las poblaciones debido al alto sesgo de hembras anidantes y, por otro lado, con temperaturas de incubación cercanos a los límites de la tolerancia térmica (Patiño-Martínez et al., 2012). Los porcentajes de eclosión de *D. coriacea* registrados en este trabajo son muy similares al compararlos con los reportes de Sudáfrica (76%, Hughes et al., 1967), Suriname (50%, Whitmore y Dutton, 1985), Malasia (56.4%, Chan y Liew, 1996) y Costa Rica (53.2%, Leslie et al., 1996). Una probable explicación a esta situación se relaciona con las variaciones en las distancias de recorrido entre las zonas de alimentación y las de reproducción que las hembras en general realizan en los océanos, por tanto, las distancias y la duración de las migraciones pueden afectar el estado de salud de las hembras anidantes y causar variaciones en los contenidos de los

huevos fertilizados disminuyendo su fertilidad (Hewavisenthi y Parmenter, 2002).

## CONCLUSIONES

El mayor porcentaje de mortalidad embrionaria en este estudio ocurrió en las primeras etapas de formación, lo cual es consistente con lo reportado por Rafferty et al. (2011), quienes mencionan que la mayor pérdida embrionaria ocurre en los primeros estadios de formación. Adicionalmente, los efectos de traslocación y manipulación de los nidos son algunas de las causas relacionadas con la muerte embrionaria en las primeras semanas del periodo de incubación (Dal Ponto y Krause, 2004), por lo que existe la posibilidad de que las causas de muerte embrionaria en el presente trabajo se relacionen con los efectos de la traslocación. El presente trabajo contribuye con información básica sobre las temperaturas de incubación y proporción sexual en nidos de tres especies de tortugas marinas que anidan en un Área Natural Protegida de México, con evidencia de sesgos en las proporciones sexuales como producto de las alteraciones actuales del clima. Por otro lado, el impacto del sesgo en las proporciones sexuales y la ecología reproductiva de las tortugas marinas aún no es claro (Tapilatu y Ballamu, 2015), aunado a esto existen pocos trabajos en México que aborden esta temática con el fin de establecer líneas de acción para los tomadores de decisiones relacionados con la protección de las tortugas marinas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Mar y al PROMEP por el apoyo al tercer autor para la adquisición de los sensores de temperatura utilizados en este estudio. A la Universidad Autónoma de Zacatecas por las facilidades de movilidad estudiantil para el primer autor. Al Parque Nacional Lagunas de Chacahua de la CONANP por las facilidades y acceso al campamento San Juan Chacahua. A Esteban Pacheco, Pedro Pacheco, Taurino Velázquez, Simeón Corcuera, Maribel Pacheco, Hermila Hernández y Marcelino Marín por su apoyo y ayuda en las actividades de campo.

## LITERATURA CITADA

- Arzola-González J.F. 2007. Humedad y temperatura en nidos naturales artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3): 377-383.
- Azanza J. 2009. Estrategia reproductiva de la tortuga verde, *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) y su impacto en la estructura genética de áreas de anidación del occidente del archipiélago cubano. Tesis doctoral, Universidad de la Habana, Cuba.
- Candan O., Kolankaya D. 2016. Sex ratio of Green turtle (*Chelonia mydas*) hatchlings at Sugözü, Turkey: Higher accuracy with pivotal incubation duration. *Chelonian Conservation and Biology*, 15(1): 102-108.
- Caut S., Guirlet E., Jouquet P & Girondot M. 2006. Influence of nest location and yolkless eggs on hatching success of leatherback turtle clutches in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology*, 84: 522-529.
- Chan E. H., Liew H.C. 1996. Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. *Chelonian Conservation and Biology*, 2: 196-203.
- Crastz F. 1982. Embriological stages of the marine turtles *Lepidochelys olivacea* (Escholtz). *Revista de Biología Tropical*, 30(2): 113-120.
- Dal Ponto M. E., Krause L. 2004. How nest traslocation-time, clutch size and presence of yolkless eggs affected hatching succes in *Dermochelys coriacea* (Linnaeus, 1766) (Testudines: Dermochelyidae), at Projeto Tamar-Ibama, Espirito Santo, Brazil. *Cuadernos de Herpetología*, 18(1): 59-64.
- DOF. 2011. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que determina las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, endémicas, amenazadas, en peligro de

- extinción y sujetas a protección especial. México, D.F.: Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados, Gobierno Federal.
- DOF. 2013. Norma Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012, que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados, Gobierno Federal. México, D. F.
- Esteban N., Laloë J.O., Mortimer J.A., Guzman A.N., Hays G.C. 2016. Male hatchling production in sea turtles from one of the world's largest marine protected areas, the Chagos Archipelago. *Scientific Reports*, 6. DOI:10.1938/srep20339.
- Fuentes M.M., Limpus C., Hamman M. 2011. Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Global Change Biology*, 17: 140-153.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Offset Larios S. A., México, D. F.
- García A., Ceballos G., Adaya R. 2003. Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in Mexico. *Biological Conservation*, 111, 253-261.
- Garduño A.E., Cervantes H.E. 1996. Influencia de la temperatura y la humedad en la sobrevivencia en nidos *in situ* y en corral de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) en Las Coloradas, Yuc., México. *Ciencia Pesquera*, 12: 90-98.
- Hawkes L.A., Broderick A.C., Godfrey M.H., Godley B. 2009. Climate change and marine turtles. *Endangered Species Research*, 7: 137-154.
- Hewavisenthi S., Parmenter C. 2002. Eggs components and utilization of yolk lipids during development of the flatback turtle *Natator depressus*. *Journal of Herpetology*, 36: 43-50.
- Hughes G., Bass J., Mentis M.T. 1967. Further studies on marine turtles in Tongaland, I. *The Lammergeyer*, 3: 6-54.
- Hill J.E., Paladino F.V., Spotila J.R., Santidrián P. 2015. Shading and watering as a tool to mitigate the impacts of climate change in sea turtle nests. *Plos One*, 10(6): e0129528. DOI:10.1371/journal.pone.0129528.
- Hinestroza L.M., Páez V.P. 2000. Anidación y manejo de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en la playa La Cuevita, Bahía Solano, Chocó, Colombia. *Cuadernos de Herpetología*, 14(2): 131-144.
- IPCC. 2014. Observed changes and their causes. *In: Climate change 2014: Synthesis report: 39-54* (R. K. Pachauri, ed.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Lara-Lara J.R., Arreola-Lizárraga, J.A., Calderón Aguilera L.E., Camacho Ibar V.F., De La Lanza Espino G., Escofet Giansone A., Espejel Carvajal M.I., Guzmán Arroyo M., Ladah L.B., López Hernández M., Meling López A.E., Moreno Casasola Barceló P., Reyes Bonilla H., Ríos Jara E., Zertuche González J.A. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. *In: Capital Natural de México*. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad: 109-134 (Jorge Soberón, Gonzalo Halffter y Jorge Llorente, eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Leslie A.J., Penick D.N., Spotila J., Paladino F. 1996. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting and nest success at tortuguero Costa Rica, in 1990-1991. *Chelonian Conservation and Biology*, 2: 159-168.
- Mazaris A.D., Kramer-Schadt J., Tzanopoulos K., Johst G., Matsinos J. & Pantis D. 2009. Assessing the relative importance of conservation measures applied on sea turtles: comparison of measures focusing on nesting success and hatching recruitment success. *Amphibia-Reptilia*, 30, 221-231.
- Mrosovsky N., Pieau C. 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive for sex determination in reptiles. *Amphibia-Reptilia*, 12: 169-179.
- Mrosovsky N., Yntema C.L. 1980. Temperature-dependence of sexual differentiation in sea turtles – Implications for conservation practices. *Biological Conservation*, 18: 271-280.
- Patiño-Martínez J., Marco A., Quiñones L., Godley B. 2008. Globally significant nesting of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) on the Caribbean coast of Colombia and Panama. *Biological Conservation*, 141: 1982-1989.
- Patiño-Martínez J., Marco A., Quiñones L., Hawkes L. 2012. A potential tool to mitigate the impacts of climate change to the Caribbean leatherback sea turtle. *Global Change Biology*, 18: 401-411.
- Rafferty A.R., Santidrián P., Spotila J.R., Paladino F.V., Reina R. D. 2011. Embryonic death is linked to maternal identity in the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). *Plos one*, 6(6):e210038
- Rivas M.L., Fernández C., Marco A. 2015. Nesting ecology and population trend of leatherback turtles *Dermochelys coriacea* at Pacuare Nature Reserve, Costa Rica. *Fauna & Flora International*, Oryx, 1-9. DOI: <http://10.1017/S0030605314000775>
- Santidrián P., Saba V., Lombard C., Valiulis J., Robinson N., Paladino F., Spotila J., Fernández C., Rivas M., Tucek J., Oro D. 2015. Global analysis of the effect of local climate on the hatchling output of leatherback turtles. *Scientific Reports*, 5:16789. DOI: 10.1038/srep16789.
- Sarti L., Barragán A.R., García D., García N., Huerta P., Vargas F. 2007. Conservation and biology of the leatherback turtle in the Mexican Pacific. *Chelonian Conservation and Biology*, 6, 70-78.
- Standora E.A., Spotila J.R. 1985. Temperature dependent sex determination in sea turtles. *Copeia* 3: 711-722
- Tapilatu R.F., Ballamu F. 2015. Nest temperatures of the Piai and Sayang Islands green turtle (*Chelonia mydas*) rookeries, Raja Ampat, Indonesia: Implications for hatchling sex ratios. *Biodiversitas*, 16(1): 102-107.
- Tapilatu R.F., Tiwari M. 2007. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, hatching success at Jamursba-Medi and Wermon Beaches in Papua, Indonesia. *Chelonian Conservation and Biology*, 6(1): 154-158.
- Torres-Colín R. 2004. Tipos de vegetación. En J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (Pp. 105-117). México, D.F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México / Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund.
- Watson M.K., Stewart K., Norton T.M., Mitchell M.A. 2015. Evaluating environmental and climatic influences on nesting in Leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) in St. Kitts, West Indies. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*, 25(3-4): 122-127.
- Whitmore C.P., Dutton P.H. 1985. Infertility, embryonic mortality and nest-site selection in leatherback and green sea turtle in Suriname. *Biological Conservation*, 34: 251-272.
- Vannini F., Reyes-Sánchez A., Escamilla-Martínez G., Santos-López C., Cruz, E., Franco P., Pérez-García H. 2011. Sea turtles protection by communities in the coast of Oaxaca, Mexico. *Cuadernos de investigación UNED*, 3(2), 187-194.
- Viajobuena S., Arauz R. 2015. Conservación y actividad reproductiva de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en la playa de anidación solitaria Punta Banco, Pacífico Sur de Costa Rica. Recomendaciones de manejo a través de dieciséis años de monitoreo. *Revista de Biología Tropical*, 63 (Supl. 1): 383-394.

# PRODUCTIVIDAD DE LA APICULTURA EN COMUNIDADES MAYAS DEL LITORAL CENTRO DE YUCATÁN, MÉXICO

## PRODUCTIVITY OF APICULTURE IN MAYA COMMUNITIES OF THE CENTRAL YUCATÁN COAST

Contreras-Uc, L. C.<sup>1</sup>; Magaña-Magaña, M. A.<sup>1\*</sup>; Sanginés-García, J. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DEPI-ITC, División de Estudios de Posgrado e Investigación, del Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán C.P 97345.

\*Autor de correspondencia: drmmagana@gmail.com

### RESUMEN

En este estudio se buscó estimar la productividad de los principales factores e insumos que se emplean en la actividad apícola, así como medir la influencia de las variables socioeconómicas sobre el nivel de rendimiento. La información de campo se obtuvo a través de una encuesta por muestreo estadístico estratificado. La productividad de los insumos y factores se estimó con base en los dictados de la teoría económica, mientras que la influencia de los factores socioeconómicos se midió a través de un modelo de regresión lineal múltiple. Se constató que existe diferencia significativa entre las medias de productividad por estrato; la contribución en ésta de la jornada laboral, kilogramo de azúcar utilizado en la alimentación y por cada mil pesos de inversión en activos, presentaron tendencia hacia la alza al aumentar la tenencia promedio de colmenas. Los factores sociales edad, escolaridad y antigüedad del productor ejercen una limitada influencia sobre la productividad, que pueden considerarse como no determinantes, no así la influencia del capital. Todo cambio favorable en la productividad por colmena, incrementa la importancia de la apicultura a pequeña escala en el medio rural.

**Palabras clave:** Abejas, rendimiento, factores sociales, inversión.

### ABSTRACT

In this study, the objective was to estimate the productivity of the main factors and inputs that are used in bee-keeping, as well as to measure the influence of the socioeconomic variables on the level of yield. The field information was obtained through a survey by stratified statistical sampling. The productivity of the inputs and factors was estimated based on the dictates of economic theory, while the influence of socioeconomic factors was measured through a multiple linear regression model. It was confirmed that there is a significant difference between the productivity means by stratum; its contribution in the workday, kilogram of sugar used in feeding, and investment in assets for every thousand pesos, presented a growing trend when increasing the average possession of beehives. The social factors of age, schooling and seniority of the producer exert a limited influence on the productivity, which can be considered as non-determinant, although not so the influence of capital. Every favorable change in the productivity per beehive increases the importance of small-scale apiculture in the rural environment.

**Keywords:** bees, yield, social factors, investment.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2017. pp: 46-50.

**Recibido:** septiembre, 2016. **Aceptado:** abril, 2017.

## INTRODUCCIÓN

Todo proceso productivo diseñado para generar utilidades y bienestar social requiere aspectos operativos, técnicos y económicos para que se sustente en niveles aceptables de productividad. Concepto que refleja en la práctica la conjugación del desempeño técnico, la toma oportuna de decisiones, así como la disponibilidad y calidad de los insumos y factores empleados en dicho proceso. En INEGI (2003) se menciona que la productividad provoca una reacción en cadena al interior de la empresa, que abarca una mejor calidad de los productos, mejores precios, estabilidad de los empleos, permanencia de la empresa en el mercado y mayores beneficios. Miranda y Toirac (2010) exponen que la productividad es clave para la creación de riqueza, ya que unos mayores beneficios permiten invertir en la mejora de los recursos productivos, como nuevas tecnologías con autofinanciamiento, que le dará a las empresas ventaja competitiva en el mercado. En la estructura productiva, la micro, pequeña y mediana empresa constituye el mayor porcentaje de empresas en todos los países de América Latina y el Caribe, llegando a más del 90% del total de ellas, sin embargo, tales empresas participan con 25% y 45% de los empleos y con 15% y 25% de la producción; su nivel de productividad está entre 25% y 50% en comparación a las grandes empresas; y comparativamente a las Pymes Europeas, que pueden estar entre 66% y 82% (Vergara, 2005). A este respecto, Halevy y Naveh (2000) mencionan que la baja sofisticación de las pequeñas empresas conduce a improproductividades de variada naturaleza. Se habla de improproductividades cuando se presenta poca incorporación de valor agregado a los procesos productivos, por estrategias empresariales deficientes y la generación de costos innecesarios (Aguilar, 2009). La apicultura que se practica en comunidades mayas del Litoral Centro de Yucatán, México, tiene carácter económico, pero son explotaciones a pequeña escala sin visión empresarial por parte de los apicultores y sin un manejo técnico adecuado con una productividad limitada. Magaña y Leyva (2011) mencionan que la apicultura puede considerarse como una oportunidad de negocios, siempre y cuando se garantice la rentabilidad, buscando alternativas que permitan aumentar los ingresos por medio del aumento de la productividad y definiendo mejores estrategias de mercado. Se explica que una forma de aumentar la producción, como la apícola, es a través de impulsar cambios favorables en los niveles de productividad, para lo cual es importante identificar las variables económicas y de política que han tenido un impacto positivo en dicha

variable; lo cual permitiría diseñar programas de fortalecimiento para mejorar este indicador de la producción. Por lo mencionado con anterioridad, se estimaron los indicadores de productividad de los principales factores e insumos de la actividad apícola, así como la influencia de variables socioeconómicas sobre el rendimiento por colmena.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los parámetros e indicadores relevantes para el desarrollo del presente se estimaron con base en los procedimientos de la estadística descriptiva, la información de campo o directa se obtuvo mediante una encuesta por muestreo estadístico a productores apícolas del municipio de Motul, como caso de estudio de la región maya del Litoral Centro de Yucatán, México, que comprendió parte de la ex Zona Henequenera. La muestra se obtuvo de la selección completamente al azar de 30% de la lista integrada de productores (N=183) del municipio de interés y las localidades de Kaxatah, Kiní, Ucí, Santa Teresa, Dzununcán, Santa Cruz Pachón, Kopté y San Pedro Chacabal. Para la definición de la muestra final, y de acuerdo a la varianza obtenida en ésta, se empleó la técnica de muestreo estratificado (Scheaffer, 2007); y se consideraron como parte de los estratos a los productores que explotan hasta 25 colmenas, de 26 hasta 50 y de 51 a 100 colmenas. El tamaño de la muestra final (n=55 productores) resultó inferior al de la muestra preliminar. Al primer estrato le correspondió 58% de la muestra, 28% al segundo y 14% al tercero. Toda vez corroborado la validez de la muestra, la información fue registrada en una hoja de cálculo del programa Excel®. Para la estimación de los parámetros de la estadística descriptiva se tomó como base los procedimientos propuestos por Stevenson (2006), mientras que para la estimación de la productividad se consideró como referencia lo propuesto por Gould y Lazear (1994). Para la estimación de la media de productividad por estrato y la correspondiente prueba de hipótesis entre éstas, se empleó un modelo de regresión lineal múltiple con base en variables dicótomas (Gujarati y Porter, 2010), cuya ecuación fue la siguiente:

$$Rend_i = \beta_1 + \beta_2 D_{2i} + \beta_3 D_{3i} + u_i$$

Donde:  $Rend_i$  = productividad o rendimiento por colmena;  $D_{2i}$  = 1 si el rendimiento es de un productor que pertenece al estrato dos y 0 si el rendimiento pertenece a productores de otros estratos;  $D_{3i}$  = 1 si el rendimiento es de un productor que pertenece al estrato tres y 0 si el rendimiento pertenece a productores de otros estratos.

lo a la presencia de la Varroasis, (daño generado por el ácaro *Varroa destructor*) han frenado la recuperación plena de los niveles de producción de miel registrados en los años ochenta. Güemes *et al.* (2003) expone que la apicultura ha sufrido un grave deterioro en la península de Yucatán durante el periodo de 1990 a 2003 como consecuencia de fenómenos climatológicos.

### Productividad de miel por colmena

El rendimiento promedio de miel obtenido por colmena en el ámbito nacional fue de 30.4 kg durante el periodo de 1990 a 2014, mientras que para el estado de Yucatán y en el mismo periodo, fue de 32.5 kg. La productividad estatal presenta un ligero comportamiento hacia la baja que, al igual que el volumen total de producción, exhibe altibajos, tendencia que no se observa en forma marcada en el ámbito nacional. La citada productividad estatal es consistente con lo reportado por Goslino (2010) para Costa Rica, país donde se obtiene en promedio 35.1 kg por colmena. La Figura 2 muestra la vocación apícola del estado de Yucatán, el cual dispone de un abundante recurso forestal néctar polinífera en casi todo el estado, mismo que con relación al ámbito nacional favorece el mayor rendimiento. En los últimos años, 2011 y 2013, el efecto de las fuertes sequías en primavera, principal período de cosecha, provocaron que el rendimiento disminuyera.

El valor estimado de la productividad por colmena fue en promedio de 29.8 kg de miel por año. Lo cual difiere con lo publicado por Magaña *et al.* (2007) quien reportó una productividad de 41.3 kg por colmena en

El valor de la media de la productividad que obtienen los productores del estrato dos, es:

$$E(\text{Rend}_i | D_{2i}=1, D_{3i}=0) = \beta_1 + \beta_2$$

La productividad que se obtiene en el estrato tres, es:

$$E(\text{Rend}_i | D_{2i}=0, D_{3i}=1) = \beta_1 + \beta_3$$

La productividad obtenida por los productores del estrato uno, es:

$$E(\text{Rend}_i | D_{2i}=0, D_{3i}=0) = \beta_1$$

Los parámetros y estadísticos del modelo estimado, son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Rend} &= 26.378 + 6.139D_2 + 12.228D_3 \\ t &= (56.693) \quad (7.540) \quad (11.609); p = (0.000) \quad (0.000) \quad (0.000); R^2 = 0.744 \end{aligned}$$

El valor de los estadísticos del modelo de regresión estimado evidencia que las medias de productividad por estratos son estadísticamente diferentes. Finalmente, se empleó el siguiente modelo de regresión lineal múltiple para estimar la influencia que ejercen las principales variables socioeconómicas sobre la productividad de miel por colmena.

$$\text{Rend}_i = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Ed}_i + \alpha_2 \text{Esc}_i + \alpha_3 \text{Ant}_i + \alpha_4 \text{Inv}_i + u_i$$

Donde:  $\text{Ed}_i$ =edad;  $\text{Esc}_i$ =escolaridad;  $\text{Ant}_i$ =antigüedad;  $\text{Inv}_i$ =inversión.

Los parámetros y estadísticos del modelo estimado de regresión lineal múltiple formulado anteriormente, son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Rend} &= 25.039 - 0.026\text{Ed} - 0.060\text{Esc} - 0.051\text{Ant} + 0.250\text{Inv} \\ t &= (9.414) \quad (-0.643) \quad (-0.518) \quad (-1.425) \quad (22.657) \\ p &= (0.000) \quad (0.522) \quad (0.606) \quad (0.160) \quad (0.000); R^2 = 0.909 \end{aligned}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen de producción de miel del estado de Yucatán en la oferta nacional fue de 16.7% en promedio durante el periodo 1990 a 2014, lo cual le confiere el primer lugar nacional, con una variación cercana a 15% del segundo quinquenio de la primera década del presente, mientras el mayor registro fue de 18.1% para el último quinquenio del siglo anterior (Figura 1).

La variabilidad que presenta la producción de miel en el estado de Yucatán es similar, pero en mayor escala, con lo que ocurre en el ámbito nacional (Figura 1). La tendencia general que ha seguido la producción estatal se caracteriza por dos periodos; el primero, de 1990 al 2005, cuyo comportamiento fue hacia la baja y el segundo periodo, de 2006 a 2014, fue ligeramente a la alza. Este fenómeno tiene relación con la dependencia al clima que presenta la producción apícola. SAGARPA (2000) menciona que aspectos climatológicos, tales como sequía y huracanes, en parale-

su trabajo realizado en varios estados de la república Mexicana. Con base en los parámetros y estadísticos estimados en el análisis de varianza de la regresión lineal múltiple con variables dicótomas, se comprueba que existe diferencia significativa entre las medias de productividad por estrato, cuyo valor por colmena se presenta en el Cuadro 1.

La productividad de los principales factores e insumos, jornada laboral, kilogramo de azúcar utilizado en la alimentación de las colonias y por cada mil pesos de inversión en activos, presentó una tendencia hacia la alza al aumentar la tenencia promedio de colmenas (estrato), y obedece a mayor intensidad en el uso de los insumos y factores de la producción, ya que por ejemplo, en el primer estrato existe cierta ineficiencia en el uso de los activos fijos de la producción, en especial del equipo de extracción; esto debido al número de veces al año que se realiza la cosecha. Un hecho sobresaliente en el análisis de la productividad apícola, es la cantidad de azúcar que se emplea por colonia, la cual varía de 8 a 17 kg año<sup>-1</sup>, esto según la falta de floración por la distribución errática de las lluvias, lo cual influye sobre la tendencia observada y el bajo nivel de productividad. Este hecho no se observa en el indicador de productividad del capital, ya que este es relativamente limitado, acorde al nivel semi tecnificado de las explotaciones apícolas. Por ejemplo, el valor promedio a precios de nuevo de los activos por colmena, es de \$ 1220.00 pesos MX, para el primer estrato, mientras que en el tercer estrato este valor es de \$ 980.00 pesos MX, estas cifras evidencian la ineficiencia en el uso del capital a medida que el número de colmenas descende. Un hecho relevante en la actividad apícola que se practica

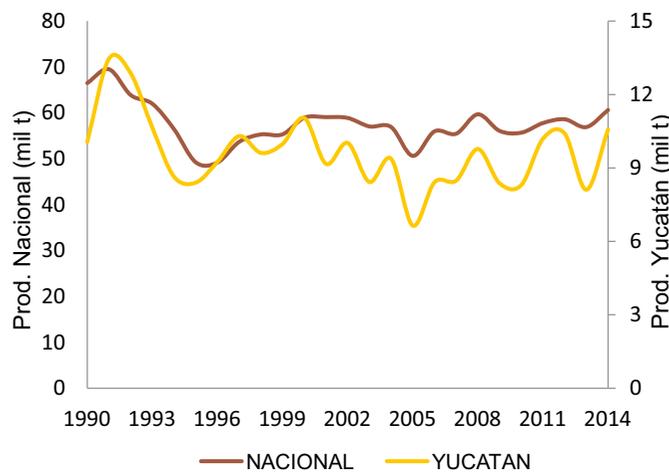


Figura 1. Producción de miel nacional y estatal.

frecuencia debido a la cercanía de la unidad de producción a su localidad de origen.

### Influencia de los factores socioeconómicos sobre la productividad

Con base en los coeficientes del análisis de varianza de la regresión lineal múltiple correspondiente a la influencia que ejercen los factores socioeconómicos, se evidencia que tanto la edad, escolaridad como la antigüedad del productor en la apicultura, resultaron factores sociales cuya influencia sobre la productividad no es concluyente. Este hecho se basa en el valor de los estadísticos  $t$  y  $p$ , los cuales resultaron no significativos; por lo cual a dichos factores no se les puede atribuir el sentido y magnitud de los cambios en la productividad de miel por colmena. Lo expuesto anteriormente y con relación al signo negativo del coeficiente edad del productor, sugiere que la productividad varía en forma inversa a dicha variable, lo cual puede explicarse debido a la forma tradicional de las prácticas de producción que se van arraigando; la edad promedio fue de 57.6 años con una moda de 60. Es importante mencionar que el 57.8% de los productores presentó edad superior a la media; lo cual confirma que la mayoría de los apicultores poseen una edad avanzada. Con relación al signo del coeficiente de escolaridad de los productores, el cual resultó negativo,

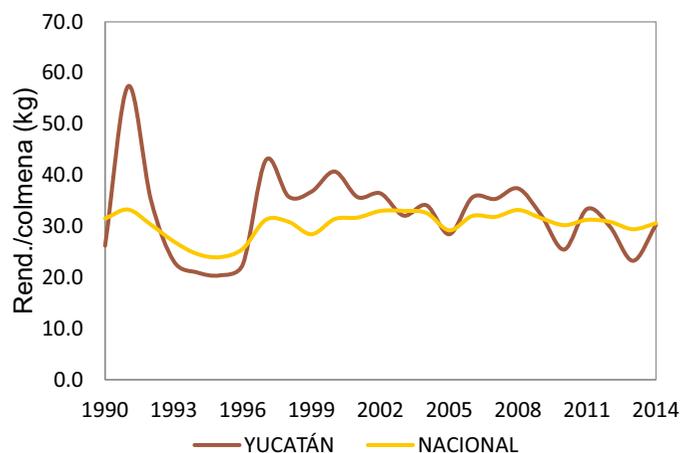


Figura 2. Rendimiento de miel por colmena Fuente: SIACON, SAGARPA.

a pequeña escala, es el tiempo de trabajo que le dedica el productor a la atención del apiario. Para el caso del Litoral Centro de Yucatán, parte de dicho tiempo se considera como no productivo, como por ejemplo la visita que realiza el apicultor para verificar únicamente la condición en la que se encuentra el apiario, y esta visita se realiza con

**Cuadro 1.** Productividad de los principales factores e insumos.

Referencia	Colmena (kg)	Jornada laboral (kg)	Azúcar (kg)	Inversión por cada mil pesos de activos (kg)
General	29.82	4.71	2.56	25.39
Estrato i	26.38	3.69	2.26	21.27
Estrato ii	32.52	5.28	2.82	27.33
Estrato iii	38.61	7.79	3.33	38.54

Fuente: Encuesta a productores.

evidenció que esta variable no es relevante en la productividad. Esta situación obedece a que la actividad se desarrolla en forma semi tecnificada y no requiere un elevado nivel de estudios, lo cual coincide con lo publicado por Magaña *et al.* (2016). El signo negativo del coeficiente antigüedad del productor en la apicultura, se explica por la simple sucesión de prácticas tradicionales de producción, las cuales no se han ajustado del todo a las modernas prácticas de manejo. Por último, el signo positivo del coeficiente de capital fue acorde con lo esperado, lo cual reflejó que a mayor inversión en activos mayor productividad. Además, este factor es indispensable en la sustitución de equipos tradicionales y para la adecuación a las exigencias de inocuidad de la miel en los mercados internacionales. En general los factores sociales estimados y su relación con la productividad, difieren con lo publicado por Lema y Delgado (2000), quienes determinaron para productores de Buenos Aires, Argentina, que la educación, la antigüedad y número de colmenas en explotación reducen la ineficiencia técnica; la de mayor efecto resultó la última variable.

## CONCLUSIONES

La productividad apícola estimada en el Litoral Centro del estado de Yucatán resultó inferior al alcanzado tanto en el ámbito estatal, como en el nacional. El insumo con el menor nivel de productividad fue el azúcar empleado en la alimentación de las colonias, que por la cantidad que se emplea al año representa una de las ineficiencias del manejo apícola; en orden de importancia siguieron la jornada laboral y la inversión en activos. Los factores sociales edad, escolaridad y antigüedad del productor en la producción apícola ejercen una muy limitada influencia que pueden considerarse como no determinantes de la productividad. Lo anterior obedece generalmente a que dichos factores no favorecen la sistematización y la adopción tanto de nuevas prácticas de producción, como de tecnologías modernas acordes a las características de los sistemas de producción; la tendencia en los cambios

observados se orientan únicamente a cumplir en parte con las exigencias de inocuidad de la miel en los mercados internacionales.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Santamaría P.A. 2009. La productividad como factor de competitividad para PYMES, una perspectiva a nivel micro, Colegio de Estudios Superiores de Administración, CESA.
- Gould J.P., Lazear E.P. 2004. Teoría Microeconómica. Cuarta reimpresión. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. México, D.F. pp: 219-341.
- Gosliño M. 2010. Programa Nacional de fomento y desarrollo apícola 2010-2020. En: Swiscontact [www.pymerural.org/uploaded/content/category/641709048.pdf](http://www.pymerural.org/uploaded/content/category/641709048.pdf).
- Güemes R.F., Villanueva G.R., Eaton G. K. D. 2003. Honey production by the Mayans in the Yucatán Peninsula, *Bee World*. Vol. 84 (4): 144-154.
- Gujarati D.N., Porter D.C. 2010. Econometría. Quinta edición. Editorial MC Graw Hill. México, D.F.
- Halevy A., Naveh E. 2000. Measuring and reducing the national cost of nonquality, total quality management. Vol. 11(8): 1095-1110.
- INEGI. 2003. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. El ABC de los indicadores de la productividad, segunda edición, México.
- Magaña-Magaña M.A., Aguilar-Arrieta A., Lara-Lara P., Sanginés-García R. 2007. Caracterización socioeconómica de la actividad apícola en el Estado de Yucatán, México. *Revista de agronomía*. 15 (2): 17-24.
- Magaña-Magaña M.A., Leyva-Morales C. E. 2011. Costos y Rentabilidad del proceso de producción apícola en México. *Contaduría y Administración*. No. 235, 99-119.
- Magaña-Magaña M.A., Tavera-Cortés M. E., Salazar-Barrientos L. L., Sanginés-García J. R. 2016. Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Rev. Ciencias Agrícolas*. Vol. 7(5): 1103-1115.
- Miranda J., Toirac L. 2010. Indicadores de productividad para la industria Dominicana. *Rev. Ciencia y Sociedad*. Vol. XXXV (2):235-290.
- Lema D., Delgado G. 2000. Productividad y fuentes de eficiencia técnica en apicultura: estimación de fronteras estocásticas de producción con datos de panel.
- SAGARPA. 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México 1990-1998. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacion%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/25/sppa9098.pdf>
- Vergara M. S. 2005. Pequeñas y medianas empresas en América Latina, división de desarrollo productivo y empresarial, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.

# IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE BACTERIAS EN *Eisenia foetida* Savigny CULTIVADAS, CON POTENCIAL DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

MOLECULAR IDENTIFICATION OF CULTIVATED BACTERIA IN *Eisenia foetida* Savigny, WITH THE POTENTIAL FOR REMOVAL OF PERSISTENT ORGANIC CONTAMINANTS

Villalobos-Maldonado, J.J.<sup>1\*</sup>; Meza-Gordillo, R.<sup>1</sup>; Enciso-Sáenz, S.<sup>1</sup>; Castañon-González, J.H.<sup>1</sup>; Rosales-Quintero, A.<sup>1</sup>; Llagunas-Rivera, S.<sup>1</sup>; Gutiérrez-Miceli, F.A.<sup>1</sup>; Ruiz-Valdiviezo, V.M.<sup>1</sup>; Rincón-Rosales, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biotecnología, Instituto Tecnológico de Tuxtla-Gutiérrez, Carr. Panamericana km. 1080, Tuxtla-Gutiérrez, Chiapas, México.

\*Autor responsable: juanjovillam@hotmail.com

## RESUMEN

Se evaluó el uso de métodos cultivables para aislar y caracterizar genótipicamente las bacterias asociadas con el intestino de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida* Savigny), identificando algunos géneros reportados con un potencial de remoción de contaminantes orgánicos persistentes (COPs). Las lombrices de tierra analizadas en adición con peat moss y estiércol de conejo a nivel de laboratorio, integraron un sistema de vermicompostaje que fue capaz de remover 96%, del contaminante decaclorobifenilo a una concentración de 200 mg kg<sup>-1</sup> durante 91 días. A partir de cepas bacterianas puras aisladas del tracto digestivo de la lombriz, se procedió a extraer el DNA genómico y se amplificó el gen 16S rDNA a partir del DNA extraído de las cepas, usando los primers fd1 (5´-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3´) y rD1 (5´-AAGGAGGTGATCCAGCC-3´). Todas las secuencias de las cepas fueron analizadas usando el programa BioEdit v.6 y alineadas con CLUSTAL W, los árboles filogenéticos fueron construidos a través del programa MEGA v.5.2, utilizando el modelo evolutivo Tamura-Nei. La posición taxonómica de las cepas fueron determinadas conforme a las secuencias parciales del gen cromosomal 16S rDNA de cepas bacterianas tipo, el cual identificó a los género *Bacillus*, *Caryophanon*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*.

**Palabras clave:** Lombriz de tierra, compuestos orgánicos persistentes (COPs), vermicomposteo, gen 16S rDNA.

## ABSTRACT

The use of cultivable methods used to isolate and characterize genotypically the bacteria associated to the intestine of the earthworm (*Eisenia foetida* Savigny) was evaluated, identifying some genera reported with a potential for removal of persistent organic contaminants (POCs). The earthworms analyzed in addition to peat moss and rabbit manure at the laboratory level established a vermicompost system that was capable of removing 96 % of the decachlorobiphenyl contaminant at a concentration of 200 mg kg<sup>-1</sup> for 91 days. From the pure bacteria strains isolated from the digestive tract of the earthworm, the genomic DNA was extracted and the 16S rDNA gene was amplified, from the DNA extracted from the strains, using the primers fd1 (5´-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3´) and rD1 (5´-AAGGAGGTGATCCAGCC-3´). All the sequences of the strains were analyzed using the BioEdit v.6 software and aligned with CLUSTAL W, the phylogenetic trees were built through the MEGA v.5.2 software, using the Tamura-Nei evolutionary model. The taxonomic positions of the strains were determined based on the partial sequences of the chromosome gene 16S rDNA from type bacterial strains, which identified the genera *Bacillus*, *Caryophanon*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*.

**Keywords:** earthworms, persistent organic compounds (POCs), vermicompost, 16S rDNA gene.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo. 2017. pp: 51-56.

**Recibido:** septiembre, 2016. **Aceptado:** abril, 2017.

## INTRODUCCIÓN

Los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) son sustancias sintéticas de alto riesgo para la salud humana y del medio ambiente. Estas sustancias se han encontrado en todo el mundo, incluyendo en algunas áreas muy remotas en donde no se utilizaron dichos contaminantes, por ejemplo, en regiones polares, también en poblaciones humanas e incluso la leche materna (Mac Donald *et al.*, 2000; Pólder *et al.*, 2003; She *et al.*, 2007). Para atender este problema a nivel mundial, fue firmado el 23 de mayo de 2001, el Convenio de Estocolmo. Donde se enumeran y describen las propiedades de los COPs de la siguiente manera: "contaminantes orgánicos persistentes tienen propiedades tóxicas, se bioacumulan y son transportados por el aire, agua y por especies migratorias a través de las fronteras internacionales y depositados lejos del lugar de su liberación, acumulándose en los ecosistemas terrestres y acuáticos". Los bifenilos policlorados (PCBs) son una familia de compuestos producidos comercialmente por cloración progresiva de bifenilo en presencia de cloruro férrico y yoduro férrico (Abramowicz, 1990, la OMS 1993). Las lombrices de tierra pueden tolerar los productos químicos tóxicos en el medio ambiente (COPs). Los efectos de las lombrices de tierra sobre los microorganismos son directos (aumento o disminución de sus poblaciones para digerir el sustrato) e indirecta (que se derive de los efectos directos, tales como la aparición de excrementos en sustrato fresco), Aira y Domínguez (2010). Estos son ingeridos por los invertebrados, realizando una Anisosimbiosis mutualista, degradando así los compuestos complejos por medio de las enzimas (Figura 1).

La lombriz de tierra (*Eisenia foetida* Savigny) participa en los diferentes procesos ecosistémicos, tales como la formación del suelo, regularización y suministro de agua para la actividad mecánica en el suelo debido a su capacidad de moverse, creación de estructuras que mejora la aireación y la infiltración de agua, degradación de la materia orgánica y mezcla de tierra, de la cual, parte de ésta degradación se debe a su interacción con la microflora mutualista que se encuentra en su tracto digestivo. Se sabe que las lombrices de tierra pueden acelerar la remoción de contaminantes orgánicos tales como plagui-

cidas, herbicidas, hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH), aceites crudos y los bifenilos policlorados (PCBs). El objetivo de esta investigación consistió en aplicar métodos cultivables que permitieron el aislamiento y caracterización genotípica de bacterias asociadas con el intestino de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida* Savigny), encontrándose algunos géneros reportados en la remoción de compuestos orgánicos persistentes (COPs).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta y procedimiento del material biológico

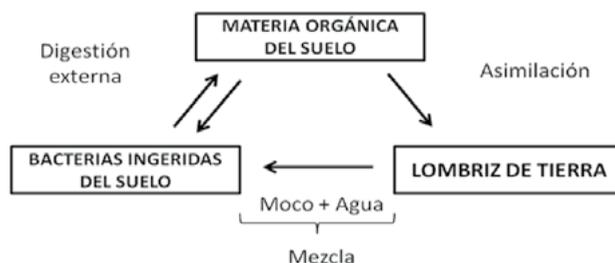
Se seleccionaron diez lombrices de un vermirreactor adaptadas con estiércol y peat moss de la misma población que se utilizaron en la remoción del decaclorobifenilo, sexualmente maduras es decir con clitelo formado y se lavaron con agua destilada estéril, quedando libres de impurezas externas. Utilizando un estereoscopio, cada lombriz fue disectada transversalmente, extrayendo los contenidos intestinales, aproximadamente 1 g (Figura 2), el contenido se colocó en un tubo con 9 mL del medio de infusión de cerebro y corazón (IHB) obteniendo la solución base  $10^{-1}$ , para realizar diluciones hasta llegar a  $10^{-8}$ . Las diluciones de  $10^{-4}$  a  $10^{-8}$  se sembraron por triplicado en los siguientes medios de cultivo Agar nutritivo (AN) para aislamiento de bacterias poco exigentes; Agar de soya tripticaseína (AST), provee un soporte de crecimiento para organismos anaerobios y aerobios y fuente de nitrógeno y minerales; Medio King A (KA) para la detección de especies del género *Pseudomonas*; Agar

de Infusión Cerebro y Corazón (ABHI) es un medio apropiado para el cultivo de bacterias y hongos, incluyendo los de difícil desarrollo; Agar Rojo Congo (RC) tiene afinidad por los polisacáridos, diferenciación de cepas patógenas y aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno. Las placas se incubaron por

48 h a 30 °C, enseguida se hizo una selección de cepas con base en su crecimiento y morfología, conteo de las unidades formadoras de colonias, para posteriormente realizar resiembras para su aislamiento y purificación (Brito-Vega *et al.*, 2009).

### Caracterización genética de bacterias del tracto digestivo de la lombriz

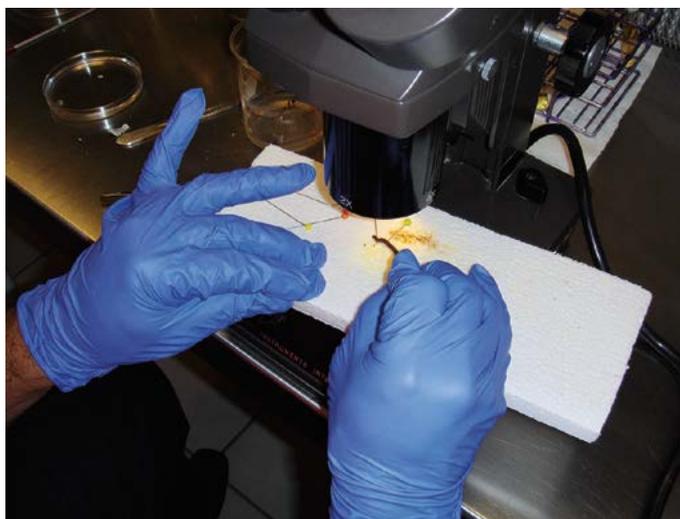
A partir de cepas bacterianas puras aisladas del tracto



**Figura 1.** Sistema de digestión mutualista de lombrices de tierra tropicales endogénicas. Barois y Lavelle (1986).

digestivo de la lombriz de tierra, se procedió a extraer el DNA genómico, utilizando el kit ZR Fungal/Bacterial DNA MicroPrep™ de la marca ZYMO RESEARCH. La mezcla de reacción para la técnica PCR-16S rDNA y cebadores utilizados fue mediante la amplificación del gen 16S rDNA a partir del DNA extraído de las cepas, usando los primers rD1 y fD. Weisburg *et al.* (1991), a través de la re-

acción en cadena de la polimerasa (PCR). Los productos de PCR para amplificar el gen 16S rDNA fueron purificados, usando el kit "PCR product purification system" de la marca Roche™. Los productos de PCR purificados fueron secuenciados en el Centro de Ciencias Genómicas-UNAM, en la Ciudad de Cuernavaca, Morelos.



**Figura 2.** Disección transversal de lombriz de tierra (*Eisenia foetida* Savigny).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1, muestra los resultados de las cepas de interés provenientes de los medio de cultivo utilizados para el crecimiento de bacterias aisladas del tracto digestivo de las lombrices, (Figura 3) crecimiento bacteriano en Agar nutritivo.

## Extracción de DNA

La Figura 4, presenta las electroforesis del DNA de 10 cepas aisladas a partir del tracto gastrointestinal de *Eisenia foetida*, mostradas en el Cuadro 1. En el primer carril se observa el marcador de peso molecular de 1 kb y en los siguientes el DNA de las cepas.

## Amplificación del gen 16S rDNA

A las 10 cepas se les realizó la amplificación del gen 16S rDNA, los fragmentos amplificados (Figura 5), con un tamaño estimado de 1500 pb. De las 10 cepas mostradas siete amplificaron y posteriormente se realizó otra electroforesis donde amplificó la cepa RC4-1, totalizando ocho, las cepas KA4-2 y AN5-1 no amplificaron en los dos intentos realizados.

## Géneros aislados en el tracto digestivo de la lombriz

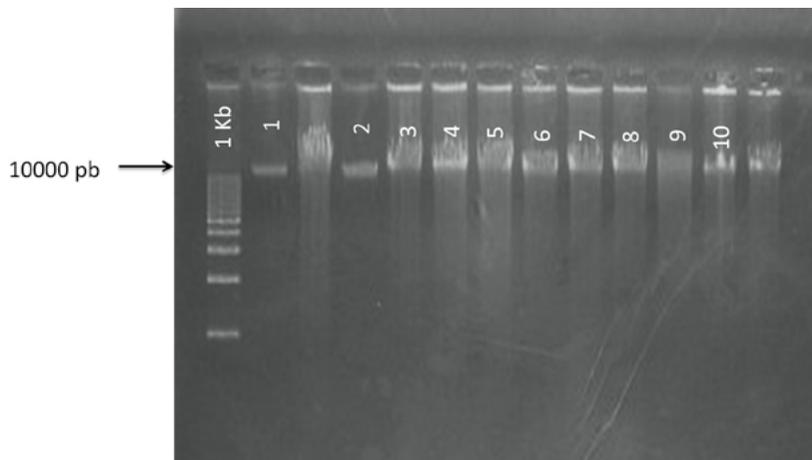
Todas las secuencias de las cepas fueron analizadas usando el programa BioEdit v.6 y alineadas con CLUSTAL W, los árboles filogenéticos fueron construidos a través del programa MEGA v.5.2. La posición taxonómica de la cepas fueron determinadas conforme al análisis filogenético realizado con las secuencias parciales del gen cromosomal 16S rDNA de cepas bacterianas tipo, son cepas puras de laboratorios oficiales para la colección de germoplasma y material genético generado en diferentes investigaciones en el mundo (ejemplo: American Type Culture Collection-ATCC). La secuencia de los genes 16S rDNA de la cepas aisladas del intestino de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*

**Cuadro 1.** Cepas seleccionadas para la extracción del DNA.

Cepa	Medio de origen	Simbología	Características
1	RC4-2	Medio Rojo congo, dilución $10^{-4}$ , segunda caja	Bacilos con esporas, G (-)
2	RC5-2	Medio Rojo congo, dilución $10^{-5}$ , segunda caja	Sarcinas, G (-)
3	RC4-1	Medio Rojo congo, dilución $10^{-4}$ , primera caja	Cocos pequeños en racimos, G (-)
4	KA4-1	Medio King A, dilución $10^{-4}$ , primera caja	Células alargadas flageladas, G (-)
5	KA4-2	Medio King A, dilución $10^{-4}$ , segunda caja	Bacilos pequeños en racimos, G (-)
6	AST4-2	Medio Agar de Soya Trypticaseína, dilución $10^{-4}$ , segunda caja.	Bacilos grandes, G (-)
7	AN4-3	Medio Agar nutritivo, dilución $10^{-4}$ , tercera caja	Bacilos grandes alargados, G (-)
8	AN5-1	Medio Agar nutritivo, dilución $10^{-5}$ , primera caja	Cocos, G (-)
9	AN4-1	Medio Agar nutritivo, dilución $10^{-4}$ , primera caja	Bacilos medianos, G (-)
10	AN4-4*	Medio Agar nutritivo, dilución $10^{-4}$ , cuarta caja agregada *	Bacilos-coco pequeños, G (-)



**Figura 3.** Crecimiento de colonias en el medio de cultivo agar nutritivo.



**Figura 4.** Electroforesis de la extracción de DNA de las cepas aisladas.

fueron depositadas en la base de datos Ribosomal Database Project (Michigan State University), que contiene cepas tipo, que a su vez la secuencia en estudio fue comparada con estas cepas con mayor porcentaje de similitud genética y las seleccionadas fueron depositadas en el GenBank del Centro Nacional de Información Biotecnológica ([www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/)), para la reconstrucción del árbol filogenético utilizando el método estadístico de máxima verosimilitud, indicando la ubicación taxonómica (Cuadro 2) de las cepas Villa-01 a la Villa-08 y su similitud genética con otras cepas bacterianas tipo.

La cepa en estudio Villa-01 fue asociada con el género *Bacillus* y mostró 68.3% de similitud genética con la cepa *Bacillus oceanisediminis* H2<sup>T</sup>, con número de ascensión GQ292772.

Las secuencias se analizaron usando el programa BioEdit v.6 y la ubicación taxonómica y construcción del árbol filogenético de las bacterias fue realizado a través del programa MEGA v.5.2, usando el modelo evolutivo Tamura-Nei y el método estadístico de máxima verosimilitud (Figura 6).

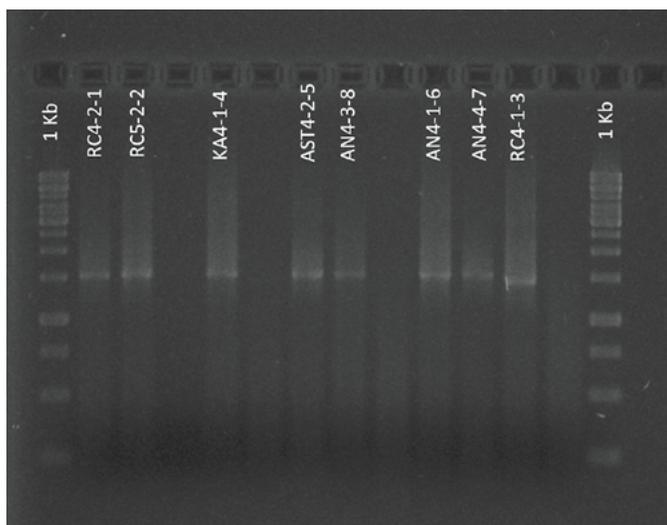
Autores como Hong *et al.* (2011), reporta-

ron bacterias aerobias pertenecientes a los géneros *Aeromonas*, *Bacillus*, *Photobacterium*, *Pseudomonas* y *Shewanella*, y bacterias anaeróbicas de los géneros *Aeromonas*, *Bacillus*, *Shewanella*, *Paenibacillus*, *Clostridium*, *Cellulosimicrobium*, *Streptomyces* y *Chloroflexi*. Algunos de estos géneros tales como *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* y *Shewanella* se han reportado como cepas degradadoras de contaminantes (Khalid *et al.*, 2008; Tiquia, 2010; Wu *et al.*, 2011b; Yee *et al.*, 1997). *Sphingomonadaceae* (*Alphaproteobacteria*) y *Alcaligenes* spp. (*Proteobacteria*) han sido reportados por mantener sus diversidades durante su tránsito por el intestino de las lombrices a partir de muestras de sus deyecciones (Nechitaylo *et al.*, 2010). Bernard *et al.* (2012), encontraron que la comunidad microbiana cambió con la aplicación de materia orgánica. La paja promovió las Protobacterias *Bacteroidetes*

y *Actinobacteria*. El ambiente, la comida y las interacciones ecológicas podrían por lo tanto regular la comunidad microbiana asociada al intestino, deyecciones de las lombrices de tierra y suelos.

## CONCLUSIONES

Este estudio, permitió determinar que el género *Bacillus* fue el que presentó la mayor abundancia de

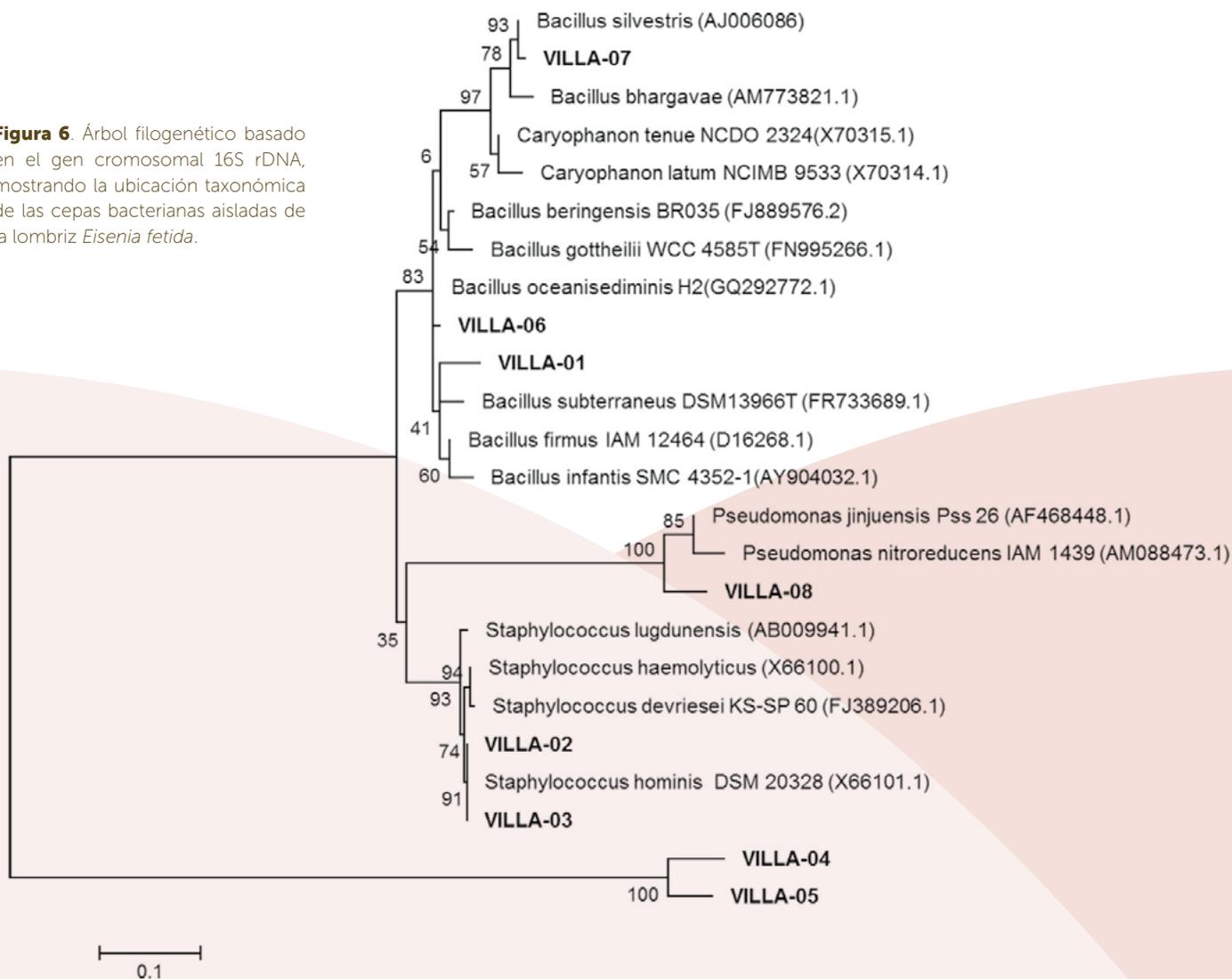


**Figura 5.** Electroforesis de la amplificación del gen 16S rDNA.

**Cuadro 2.** Géneros aislados del intestino de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*).

Cepa secuenciada	Pares de bases de la secuencia	Género asociado	(%) de similitud genética	Similitud con la cepa bacteriana tipo	Número de Ascensión en (NCBI)
Villa-01	984	<i>Bacillus</i>	68 %	<i>Bacillus oceanisediminis</i> H2 <sup>T</sup>	GQ292772
Villa-02	1462	<i>Staphylococcus</i>	97 %	<i>Staphylococcus hominis</i> DSM20328 <sup>T</sup>	X66101
Villa-03	1362	<i>Staphylococcus</i>	93 %	<i>Staphylococcus devriesei</i> KS-SP60 <sup>T</sup>	FJ389206
Villa-04	766	<i>Bacillus</i>	94 %	<i>Bacillus firmus</i> IAM12464 <sup>T</sup>	D16268
Villa-05	792	<i>Bacillus</i>	65 %	<i>Bacillus silvestris</i> HR3-23 <sup>T</sup>	AJ006086
Villa-06	1447	<i>Bacillus</i>	86 %	<i>Bacillus infantis</i> SMC4352-1 <sup>T</sup>	AY904032
Villa-07	1172	<i>Caryophanon</i>	83 %	<i>Caryophanon tenue</i> NCDO2324 <sup>T</sup>	X70315
Villa-08	939	<i>Pseudomonas</i>	64 %	<i>Pseudomonas jinjuensis</i> Pss 26 <sup>T</sup>	AF468448

**Figura 6.** Árbol filogenético basado en el gen cromosomal 16S rDNA, mostrando la ubicación taxonómica de las cepas bacterianas aisladas de la lombriz *Eisenia foetida*.



cepas y también fue interesante encontrar representantes del género *Pseudomonas*, ambos géneros bacterianos han sido estudiados por su importancia, en la fijación de nitró-

geno y sobre todo en la biorremediación de suelos contaminados, con hidrocarburos policíclicos aromáticos y compuestos orgánicos persistentes. Las lombrices de tierra

tienen un sistema digestivo complejo en el cual las bacterias en su intestino conviven de forma mutualista y benefician la degradación del material orgánico ingerido.

## LITERATURA CITADA

- Abramowicz D.A. 1990. Aerobic and anaerobic biodegradation of PCBs: A review. *Critical Rev. Biotechnol.* 10, 241-251.
- Aira M., Domínguez J. 2010. Las lombrices de tierra y los microorganismos: desentrañando la caja negra del vermicompostaje. *Acta zoológica mexicana.* 2, 385-395.
- Barois I., Lavelle P. 1986. Changes in respiration rate and some physicochemical properties of a tropical soil during transit through *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). *Soil Biol. Biochem.* 18, 539-541.
- Bernard L., Chapuis-Lardy L., Razafimbelo T., Razafindrakoto M., Pablo A.L., Legname E., Poulain J., Bruls T., O'Donohue M., Brauman A., Chotte J.L., Blanchart E. 2012. Endogeic earthworms shape bacterial functional communities and affect organic matter mineralization in a tropical soil. *ISME J.* 6, 213-222.
- Brito-Vega H., Espinosa-Victoria D. 2009. Bacterial Diversity in the Digestive Tract of Earthworms (Oligochaeta). *Journal of Biological Sciences.* 9, 192-199.
- Hong S.W., Kim I.S., Lee J.S., Chung K.S. 2011. Culture-based and denaturing gradient gel electrophoresis analysis of the bacterial community structure from the intestinal tracts of earthworm (*Eisenia fetida*). *J. Microbiol. Biotechnol.* 21, 885-892.
- Khalid A., Arshad M., Crowley D.E. 2008. Decolorization of azo dyes by *Shewanella* sp under saline conditions. *Appl. Microbiol. Biot.* 79, 1053-1059.
- Macdonald R.W., Barrie L.A., Bidleman T.F., Diamond M.L., Gregor D.J., Semkin R.G., et al. 2000. Contaminants in the Canadian Arctic: 5 years of progress in understanding sources, occurrence and pathways. *Sci. Total Environ.* 254, 93-234.
- Nechitaylo T.Y., Yakimov M.M., Godinho M., Timmis K.N., Belogolova E., Byzov B.A., Kurakov A.V., Jones D., Golyshin L.P.N. 2010. Effect of the earthworms *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa* on bacterial diversity in soil. *Microbiol. Ecol.* 59, 574-587.
- OMS. 1993. Polychlorinated biphenyls and terphenyls, En: *Environmental Health Criteria* 140, 2a.Edition, World Health Organization, Geneva.
- Polder A., Odland J.O., Tkachev A., Foreid S., Savinova T.N., Skaare J.U. 2003. Geographic Variation of Chlorinated Pesticides, Toxaphenes and PCBs in Human Milk from Sub-Arctic Locations in Russia. *Sci. Total Environ.* 306, 179-195.
- She J., Holden A., Sharp M., Tañer M., Williams-Derry C., Hooper K. 2007. Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Breast Milk from the Pacific Northwest. *Chemosphere.* 67, S307-S317.
- Tiquia S.M. 2010. Salt-adapted bacteria isolated from the rouge river and potential for degradation of contaminants and biotechnological applications. *Environ. Technol.* 31, 967-978.
- Weisburg W.G., Barns S.M., Pelletier D.A., Lane D.J. 1991. 16S ribosomal amplication for phylogenetic study. *Journal of Bacteriology*, 173, 697-703. ([www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/)).
- Wu X., Monchy S., Taghavi S., Zhu W., Ramos J., Van del Lelie D. 2011b. Comparative genomics and functional analysis of niche-specific adaptation in *Pseudomonas putida*. *FEMS Microbiol. Rev.* 35, 299-323.
- Yee D.C., Wood T.K. 1997. 2-4-Dichlorophenol degradation using *Streptomyces viridosporus* T7A lignin peroxidase. *Biotechnol. Progr.* 13, 53-59.



# NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICOS DE LISINA Y TREONINA DIGESTIBLES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO

## OPTIMAL BIOLOGICAL LEVELS OF DIGESTIBLE LYSINE AND THREONINE FOR GROWING PIGS

**Figuroa-Velasco, J.L.<sup>1</sup>; Martínez-Aispuro, J.A.<sup>1\*</sup>; Soni-Guillermo, E.<sup>1</sup>; Copado-Bueno, J.M.A.<sup>2</sup>; López-Rivera, M.<sup>2</sup>; Cordero-Mora, J.L.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

\*Autor responsable: alfredo\_aispuro@yahoo.com

### RESUMEN

Se determinaron los niveles óptimos biológicos (NOB) de lisina y treonina digestibles que maximizan las variables productivas de cerdos en crecimiento, mediante dos experimentos con 100 cerdos (75 machos castrados y 25 hembras), distribuidos en cinco tratamientos con cinco repeticiones y dos animales por unidad experimental. La evaluación consistió en cinco niveles de lisina digestible durante cuatro semanas y cinco niveles de treonina digestible durante seis semanas. Para calcular los NOB de cada variable se construyeron y solucionaron modelos econométricos a partir de tendencias detectadas por medio de contrastes ortogonales, consideradas para el análisis de regresión. El NOB de lisina digestible que maximizó el consumo de alimento y ganancia de peso fue 0.74% ( $P \leq 0.05$ ). Los NOB de treonina para consumo de alimento y conversión alimenticia fueron 0.52 y 0.55%, respectivamente, mientras que para ganancia de peso y peso vivo final la mejor respuesta fue 0.62% ( $P \leq 0.05$ ). Estos resultados indican que el NOB de lisina y treonina depende de la variable que se quiera optimizar.

**Palabras clave:** Nutrición animal, lisina, treonina, aminoácidos.

### ABSTRACT

The optimal biological levels (OBL) of digestible lysine and threonine which maximize the productive variables of growing pigs were determined, through two experiments with 100 pigs (75 castrated males and 25 females), distributed in five treatments with five repetitions and two animals per experimental unit. The evaluation consisted in five levels of digestible lysine for four weeks and five levels of digestible threonine for six weeks. To calculate the OBL of each variable, econometric models were built and solved from trends detected through orthogonal contrasts, considered for the regression analysis. The digestible lysine OBL that maximized food consumption and weight gain was 0.74% ( $P \leq 0.05$ ). The threonine OBLs for food consumption and food conversion were 0.52 and 0.55%, respectively, while for weight gain and final live weight the best response was 0.62% ( $P \leq 0.05$ ). These results indicate that the lysine and the threonine OBLs depend on the variable that needs to be optimized.

**Keywords:** animal nutrition, lysine, threonine, amino acids.

## INTRODUCCIÓN

**El método** más utilizado para estimar los requerimientos nutricionales para animales no rumiantes es el de ensayos de dosis-respuesta, aplicando a los datos obtenidos los modelos Respuesta Lineal con Plató (*Lineal Response with Plateau*) o el modelo Cuadrático (Sakamoura y Rostagno, 2007). Sin embargo, las dietas formuladas con niveles óptimos de aminoácidos digestibles (AA) permiten un uso más eficiente conforme al objetivo biológico de optimizar la producción. La lisina y treonina son el primer y segundo AA limitante, respectivamente, en ingredientes utilizados en dietas para cerdos, y la adición de AA sintéticos puede resolver el problema de la deficiencia de algunos AA y el exceso de otros. Según el NRC (1998; 2012) el requerimiento de lisina digestible para cerdos en crecimiento se estima entre 0.83% y 1.0%. La concentración de lisina para maximizar la ganancia de peso en cerdos en crecimiento es variable, ya que va de 0.69% hasta 1.32%, influenciado por factores, tales como la raza, línea genética, nivel energético, entre otros (Rostagno *et al.*, 2011; NRC, 2012; Hurtado *et al.*, 2012). Resultados de trabajos previos indican que el nivel de lisina afecta de manera discriminada las variables productivas; López *et al.* (2010) evaluó cinco niveles de lisina digestible (0.67, 0.75, 0.83, 0.91 y 0.99%) encontrando que el mejor nivel para consumo de alimento y ganancia de peso fue de 0.75%; para conversión alimenticia de 0.91% y para peso final de 0.99%. Hurtado *et al.* (2012) encontraron un efecto cuadrático en la ganancia de peso y conversión alimenticia; y efecto lineal en relación al consumo de lisina diaria (con 12, 14, 17 y 21 g d<sup>-1</sup>). Estos autores mencionan que el requerimiento de lisina digestible se estimó en 0.887% para máxima ganancia de peso en cerdos durante la fase de crecimiento (45-70 kg). Otros estudios demuestran que al aumentar el nivel de treonina en la dieta se afecta la conversión alimenticia en cerdos para las etapas de crecimiento y finalización (Ettle *et al.*, 2004) y puede mejorar la ganancia de peso (Pichardo *et al.*, 2003). Sin embargo Estudios realizados por Barowicz *et al.* (2009) y López *et al.* (2010) al probar diferentes niveles de treonina en dietas para cerdos en crecimiento, encontraron que aumentar la concentración de este AA no afecta las variables productivas (consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y peso final). Por lo anterior esta investigación se realizó para determinar los NOB de lisina y treonina para obtener la máxima respuesta productiva de cerdos en crecimiento alimentados con dietas sorgo-pasta de soya (*Glycine max*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, a una altitud de 2,250 m. El clima corresponde a templado subhúmedo con lluvias en verano, con oscilación térmica de 5 a 7 °C, con temperatura media anual de 15.2 °C y precipitación media anual de 644.8 mm (García, 1988).

### Experimentos

En el experimento 1 se evaluaron cinco tratamientos con 0.67, 0.75, 0.83, 0.91 y 0.99% de lisina digestible en dietas para cerdos en crecimiento durante cuatro semanas. El valor de 0.83% de lisina digestible es el recomendado por el NRC (1998). Los cerdos se distribuyeron en un diseño completamente

al azar considerando cinco repeticiones por tratamiento (dos cerdos por unidad experimental); utilizando 50 cerdos machos castrados con peso promedio de 22.3 kg. En el experimento 2 se evaluaron cinco niveles de treonina digestible en la dieta: 0.42, 0.47, 0.52, 0.57 y 0.62% para cerdos en crecimiento. El valor recomendado por el NRC (1998) es 0.52%. Los cerdos se distribuyeron en un diseño completamente al azar considerando cinco repeticiones por tratamiento (un macho y una hembra por unidad experimental); utilizando 50 cerdos (25 hembras y 25 machos castrados) híbridos (Pietrain×Landrace×Yorkshire) con peso promedio de 24.0 kg. Las dietas se formularon con base a sorgo y pasta de soya con el comando Solver de Microsoft Excel (2001). Los niveles de los ingredientes se mantuvieron constantes en las cinco dietas, y se utilizó arena para ajustar el volumen de todos los nutrimentos; sólo se movió lisina y treonina en las dietas (Cuadro 1 y 2). El suministro de alimento y agua fue a libre acceso. Las variables que se analizaron fueron: consumo de alimento acumulado (CONSAC), ganancia de peso acumulada (GPAC), peso vivo final (PVF), y conversión alimenticia (CA).

### Determinación de los NOB de lisina y treonina

Los datos de las variables se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (2010) utilizando el peso vivo inicial (PI) como covariable. Adicionalmente se realizaron contrastes ortogonales para detectar tendencias lineales, cuadráticas o cúbicas de las variables de respuesta a los niveles de lisina o treonina tomando en cuenta el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>), que se utilizó como criterio para determinar el mejor modelo para ser utilizado en los

**Cuadro 1.** Dietas experimentales con diferente nivel de lisina digestible.

Ingrediente (%)	Lisina (%)				
	0.67	0.75	0.83	0.91	0.99
Pasta de soya	20.582	20.583	20.583	20.583	20.583
Sorgo	75.922	75.922	75.922	75.922	75.922
Aceite	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889
Carbonato Calcio	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594
Ortofosfato	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
Premezcla de vitaminas*	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Premezcla de minerales**	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
L-lisina-HCl	0.099	0.202	0.304	0.407	0.509
L-Treonina	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084
DL-metionina	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
Sal	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
Arena	0.410	0.307	0.205	0.102	0.000
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Análisis calculado					
EM (Kcal)	3265	3265	3265	3265	3265
Proteína Cruda (%)	16	16	16	16	16
Lisina digestible (%)	0.67	0.75	0.83	0.91	0.99
Arginina (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Treonina (%)	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Triptófano (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Metionina+Cistina (%)	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Calcio (%)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Fosforo total (%)	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

\*Cada kg de alimento aportó: Vit. A 480 UI, Vit. D<sub>3</sub> 80 UI, Vit. E 1.2 UI, Vit. K 0.08g, Vit. B<sub>1</sub> 0.000072 g, Vit. B<sub>2</sub> 0.2 g, Vit. B<sub>5</sub> 1.6 g, Vit. B<sub>6</sub> 0.08 g, Vit. B<sub>12</sub> 0.0000012 g, Vit. B<sub>H</sub> 0.000004 g, Colina 18 g, Ac. Pantoténico 0.64 g, Ac. Fólico 0.00004 g, Antioxidante 0.24 g, Vehículo 80 g, Fe 4 g, Zn 0.004 g, Mg 0.004 g, excipiente 0.04 g.

modelos econométricos. Con los resultados de los contrastes ortogonales se estimaron las curvas de respuesta con los modelos de regresión para incluirse en los modelos econométricos, con los cuales se calcularon los niveles óptimos biológicos de lisina o treonina que maximizan a cada una las variables.

El modelo econométrico para maximizar CONSAC, GPAC, PVF fue: Maximizar CONSAC, GPAC, PVF=f (PI, Lisina o Treonina) Sujeto a  $A1X1 - \phi1 Lis \geq Z1$

Con la condición de no negatividad X1, Lisina o Treonina  $\geq 0$

Donde A1 es la matriz de aporte de nutrimentos de los ingredientes X1 en las dietas de crecimiento;  $\phi1$  es el coeficiente de aporte total de Lisina o Treonina de la dieta; Z1 es el requerimiento de nutrimentos diferentes a lisina o treonina. El NOB de CONSAC, GPAC y PVF fueron calculados por medio del Optimizador (Solver) del programa Microsoft Excel (2001), en base a las curvas de respuesta del análisis de regresión en f (PI, Lisina o Treonina) para cada una de las variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Niveles de lisina digestible

El análisis de regresión mostró que

el nivel de lisina digestible afectó ( $P \leq 0.05$ ) el consumo de alimento acumulado (CONSAC), la ganancia de peso acumulada (GPAC) y el peso vivo final (PVF), mostrando efectos lineales y cuadráticos (Cuadro 3). La conversión alimenticia no se afectó ( $P > 0.05$ ) por el nivel de lisina en la dieta.

Los resultados de consumo de alimento y ganancia de peso del presente estudio coinciden con otros trabajos donde se observó efecto lineal sobre el consumo de alimento al incrementar la lisina dietaria (Oliveira *et al.*, 2003) y respuesta cuadrática en ganancia de peso

**Cuadro 2.** Dietas experimentales con diferente nivel de treonina digestible.

Ingrediente (%)	Treonina (%)				
	0.42	0.47	0.52	0.57	0.62
Pasta de soya	17.77	17.77	17.77	17.77	17.77
Sorgo	78.92	78.92	78.92	78.92	78.92
Aceite	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Carbonado de Ca	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Ortofosfato	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Premezcla de vitaminas*	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Premezcla de minerales*	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-lisina HCL	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
L-treonina	0.02	0.07	0.12	0.17	0.22
DL-Metionina	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
L-Triptófano	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Arena	0.20	0.15	0.10	0.05	0.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Análisis calculado (%)					
EM (Kcal)	3265	3265	3265	3265	3265
Proteína cruda	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Lisina	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Arginina	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Treonina	0.42	0.47	0.52	0.57	0.62
Triptófano	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Metionina+Cistina	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Calcio	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Fosforo total	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

\*Cada kg de alimento aportó: Vit. E 1.2 UI, Vit. K 80 mg, Vit. B<sub>1</sub> 0.072, Vit. B<sub>2</sub> 200 mg, Vit B<sub>5</sub> 1,600 mg, Vit. B<sub>6</sub> 80 mg, Vit B<sub>12</sub> 0.0012 mg, Vit. B<sub>H</sub> 0.004 mg, Colina 1,800 mg, Ac. Pantoténico 640 mg, Ac. Fólico 0.04 mg, Antioxidante 240 mg, Fe 4,000 mg, Zn 4 mg, Mg 4 mg.

**Cuadro 3.** Estimación del consumo de alimento acumulado (CONSAC), ganancia de peso acumulada (GPAC) y peso final (PVF) por efecto de lisina digestible, de cerdos en crecimiento.

	CONSAC	GPAC	PVF
Parámetro	Estimador	Estimador	Estimador
Intercepto	-829.14**	-271.01*	-320.60*
Semana	12.94**	6.11**	6.11**
Lisina	2949.48*	964.46*	1149.00*
Lisina <sup>2</sup>	-3556.43*	-1165.71*	-1393.91*
Peso inicial	0.97**	0.35**	1.31**
R <sup>2</sup>	0.96	0.95	0.97

n.s. no significativo ( $P \geq 0.05$ ); \* significativo ( $P \leq 0.05$ ); \*\* altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

(Oliveira *et al.*, 2003; Abreu *et al.*, 2007) de cerdos en crecimiento. Sin embargo Susenbeth *et al.* (1999) señalan que a mayor concentración de lisina en la dieta se limita el consumo de alimento, debido a que existe un límite en la retención de lisina en el animal. Abreu *et al.* (2007),

Kiefer *et al.* (2010) y Hurtado *et al.* (2012), al evaluar niveles desde 0.60 hasta 1.1% de lisina, determinaron que la adición creciente no altera el consumo de alimento de cerdos en crecimiento. El PVF fue afectado por el nivel de lisina digestible, resultado diferente a los encontrados

por Sena *et al.* (2012), quienes no registraron diferencias significativas en el peso final ( $P>0.05$ ) en cerdos de 24 a 50 kg por el nivel de lisina en la dieta. Los NOB para maximizar el consumo de alimento y la ganancia de peso fueron similares (0.74%), mientras que el NOB para maximizar peso vivo fue ligeramente superior (0.75%; Cuadro 4).

El NOB de lisina determinado para las variables productivas no coincide con los valores establecidos por el NRC (1998, 2012; 0.83 y 1.0 %, respectivamente), Rostagno *et al.* (2011; 0.90%) y Hurtado *et al.* (2012; 0.83%), considerando que estos valores se establecen para obtener la máxima ganancia de peso y son referentes para la formulación de raciones de cerdos en Norteamérica y Sudamérica. La razón de que el valor de lisina sea distinto en el presente estudio puede ser debido a la raza o genotipo de los cer-

dos utilizados (Oliveira *et al.*, 2006), la concentración energética en las dietas (Main *et al.*, 2008), la época del año en que fueron realizados los estudios, el sexo y estado fisiológico del cerdo, y a que actualmente las razas que se utilizan se seleccionan para mayor y más rápida deposición de carne magra (Rostagno *et al.*, 2011). Esto hace que el requerimiento de lisina afecte de manera distinta cada una de las variables productivas reflejándose en las diferencias observadas con los trabajos realizados para determinar la concentración más adecuada para cada una de estas variables.

#### Niveles de treonina digestible

La GPAC y el PVF tuvieron un comportamiento lineal ( $P\leq 0.05$ ; Cuadro 5), lo que puede indicar que cuando se agregan 0.20% de treonina adicionales a la sugerencia del NRC (1998) la ganancia de peso y el peso final aumentan significativamente

( $P\leq 0.05$ ). Los resultados de presente trabajo pueden ser corroborados por Rodrigues *et al.* (2001) quienes encontraron que el nivel de treonina (0.60, 0.65, 0.70, 0.75 y 0.80%) influye ( $P\leq 0.04$ ) de forma lineal la ganancia de peso y peso final.

El NOB determinado para ganancia de peso y peso final del presente experimento fue de 0.62% de treonina (Cuadro 4); valor diferente al recomendado por el NRC (1998; 0.52%) pero muy aproximado al recomendado por el nuevo NRC (2012; 60%) (Rostagno *et al.*, 2011). El análisis de regresión mostró que el CONSAC se afectó ( $P\leq 0.01$ ) cuadráticamente al incrementar el nivel de treonina (Cuadro 5), determinando que una concentración de 0.52% en la dieta redujo el consumo de alimento (Cuadro 4), valor similar a lo recomendado por el NRC (1998). Sin embargo el propósito en la producción de cerdos es maximizar el

**Cuadro 4.** Niveles óptimos biológicos de lisina y treonina digestible para cerdos en crecimiento.

Parámetro	Lisina			Treonina		
	Tipo	NOB	Valor del parámetro	Tipo	NOB	Valor del parámetro
CSMAC	Max	0.74	51.49	Min	0.52	68.76
GPAC	Max	0.74	24.46	Max	0.62	30.36
CA	Min	ND	-	Min	ND	-
PVF	Max	0.75	46.50	Max	0.62	54.37

ND: No determinado. CSMAC: Consumo acumulado de alimento. GPAC: Ganancia de peso acumulada. CA: Conversión alimenticia. PVF: Peso vivo final. Max: Maximizar. Min: Minimizar.

**Cuadro 5.** Estimación del consumo de alimento acumulado (CSMAC), ganancia de peso vivo acumulada (GPAC), conversión alimenticia acumulada (CAAC), y peso vivo final (PV) por efecto de treonina digestible de cerdos en crecimiento.

Parámetro	CSMAC		GPAC		CAAC		PVF	
	Estimador		Estimador		Estimador		Estimador	
Intercepto	38.2726	n.s.	-3.7319	n.s.	7.3649		-3.7319	n.s.
Semana	13.3203	**	5.6430	**	-0.0616		5.6430	**
Treonina	-267.8518	**	5.1870	*	-27.4057		5.1870	*
Treonina <sup>2</sup>	257.7992	**			24.9891			
Peso inicial	0.8391	*	-0.1241	n.s.	0.1092	**	0.8758	**
R <sup>2</sup>	0.97565		0.9718		0.3018		0.9722	

n.s. no significativo ( $P\geq 0.05$ ); \*significativo ( $P\leq 0.05$ ); \*\*altamente significativo ( $P\leq 0.01$ ).

consumo de alimento por lo que el valor de 0.52% no sería recomendable; debido posiblemente a que este nivel afecta la relación que guarda con el resto de los aminoácidos, especialmente con lisina. Por lo cual el nivel de treonina recomendado en el presente trabajo sería de 0.62%, pues es el valor que coincide con el NOB determinado para ganancia de peso y peso final, asegurando que el consumo de alimento no será afectado. En un estudio realizado por Cervantes y Espinoza (2003) indican que el consumo de alimento se afecta linealmente ( $P \leq 0.05$ ) al incrementar el nivel de treonina en dietas para cerdos en crecimiento (27.8 kg de PV), y registraron que el nivel óptimo es de 0.68%, resultados muy próximo al recomendado en el presente estudio. La investigación realizada por Barowicz *et al.* (2009) con cerdos en crecimiento (30 a 60 kg de PV) al evaluar diferentes niveles de treonina digestible de (0.62, 0.64, 0.66 y 0.68%), no muestra diferencias en el consumo de alimento, ganancia de peso y peso final por lo cual no sería recomendable utilizar valores superiores al 0.62%. Para CA no se pudo determinar el NOB debido a que la  $R^2$  fue muy baja (0.30), y al respecto Barowicz *et al.* (2009) señalan que la conversión alimenticia no se afecta por los diferentes niveles de treonina en dietas para cerdos en crecimiento.

## CONCLUSIONES

**El nivel óptimo** de lisina y treonina digestible depende de la variable productiva que se quiera optimizar. Algunas veces los niveles de lisina para maximizar el consumo de alimento y la ganancia de peso coinciden entre sí. Sin embargo, los valores óptimos de lisina y treonina son superiores a los recomendados por el NRC (1998) y se aproximan más a los valores recientemente establecidos por el NRC (2012).

## LITERATURA CITADA

- Abreu M.L.T. de., Donzele J.L., Miranda de O.R.F., de Oliveira A.L.S., Santos F. de A. e Pereira A.A. 2007. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. Rev. Bras. Zootec. 36(1): 54-61.
- Barowicz T., Pietras M., Pieszka M., Migdat W., Živković B. 2009. The effect of dietary synthetic threonine supplementation on fattening traits, slaughter traits and meat quality of fatteners. Biotechnol. Anim. Husb. 25: 871-877.
- Cervantes R.M., Espinoza S. 2003. Disponibilidad biológica de lisina y treonina en trigo (*Triticum aestivum*) para cerdos en crecimiento. Agrociencia. 37: 129-138.
- Sena G.E.R., da Trindade N.M.A., Antonio B.D., Lemos B.F.E., Rodrigues G.J., Schammas E.A. 2012. Digestible lysine levels in diets for pigs from 24 to 50 kg under sanitary segregation. Rev. Bras. Zootec. 4: 2039-2047.
- Ettle T., Roth-Maier D.A., Bartelt J., Roth F. X. 2004. Requirement of true ileal digestible threonine of growing and finishing pigs. J. Anim. Physiol. Anim. Nut. 88: 211-222.
- García M.E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Talleres Offset Larios. México.
- Hurtado N.V.L., de Ribeiro Nobre S.R.T., Sant'Anna L.M. 2012. Efecto de los niveles de lisina digestible sobre el rendimiento de cerdos en crecimiento de 45 a 70 kg de peso alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz. Orinoquia. 16: 39-45.
- Kiefer C., Donzele J.L., Oliveira R.F.M. 2010. Digestible lysine for pigs not castrated of high genetic potential in growth phase. Ciencia Rural. 40: 1630-1635.
- López M., Figueroa J.L., González M.J., Miranda L.A., Zamora V., Cordero J.L. 2010. Digestible lysine and threonine levels in sorghum-soybean meal diets for growing pigs. Arch. de Zootec. 59: 205-216.
- Main R.G., Dritz S.S., Tokach M.D. 2008. Determining an optimum lysine:calorie ratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility. J. Anim. Sci. 86: 2190-2207.
- Microsoft Excel. 2001. Microsoft Corporation. 1985-2001. Redmond, WA, USA.
- National Research Council (NRC). 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academic Press, Washington, DC. 190 pp.
- National Research Council (NRC). 2012. Nutrient Requirements of Swine (11th Ed.). National Academy Press, Washington, DC. Pp 208-239.
- Oliveira A.L.S. de., Donzele J.L., de Oliveira R.F.M., Lopes D.C., Moita A.M.S., Silva F.C. de O., de Freitas L.S. 2003. Lisina em rações para suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra na carcaça dos 95 aos 110 kg. Rev. Bras. Zootec. 32: 337-343.
- Oliveira A.L.S. de., Donzele J.L., de Oliveira R.F.M., de Abreu M.L.T., Ferreira A.S., de Oliveira F.C., Haese D. 2006. Exigência de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 15 aos 30 kg. Rev. Bras. Zootec. 35: 2338-2343.
- Pichardo A., Cervantes M., Cuca M., Figueroa J.L., Araiza A.B., Torrentera N., Cervantes M. 2003. Limiting amino acids in wheat for growing-finishing pigs. Interciencia. 28:287-291.
- Rodrigues, N.E.B., Donzele J.L., Miranda de O.R.F., Lopes D. C., Ferreira A. S., Filho M.R., Orlando U.A.D. 2001. Níveis de treonina em rações para leitoas com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. R. Bras. Zootec. 30: 2039-2045.
- Rostagno H.S., Albino L.F.T., Donzele J.L., Gomes P.C., Oliveira R.F., Lopes D.C., Ferreira A.S., Barreto S.L.T., Euclides R.F. 2011. Brazilian Tables for Poultry and Swine. 3rd edition. Universidade Federal de Vicosa- Departamento de Zootecnia. Editor: Horacio Santiago Rostagno Viçosa. Pp. 251.
- Sakomoura N.K., Rostagno H.S. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal, UNESP. 283 p.
- SAS. 2009. SAS/STAT User's guide. 2nd Ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C. USA.
- Susenbeth A., Dickel T., Diekenhorst A., Hohler D. 1999. The effect of energy intake, genotype, and body weight on protein retention in pigs when dietary lysine is the first-limiting factor. J. Anim. Sci. 77:2985-2989.

# MICRO Y NANOENCAPSULACIÓN: UNA PERSPECTIVA BIOTECNOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

## MICRO AND NANO ENCAPSULATION: A BIOTECHNOLOGICAL PERSPECTIVE IN ANIMAL PRODUCTION

Valdiviezo-Morales, L.<sup>1</sup>; Ortega-Cerrilla, M.E.<sup>2\*</sup>; Vaquera-Huerta, H.<sup>3</sup>; Kawas-Garza, J.R.<sup>4</sup>; Zetina-Córdoba, P.<sup>5</sup>; Miranda-Jiménez, L.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo Texcoco Edo de México C.P. 56230. lissvzo@hotmail.com. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo Texcoco Edo de México C.P. 56230. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo Texcoco Edo de México C.P. 56230. hvaquera@colpos.mx. <sup>4</sup>Investigador. Universidad de Nuevo León, Francisco Villa S/N col. Ex Hacienda el Canadá, Escobedo, Nuevo León, México. jorge.kawasgr@uanl.edu.mx. <sup>5</sup>Universidad Politécnica de Huatusco, Av. 1, Oriente 728, Huatusco, Veracruz, México. zecp\_mc@hotmail.com. <sup>6</sup>Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo Texcoco Edo de México C.P. 56230. lmirandaj@colpos.mx

\*Autor de correspondencia: meoc@colpos.mx

### RESUMEN

La micro y nanoencapsulación se define como el envasado de un activo mediante un agente encapsulante (polímero) adquiriendo propiedades y características diferentes de su escala mayor para su liberación posterior, bajo condiciones controladas y determinadas, que promueven aumento en la vida útil del producto y facilita su manipulación al convertir un material líquido a formas sólidas. Las micropartículas son partículas esféricas con tamaños desde 1 a 250  $\mu\text{m}$ . Las nanopartículas son sistemas poliméricos submicrónicos ( $<1 \mu\text{m}$ ). En esta revisión se detallan algunos dispositivos, sustancias y sistemas utilizados en la producción animal y medicina veterinaria, así como sus alcances y limitaciones en diferentes campos de investigación.

**Palabras clave:** microencapsulación, micropartículas, nanopartículas, producción animal.

### ABSTRACT

The micro and nano encapsulation is defined as the packaging of an active through an encapsulating agent (polymer) acquiring properties and characteristics different from their higher scale for their later liberation, under controlled and determined conditions, which promote an increase in the useful life of the product and ease their manipulation when converting a liquid material to solid forms. The microparticles are spherical particles with sizes from 1 to 250  $\mu\text{m}$ . The nanoparticles are polymere submicronic systems ( $<1 \mu\text{m}$ ). In this revision some devices, substances and systems used in animal production and veterinary medicine are detailed, as well as their reach and limitations in different fields of study.

**Keywords:** microencapsulation, microparticles, nanoparticles, animal production.

## INTRODUCCIÓN

Con el fin de incrementar la estabilidad, modificar las características físicas para facilitar la manipulación o bien, controlar la liberación, en el lugar y momento deseado de ingredientes funcionales en alimentos que podrían mejorar la salud de las personas o animales, o de igual forma mantener elementos esenciales dentro de los límites bastantes estrechos para salvaguardar la integridad funcional y estructural de los tejidos, se ha recurrido a la utilización de técnicas que concedan estas características tanto químicas como físicas. La encapsulación a escala micro o nano puede ayudar a mejorar la liberación, absorción y permitir al compuesto realizar su acción en el lugar adecuado, aumentando así la calidad nutricional del alimento o eficiencia del bioactivo (Sanguansri y Augustin, 2006). Los procesos de encapsulación datan desde los años 1930 y 1940 por la National Cash Register, desarrollando para la aplicación comercial de un tinte a partir de gelatina, mediante proceso de coacervación; que consiste en el recubrimiento de algún bioactivo con película polimérica, la cual es obtenida por precipitación del material polimérico disuelto en el medio dispersante. El concepto de nano y microencapsulación se deriva de su tamaño. La microencapsulación consiste en rodear o recubrir una sustancia o compuesto sólido, líquido o gaseoso con una envoltura suficientemente resistente, estable e inmiscible, aunque adherente a la sustancia. Por otro lado, la nanotecnología es un campo de las ciencias aplicadas dedicado al control y manipulación de la materia (nanomateriales) a escalas menores a un micrómetro, a nivel átomos o moléculas (la mil millonésima parte del metro), caracterizándose como un área multidisciplinaria (Waldner, 2010). Dependiendo de la estructura interna interna del sistema formulado, se clasifican en micropartículas, microcápsulas o microesferas, o bien, nanoesferas y nanocápsulas (Lopretti *et al.*, 2007). El objetivo de estas técnicas es proteger sustancias sensibles a factores externos, enmascarar las propiedades organolépticas, controlar la liberación de la sustancia, además de favorecer la manipulación segura de sustancias tóxicas y dirigir la liberación de la droga al órgano blanco (Jyothi *et al.*, 2010). Existe gran variedad de materiales utilizados como agentes encapsulantes, tales como etilcelulosa, propilmetilcelulosa-hidroxi, carboximetilcelulosa sódica, alginato de sodio, gelatina, poliésteres, quitosanos, etcétera, y se han propuesto diversos métodos para la formulación de micropartículas y nanopartículas: físicos, químicos y físico-químicos (Lopretti *et al.*,

2007). Por ello, para la selección adecuada del proceso de encapsulación, depende de variables, tales como el tamaño deseado de partícula, la sustancia a encapsular, tipo de agente encapsulante, así como sus aplicaciones y costo (Munin y Edwards-Lévy 2011).

### Procesos de microencapsulación

Existen procesos de encapsulación químicos (polimerización interfacial e *in situ* y policondensación), físico-químicos (Coacervación, encapsulación solución-gel y microencapsulación asistida con CO<sub>2</sub> supercrítico) y físico-mecánicos (Secado por atomización y congelación, lecho de fluidizado y evaporación de solventes) (Ghosh 2006). Existe una lista de procesos que han sido ampliamente utilizados en varios productos farmacéuticos. Entre estos procesos el lecho de fluidizado o suspensión de aire, coacervación y separación de fases, secado por atomización y congelación por pulverización, son los más utilizados. El proceso utilizado depende de la naturaleza física de la sustancia a encapsular. Los procesos de microencapsulación no se utilizan únicamente en medicamentos; también en compuestos utilizados en la agricultura y alimentación, así como en áreas industriales y cosméticas (Lopretti *et al.*, 2007).

### Procesos de nanoencapsulación

Existen una variedad de métodos desarrollados para la formulación de nanopartículas, clasificándose principalmente por su función: procesos con reacción de polimerización (Emulsión orgánica o acuosa y polimerización interfacial) o si se obtienen directamente de una macromolécula o polímero preformado (Preformado sintético, polímeros naturales y desolación de macromoléculas); (Couvreur *et al.*, 1995). Actualmente los procesos de nanoencapsulación están a nivel de investigación debido a los elevados costos que representa el desarrollo a gran escala. Por lo tanto, los desafíos se centran en la disminución de costos para poder ser llevada de manera satisfactoria a nivel industrial, siendo así de gran importancia la selección adecuada de la técnica de nanoencapsulación y el material encapsulante, de acuerdo a los objetivos propuestos.

### Aplicaciones en producción animal

La mayoría de los fármacos formulados con los procesos de micro y nanoencapsulación están dirigidos a la medicina humana, tomando como modelos experimentales a ciertos animales; esto ha abierto posibilidades en especies de interés zootécnico, fauna silvestre o mascotas. El comportamiento fisicoquímico inesperado

de la materia a escala micro y nanométrica es de gran utilidad para la medicina veterinaria, especialmente en fármacos y nanodispensadores (transportadores con destinos específicos programados) (Narducci, 2007). Algunos autores destacan posibles aplicaciones tanto en micro como en nanoencapsulación en el área animal: 1) administración de medicamentos, nutrimentos, probióticos, suplementos, 2) diagnóstico y tratamiento de enfermedades sin necesidad de cirugía, 3) registro de identidad que permita dar seguimiento a la historia de un animal, y 4) aplicación en la reproducción con inmunosensores hormonales.

En la actualidad, se han creado nanopartículas similares a la superficie de la membrana celular de los enterocitos de las aves, de manera que cuando algún agente patógeno se acerca a las partículas, éstas se cierran envolviendo al microorganismo, tras lo cual se aglomeran unas con otras y se eliminan a través de las deyecciones. Estas se administran por vía oral al animal y se consideran como un "alimento inteligente" capaz de proteger al ave de algunas enfermedades infecciosas (Coppo, 2009). También se abre la posibilidad de formular nanofármacos capaces de transportarse directamente desde la nariz al cerebro, a través del epitelio olfativo y los nervios trigéminos, con la ventaja de no ser afectadas por reflujo mu-

coso ni degradación en la cavidad nasal (Mistry *et al.*, 2009). Del mismo modo se podrán diagnosticar y erradicar tumores malignos que afectan a pequeños animales, al liberar quimioterápicos (sustancias con actividad antimicrobiana con toxicidad suficientemente baja administrados a un organismo por la vía adecuada) e isótopos radiactivos dentro de la microvasculatura del tumor. Para ello, se han empleado nanocristales cuánticos, nanotubos (Coppo, 2009), nanoadyuvantes mucoadhesivos y nanonave transmucosa.

### Medicina Veterinaria

En medicina veterinaria se ha trabajado en sistemas matriciales de tamaño nano, con el fin de reemplazar la vacuna tradicional contra el virus de la fiebre aftosa. Se realizó un estudio con péptidos conjugados con nanopartículas inertes indicando respuestas significativas en el sistema inmune celular y humoral en ovejas (Foladori *et al.*, 2012). La nanotecnología constituye una herramienta alternativa para luchar contra el arbovirus de la "lengua azul" de los animales domésticos, dada la posibilidad de obtener una vacuna efectiva contra la enfermedad (Wilson y Mellor, 2009). El empleo de nanosensores biodegradables para el ganado, resulta una alternativa bastante prometedora; estos podrán ser implantados en los animales y permitirán su localización como el monitoreo del es-

tado de salud llevado a una base de datos, a un computadora central, generando datos de historial de la explotación. También se podrá llevar el control de la trazabilidad de productos animales, ya que permitirían la detección de cantidades muy pequeñas de contaminantes, virus o bacterias en la cadena alimentaria. La medicina veterinaria se ha estudiado a dos niveles principalmente: diagnóstico y tratamientos médicos; el diagnóstico basado en nanopartículas *in vivo* a través de imágenes de alta resolución, para detectar pequeños agregados de células atípicas dentro de un organismo, y revelar tejidos patológicos a través de la entrega pasiva de diversos ligandos como anticuerpos, péptidos, polisacáridos, entre otros, que se dirigen a un tipo de célula determinado (Underwood y van Eps, 2012), así como también, el tratamiento de ciertas patologías relacionadas con la biodisponibilidad y farmacocinética de terapias farmacológicas. Tanto micro y nanopartículas se han utilizado ampliamente en sistemas de administración de fármacos; estas partículas mejoran el índice terapéutico de los productos farmacéuticos. En el Cuadro 1 se presentan algunas de las aplicaciones de la nanoencapsulación.

### Reproducción

En reproducción; las técnicas de microencapsulación han sido empleadas con fines de inmunización frente a enfermedades. Generando

**Cuadro 1.** Aplicaciones micro y nanoencapsulación en el área de la medicina veterinaria.

Autor (es)	Tipo de micropartícula	Material activo	Efecto
Poirier <i>et al.</i> (2002)	Liposomas	Doxorrubicina	Tratamiento de sarcoma en gatos
MacLeod y Prescott (1988)	Liposomas	Gentamicina	Tratamiento de mastitis en bovinos
Lynn <i>et al.</i> (2003)	Liposomas	Diclofenaco	Analgesia en equinos
Boscan <i>et al.</i> (2010)	Microemulsión	Propofol	Anestesia en equinos
Marques <i>et al.</i> (2008)	Liposomas	Trifluralina	Tratamiento de leishmaniosis en caninos

la posibilidad de nuevos adyuvantes (sustancia que potencializa la respuesta inmune) que pueden ser diseñados para una dosificación con reducida frecuencia a través de una vía de administración y provocar una respuesta inmune específica (Underwood y van Eps, 2012). También ha permitido la formulación de vacunas en base a proteínas recombinantes virales, evitando el uso de virus completos que tienen inconvenientes graves, como la infección accidental antes de la inactivación (Scheerlinck *et al.*, 2006). Gracias a estos procesos tecnológicos, se ha colaborado con el control de 40 patologías. Existen micropartículas, llamadas esferas o perlas, hechas a base de copolímeros de origen natural caracterizado por su biocompatibilidad, inocuidad y capacidad gelificante para la formación de matrices permeables selectivamente o bien inhibiendo el intercambio de moléculas como inmunoglobulinas G (Valenzuela *et al.*, 2014). En la conservación de semen; se han formulado micropartículas semi-permeables recubriendo células espermáticas (Rathore *et al.*, 2013). Existen varios trabajos realizados con éxito en porcinos, bovinos, ovinos, caninos y humanos.

Yaniz *et al.* (2002) evaluaron *in vitro* el desarrollo de embriones de bovinos encapsulados en alginato, midiendo la tasa de desarrollo de embriones (de cuatro días), observando que la tasa de desarrollo para los embriones encapsulados y no encapsulados hasta el estadio del blastocito en el día siete, fue similar entre los embriones encapsulados con 42.7% (47/110) y no encapsulados con 34% (36/106).

### Nutrición animal

En nutrición, las técnicas de micro y nanoencapsulación también han sido utilizadas, con el objetivo de maximizar la producción así como de obtener información de los efectos de algunos compuestos nutricionales en específicos. Los ácidos orgánicos (ácido caproico, caprílico y ascórbico) han despertado gran interés debido a sus propiedades antimicrobianas, igual que sus efectos,

como promotores de crecimiento, por ello y por la necesidad de llegar al intestino y no ser absorbidos rápidamente en el píloro, los procesos de microencapsulación permiten controlar estas variantes con una lenta liberación, permitiendo llegar a la parte distal del intestino grueso en no rumiantes, con este objetivo Grilli *et al.* (2010), evaluaron los efectos de micropartículas (AVIPLUS<sup>®</sup>, EP1391155B1, Vetagro SpA, Italia) de ácidos orgánicos (ácido cítrico, ascórbico y compuestos idénticos a los naturales) con lípidos vegetales hidrogenados, sobre la influencia que tiene en la microbiota intestinal mediante el control de los productos finales de la fermentación microbiana. Encontraron que en el grupo de lechones alimentados con AVIPLUS<sup>®</sup> hubo una tendencia a aumentar el consumo de alimento (+4.6%, P=0.08), así como una mayor ganancia de peso (+8%, P<0.01), reflejándose en el peso corporal final (+6.5%, P<0.01), y concluyeron que los animales alimentados con AVIPLUS<sup>®</sup> tenían un mejor rendimiento de crecimiento y un patrón intestinal metabólico diferente, debido a la acción de los ácidos orgánicos liberados (cítrico y ascórbico) y compuestos idénticos a los naturales (NIC) en el metabolismo de la microflora. En la industria avícola con el fin de lograr productos que contengan una concentración alta de ácidos grasos de cadena larga como el  $\beta$ -3 PUFA, ha empleado como alternativa los procesos de encapsulación. En la actualidad, la práctica de producir huevos enriquecidos de n-3 se consigue a través de la alimentación en gallinas ponedoras con una dieta rica en linaza, debido a que las gallinas tienen la capacidad de convertir ALA (ácido  $\alpha$ -linolénico) en DHA (ácido docosahexaenoico). El uso de aceites marinos en gallinas ponedoras para sintetizar ácidos grasos de cadena larga en el huevo ha tenido resultados satisfactorios (Alvarez *et al.*, 2004; Cachaldora *et al.*, 2006; Gonzalez y Leeson, 2001). En un estudio realizado por Lawlor *et al.* (2010), evaluando el efecto de un aceite derivado de pescado microencapsulado como fuente de ácidos grasos n-3 con el objetivo de enriquecer el huevo de gallinas ponedoras (Single-Comb White Leghorn). Se midió en huevo el contenido

**Cuadro 2.** Aplicaciones de micro y nanoencapsulación en el área reproductiva.

Autor (es)	Tipo de micropartícula	Material activo	Uso
Ghidoni <i>et al.</i> (2008)	Micropartículas	Espermatozoides	Conservación de semen/porcino, bovino, ovino, canino y humano
Weber <i>et al.</i> (2006)	Micropartículas	Espermatozoides	Aumento de fertilidad/hembras bovinas
Shah <i>et al.</i> (2010)	Micropartículas de alginato y Poli-L-lisina	Espermatozoides	Mantención de viabilidad y motilidad/roedores
Röpke <i>et al.</i> (2011)	Liposomas	Espermatozoides	Estabilidad espermática/bovino
Kreeger <i>et al.</i> (2005)	Micropartículas	Ovocitos	Mantención de viabilidad y motilidad/roedores

de EPA (ácido eicosapentaenoico), y sus las características sensoriales en huevo utilizando dos métodos de cocción (huevos hervido y revuelto, descrito por (Parpinello *et al.*, 2006), se utilizaron 96 gallinas divididos en cuatro grupos y a cada grupo aleatoriamente se le asignó una dieta que contenía 0, 20, 40 y 60 g kg de aceite de pescado microencapsulado (MFO), estas fueron ofrecidas durante 21 días y el muestreo para los análisis sensoriales en huevo fueron los últimos tres días del tratamiento. Los resultados evidenciaron que no se encontraron diferencias significativas en la ingesta de alimento, producción de huevo y peso de huevo ( $p>0.05$ ) debido al consumo bajo del alimento, aunque tuvo una importante disminución en el peso de la yema del huevo. Respecto al perfil de ácidos grasos (EPA y DHA) encontrados en la yema de huevo, mostró diferencias ( $p<0.01$ ) debido al tratamiento con un aumento a medida que el nivel de MFO aumentaba. No se encontraron ( $p>0.05$ ) diferencias entre tratamientos para la concentración de ALA. En el análisis sensorial se encontraron diferencias para "olor a azufre" ( $p<0.001$ ), "sabor-sabor" ( $p<0.05$ ), "mal sabor" ( $p<0.001$ ) para el método de "huevo hervido", hubo un aumento relativo al aumento en la dieta a la inclusión de MFO. Caso contrario para las muestras de "huevo revuelto", no se encontraron diferencias entre tratamiento; "olor a azufre" ( $p>0.05$ ), "sabor-sabor" ( $p>0.05$ ) y "mal sabor" ( $p>0.05$ ). Finalmente se concluyó, que la inclusión a la dieta de MFO tuvo un impacto positivo para el enriquecimiento de ácidos grasos EPA y DHA benéficos para la salud humana, con variación muy marcada en las características sensoriales dependiendo del método de cocción del consumidor, ya que

en el estudio los huevos con mayor inclusión de MFO tenían un "mal sabor" y "olor a azufre".

## CONCLUSIONES

Se requiere formular y caracterizar principios bioactivos sin afectar sus propiedades fisicoquímicas y biológicas con procedimientos sencillos y adecuados, con el objetivo principal de impulsar el desarrollo acelerado en la producción animal. La micro y nanoencapsulación representan estrategias adecuadas para numerosas aplicaciones (la fortificación de alimentos, la mejora de propiedades organolépticas, incrementos de la vida útil del alimento, aplicación de fármacos con liberación controlada, trazabilidad en productos agropecuarios y desarrollo de nuevos productos), con un conocimiento claro y transparente respecto al impacto para la salud, seguridad y medio ambiente. Las ventajas que poseen estas técnicas de escala micro y nanométricas, abre una gama de aplicaciones en las distintas ramas de la producción animal; y actualmente estas biotecnologías aún están siendo desarrolladas a nivel laboratorio con grandes expectativas para ser llevadas a una producción industrial. Los desafíos se centran en la correcta selección de la técnica de encapsulación y el material encapsulante adecuado.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez C., Cachaldora P., Méndez J., García R.P., De Blas J.C. 2004. Effects of dietary conjugated linoleic acid and fish oil supplementation on performance and egg quality in laying hens. *Brit. Poultry Sci.* 45: 524-529.
- Boscan P., Rezende M.L., Grimsrud K., Stanley S.D., Mama K.R., Steffey E.P. 2010. Pharmacokinetic profile in relation to anaesthesia characteristics after a 5% micellar microemulsion of propofol in the horse. *Brit. J. Anaesth.* 104: 330-337.
- Cachaldora P., García R.P., Alvarez C., Blas J.C., Méndez J. 2006. Effect of type and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids retention efficiency in laying hens. *Brit. Poultry Sci.* 47: 43-49.
- Coppo J.A. 2009. Nanotecnología, medicina veterinaria y producción agropecuaria. *Rev. Vet.* 20.
- Couvreux P., Dubernet C., Puisieux F. 1995. Controlled drug delivery with nanoparticles: current possibilities and future trends. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 41: 2-13.
- Delgado G.C. 2006. Riesgos ambientales de la nanotecnología. *Nanopartículas y nanoestructuras. Asistencia y Administración Rebeca Bolaños* 34 p.
- Foladori G., Figueroa S., Záyago É., Invernizzi N. 2012. Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina. *Sociologías.* 14: 330-363.
- Ghidoni I., Chlapanidas T., Bucco M., Crovato F., Marazzi M., Vigo D., Torre M.L., Faustini M. 2008. Alginate cell encapsulation: new advances in reproduction and cartilage regenerative medicine. *Cytotechnology.* 58: 49-56.
- Ghosh S.K. 2006. *Functional Coatings and Microencapsulation: A General Perspective* Functional Coatings. p 1-28. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Gonzalez E.R., Leeson S. 2001. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 295-305.
- Grilli E., Messina M.R., Tedeschi M., Piva A. 2010. Feeding a microencapsulated blend of organic acids and nature identical compounds to weaning pigs improved growth performance and intestinal metabolism. *Livest. Sci.* 133: 173-175.
- Jyothi N., Venkata N., Prasanna P.M., Sakarkar S.N., Prabha K. S., Ramaiah P.S., Srawan G.Y. 2010. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *J. Microencapsul.* 27: 187-197.
- Kreeger P.K., Fernandes N.N., Woodruff T.K., Shea L.D. 2005. Regulation of mouse follicle development by follicle-stimulating hormone in a three-dimensional *in vitro* culture system is dependent on follicle stage and dose. *Biol. Reprod.* 73: 942-950.
- Lawlor J.B., Gaudette N., Dickson T., House J.D. 2010. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed diets containing microencapsulated fish oil. *Anim. Feed Sci. Tech.* 156: 97-103.

- Lopretti M., Barreiro M.F., Fernandes I.P., Damboriarena A., Ottati C., Oliveira A. 2007. Microencapsulación de compuestos de actividad biológica. INNOTEC Publicación Anual del Laboratorio Tecnológico del Uruguay, 19-23.
- Lynn R.C., Hepler D.I., Kelch W.J., Bertone J.J., Smith B.L., Vatisas N.J. 2003. Double-blinded placebo-controlled clinical field trial to evaluate the safety and efficacy of topically applied 1% diclofenac liposomal cream for the relief of lameness in horses. *Vet. Ther. Res. Appl. Vet. Med.* 5: 128-138.
- MacLeod D.L., Prescott J.F. 1988. The use of liposomally-entrapped gentamicin in the treatment of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *Can. J. Vet. Res.* 52: 445.
- Marques C., Carvalheiro M., Pereira M.A., Jorge J., Cruz M.E.M., Santos-Gomes G.M. 2008. Efficacy of the liposome trifluralin in the treatment of experimental *canine leishmaniosis*. *Vet. J.* 178: 133-137.
- Mistry A., Stolnik S., Illum L. 2009. Nanoparticles for direct nose-to-brain delivery of drugs. *Int. J. Pharm.* 379: 146-157.
- Munin A., Edwards L. F. 2011. Encapsulation of Natural Polyphenolic Compounds; a Review. *Pharm.* 3: 793-829.
- Narducci D. 2007. An Introduction to Nanotechnologies: What's in it for Us? *Vet Res Commun.* 31: 131-137.
- Parpinello G.P., Meluzzi A., Sirri F., Tallarico N., Versari A. 2006. Sensory evaluation of egg products and eggs laid from hens fed diets with different fatty acid composition and supplemented with antioxidants. *Food Res. Int.* 39: 47-52.
- Poirier V.J., Thamm D.H., Kurzman I.D., Jeglum K., Chun R., Obradovich J.E., O'Brien M., Fred R.M., Phillips B. S., Vail D.M. 2002. Liposome-Encapsulated Doxorubicin (Doxil) and Doxorubicin in the Treatment of Vaccine-Associated Sarcoma in Cats. *J. Vet. Int. Med.* 16: 726-731.
- Rathore S., Desai P.M., Liew C.V., Chan L.W., Heng P.W.S. 2013. Microencapsulation of microbial cells. *J. Food Eng.* 116: 369-381.
- Röpke T., Oldenhof H., Leiding C., Sieme H., Bollwein H., Wolkers W. F. 2011. Liposomes for cryopreservation of bovine sperm. *Theriogenol.* 76: 1465-1472.
- Sanguansri P., Augustin M. A. 2006. Nanoscale materials development—a food industry perspective *Trends in Food Science and Technology* No. 17. p 547-556.
- Scheerlinck J.P.Y., Gloster S., Gamvrellis A., Mottram P.L., Plebanski M. 2006. Systemic immune responses in sheep, induced by a novel nano-bead adjuvant. *Vaccine.* 24: 1124-1131.
- Shah S., Nagano M., Yamashita Y., Hishinuma M. 2010. Microencapsulation of canine sperm and its preservation at 4 C. *Theriogenol.* 73: 560-567.
- Underwood C., van Eps A.W. 2012. Nanomedicine and veterinary science: The reality and the practicality. *Vet. J.* 193: 12-23.
- Valenzuela C., Hernández V., Rodríguez F., Carrillo R. 2014. Tecnología de encapsulación y su aplicación en ciencias veterinarias. *Avances en Ciencias Veterinarias.* 28: 58-75.
- Waldner J. B. 2010. *Nanocomputers and swarm intelligence.* John Wiley and Sons.
- Weber W., Rimann M., Schafroth T., Witschi U., Fussenegger M. 2006. Design of high-throughput-compatible protocols for microencapsulation, cryopreservation and release of bovine spermatozoa. *J. Biotechnol.* 123: 155-163.
- Wilson A.J., Mellor P.S. 2009. Bluetongue in Europe: past, present and future. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 364: 2669-2681.
- Yaniz J.L., Santolaria P., Lopez G.F. 2002. In vitro development of bovine embryos encapsulated in sodium alginate. *J. Vet. Med. A, Physiology, pathology, clinical medicine.* 49: 393-395.



# PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN EN VACAS (*Bos indicus*) UTILIZANDO SINCRONIZACIÓN DE ESTRO E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF)

PERCENTAGE OF CONCEPTION IN COWS (*Bos indicus*) USING ESTRUS SYNCHRONIZATION AND FIXED TIME ARTIFICIAL INSEMINATION (FTAI)

Fernández-Figueroa, J.A.<sup>1\*</sup>; Arieta-Román, R.J.<sup>1</sup>; Tadeo-Cruz P.<sup>1</sup>; González-Aynés, J.F.<sup>2</sup>; Ramírez-Valencia, J.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria – Universidad Veracruzana. Carretera Costera del Golfo km 220, Tramo Las Hojitas. C.P. 96100 Acayucan, Veracruz. México. Tel. y fax: (924) 2479122. <sup>2</sup>Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Popular Autónoma de Veracruz, sede Coatzacoalcos.

\*Autor responsable: antfernandez@uv.mx

## RESUMEN

Se evaluó el porcentaje de concepción en vacas (*Bos indicus*) de la raza sardo negro, sometidas a un protocolo de sincronización de estro, e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en Chinameca Veracruz, México. Se utilizaron 158 vacas multíparas, se seleccionaron dos grupos; uno de vacas con becerro, y otro de vacas sin becerro, tratados con un protocolo de dispositivo intravaginal DIV con 1.0 g de progesterona, además se inyectaron 2 mg de benzoato de estradiol (sincrodiol), al retiro el DIV, se inyectaron 2 ml prostaglandina f2 $\alpha$  (sincroplex) y 400 U.I. de eCG (novormon), el día siguiente recibieron además 1 mg de benzoato de estradiol (sincrodiol) la IATF se realizó 54-56 horas después de haber retirado el dispositivo DIV. El porcentaje de concepción total fue de 45% (71/158). El grupo uno obtuvo 41% (31/95), mientras que el grupo dos 51% (32/53), el análisis estadístico mostró que no existe significancia entre los grupos, estos resultados permiten concluir que la sincronización de celo utilizando DIV (P4) con IATF, son herramientas tecnológicas reproductivas que permiten lograr porcentajes de concepción aceptables en vacas raza sardo negro, aun con la presencia de becerro.

**Palabras claves:** Porcentaje de concepción, IATF, raza sardo negro, cebú.

## ABSTRACT

The percentage of conception in cows (*Bos indicus*) of the Sardo Negro breed subjected to a protocol of estrus synchronization and fixed time artificial insemination (FTAI) in Chinameca Veracruz, México, was evaluated. One hundred and fifty eight (158) multiparous cows were used and selected in two groups, one with cows with calf, and another with cows without calf, treated with a protocol of intravaginal device (IVD) with 1.0 g of progesterone, and in addition injected with 2 mg of estradiol benzoate (sincrodiol); at the moment of IVD withdrawal, 2 ml of prostaglandin f2 $\alpha$  (sincroplex) and 400 I.U. of eCG (novormon) were injected; the next day they received in addition 1 mg of estradiol benzoate (sincrodiol). The FTAI was carried out 54-56 hours after having withdrawn the IVD device. The percentage of total conception was 45% (71/158). Group one obtained 41% (31/95), while group two 51% (32/53); the statistical analysis showed that there is no significance between the groups. These results allow concluding that heat synchronization using IVD (P4) with FTAI are reproductive technological tools that allow achieving acceptable percentages of conception in cows of the Sardo Negro breed, even in presence of the calf.

**Keywords:** percentage of conception, FTAI, Sardo Negro breed, zebu.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo. 2017. pp: 69-72.

**Recibido:** mayo, 2016. **Aceptado:** febrero, 2017.

## INTRODUCCIÓN

**La situación** actual de la ganadería exige a los productores mayor eficacia para mejorar la rentabilidad de las explotaciones de bovinos, en este contexto, la optimización de la eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que contribuyen a mejorar las utilidades. Sin lugar a dudas la tasa de preñez y sobre todo su distribución, tienen un impacto muy importante sobre la ecuación económica de un establecimiento de cría (Baruselli *et al.*, 2003). Durante los últimos años se ha producido un gran avance en el desarrollo de programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), lo cual ha incrementado notablemente la cantidad de bovinos incluidos en estos programas (Baruselli *et al.*, 2003). Las principales limitaciones para el empleo de la IA en el ganado manejado en condiciones de pastoreo, son fallas en la detección de celos, anestro posparto y pubertad tardía. Este problema es mayor en ganado *Bos indicus* o cruza *Bos indicus* debido a las particularidades de comportamiento reproductivo y la dificultad de la observación de celos (Baruselli y Madureira, 2001). Para evitar los problemas de la detección de celos en rodeos de cría se han desarrollado protocolos de sincronización de la ovulación, que permiten además inseminar un gran número de animales en un período de tiempo establecido. Estos tratamientos se conocen con el nombre de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo IATF (Bó *et al.*, 2002). La vaca con cría presenta en algunas regiones problemas nutricionales, debido a las condiciones extensivas de pastoreo que prolongan el anestro posparto, y se traducen en importantes pérdidas económicas para el sector de producción de carne. Es conocida la importante relación que existe entre el nivel nutricional de las hembras y su fertilidad (Melo, 1999). La condición corporal de un animal se relaciona con la cantidad de tejido de reserva que el animal dispone. Esto es especialmente cierto en vacas con cría, donde la duración del período anovulatorio posparto, está determinado por las influencias inhibitorias del amamantamiento y subnutrición sobre el eje hipotálamo-hipofisiario (Bó *et al.*, 2002). El análisis de los resultados de programas de IATF indican que es posible obtener 50% de preñez promedio a primera inseminación, tanto en vacas con cría al pie y con baja condición corporal (Cutaia *et al.*, 2003). Una alternativa para aumentar los porcentajes de preñez en programas de IATF en ganado *Bos indicus* en anestro, puede ser la adición de gonadotropina corionica equina (eCG) en el momento de la extracción de los dispositivos con P4 (Bó *et al.*, 2003). Se ha demostrado que la adición de 400 UI de eCG, a los protocolos que utilizan dispositivos intravaginales DIB con progesterona y Benzoato de Estradiol BE incrementan los porcentajes de preñez en 20% alcanzando valores finales de 50% (Cutaia *et al.*, 2003, Baruselli *et al.*, 2003; Bó *et al.*, 2008). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el porcentaje de concepción en vacas *Bos indicus* de la raza sardo negro utilizando sincronización de estro e IATF.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el sur del estado de Veracruz, México, en el municipio de Chinameca Veracruz, en el rancho El Trebol (18°

04' 14.1" N; 94° 39' 25.8" O, km 8 de la carretera Taller Viejo- El Jobo) con clima es AW<sup>2</sup>. Se utilizaron 158 vacas multiparas de la raza sardo negro, se les realizó diagnóstico reproductivo por medio de ultrasonografía transrectal para verificar que no estuvieran gestantes, se seleccionaron en dos grupos: grupo 1. Vacas con becerro (95), y con un rango de condición corporal promedio de 2 a 2.5 (escala 1 a 5), grupo 2. Vacas sin becerro (63) y con un rango de condición corporal 3 a de 3.5 (escala 1 a 5). Los dos grupos recibieron un tratamiento de 10 ml de un energizante a base de ATP, Selenio (Se) y complejo B, magnesio (mg), potasio (K) y además 10 ml de un complejo multi-vitaminico (olivitasan<sup>®</sup>) una semana antes del inicio del protocolo de sincronización y pastoreo en pasto mulato (*Brachiaria* sp.), y sales minerales. El protocolo utilizado para los dos grupos fue el siguiente: El día 0 se inserto el dispositivo intravaginal bovino DIV nuevo (sincrogest), se inyectaron 2 ml de benzoato de estradiol (sincrodiol). El día ocho se retiro el DIV, se inyectaron 2 ml prostaglandina f2 $\alpha$  (sincroplex) y 400 U.I. de eCG (novormon), el día nueve se inyectó 1 ml de benzoato de estradiol (sincrodiol), el día 10, se inseminaron las vacas iniciando 54-56 horas después de haber retirado el dispositivo DIV (Cuadro 1), el día 40 se realizó diagnóstico de gestación con ultrasonografía transrectal.

**Cuadro 1.** Protocolo de Sincronización utilizado.

Día	DIV 1.0 g
0	Colocación de DIV (sincrogest)+2 ml de BE (sincrodiol)
8	Retiro de DIV+2ml de prostaglandina f2 $\alpha$ (sincroplex)+400UI de eGC (novormon)
9	Se inyectó 1 ml de BE (sincrodiol)
10	IATF 54 horas después de retirado el implante.
40	Diagnóstico de gestación con ultrasonografía.

Los resultados obtenidos fueron analizados con prueba estadística de T para las dos muestras suponiendo varianzas iguales en el paquete de Microsoft Excel 2010.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de concepción total encontrado fue del 45% (71/158) (Figura 1). Este resultado coincide con lo reportado por Bó *et al.* (2009), en un estudio con vacas de ordeño de la raza Holstein donde encontró una fertilidad de 44.9%. Otro estudio de Cutaia *et al.* (2004), en ganado de carne de *Bos indicus* registró 45% de concepción y fue superior a lo reportado por Peralta *et al.* (2008) quienes reportaron 40% con vacas *Bos indicus*.

Los resultados del grupo 1, vacas con becerro el porcentaje de concepción fue de 41% (39/95) (Figura 2). Estos resultados son similares a los reportados por Bó *et al.* (2004) en su estudio de IATF en vacas con presencia de becerro reportando 43.1% de concepción y coinciden con lo reportado por Baruselli *et al.* (2004) quienes reportaron 44.2% en un estudio similar, y mayor a lo encontrado por Alonso *et al.* (2007) en un trabajo con vacas Brahm lactantes con 37%.

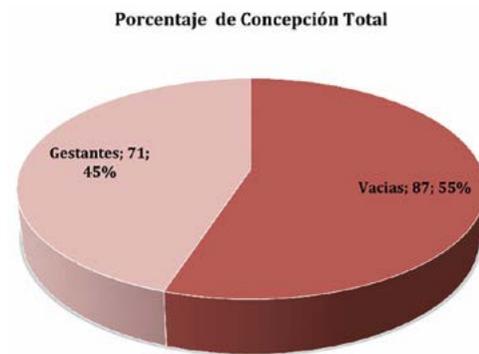
En el grupo 2, vacas sin becerro el porcentaje de concepción registrado fue de 51% (32/63) (Figura 3). Este resultado fue similar al reportado por Cutaia *et al.* (2001) con 56.4% en un trabajo con vacas de carne sin becerro, y superior a lo reportado por Sá Filho *et al.* (2010) en un estudio con vacas Nelore encontro 46.2%, y menor a lo encontrado por Sales *et al.* (2011) quien en un estudio con vacas Nelore reportó 71% de concepción. Los resultados de los grupos 1 y 2, no existió diferencia estadística.

## CONCLUSIONES

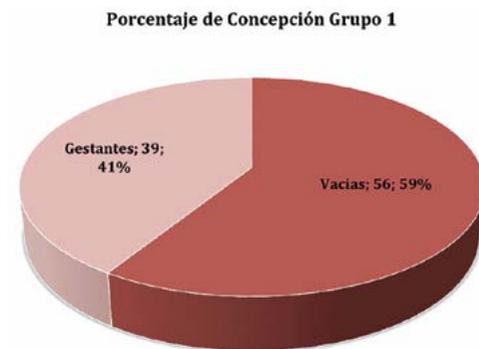
La sincronización de estro utilizando DIV (P4) con IATF, son herramientas tecnológicas reproductivas que permiten lograr porcentajes de concepción aceptables en vacas *Bos indicus* de la raza sardo negro, incluso con la presencia de becerro.

## LITERATURA CITADA

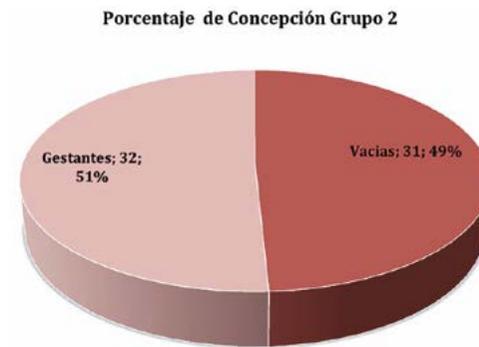
- Alonso V.N., Morales C.A., Granada J.F., Mesa H., Gómez G., Molina J.J. 2007. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas *Bos indicus* lactantes. Revista Científica, 17(5), 501-507.
- Baruselli P.S., Madureira E.H., Marques M.O. 2001. Programas de IA a tiempo fijo en *Bos indicus*. Resúmenes. IV Simposio Internacional de Reproducción Animal, Huerta Grande, Córdoba; 95-116.



**Figura 1.** Porcentaje de Concepción Total.



**Figura 2.** Porcentaje de concepción Grupo 1 vacas con becerro.



**Figura 3.** Porcentaje de concepción Grupo 2 vacas sin becerro.

- Baruselli P.S., Marques M.O., Reis E.L., Bó G.A. 2003. Tratamientos hormonales para mejorar la performance reproductiva de vacas de cría en anestro en condiciones tropicales. Resúmenes V Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba. 103-116.
- Baruselli P.S., Reis E.L., Marques M.O., Nasser L.F., Bó G.A. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. Animal Reproduction Science, 82, 479-486.
- Bó G., Cutaia L., Reis L., Marques M., Nasser L., Balla E., Baruselli P. 2004. El uso de tratamientos hormonales para mejorar el desempeño reproductivo en ganado de carne en anestro en climas tropicales. In Simposio Internacional de Reproducción Bovina (Vol. 1, pp. 125-137).

- Bó G.A., Baruselli P.S., Martínez M.F. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim. Repr. Sci.* 78, 307-326.
- Bó G.A., Cutaia L., Tribulo R. 2002. Tratamientos Hormonales Para Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Bovinos para Carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. Primera parte. *Taurus*; 14: 10-21.
- Bó G.A., Cutaia L., Tribulo R. 2002. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. Segunda Parte. *Taurus*; 15:17-32.
- Bó G.A., Cutaia L., Pincinato D., Peres L.C. 2006. Efecto del contenido de progesterona de un dispositivo intravaginal sobre las tasas de preñez obtenidas en vaquillonas cruza *Bos indicus* inseminadas a tiempo fijo. Congreso Mundial de Reproducción en Rumiantes-Nueva Zelanda; Agosto de 2006.
- Bó G.A., Cutaia L.E., Souza A.H., Baruselli P.S. 2008. Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. *In: Proceedings of the 3th International Symposium on Animal Reproduction Applied.* Londrina, Brazil (pp. 95-110).
- Bó G.A., Cutaia L. E., Souza A.H., Baruselli P.S. 2009. Actualización de protocolos IATF en Bovinos de Leche Utilizando Dispositivos con Progesterona.(IRAC) *Taurus, Bs. As.*, 11(41):20-
- Cutaia L., Tribulo R., Alisio L., Tegli J., Moreno D., Bo G.A. 2001. Efecto de los tratamientos con dispositivos DIV-B nuevos o reutilizados en los índices de preñez en vacas y vaquillonas inseminadas a tiempo fijo (IATF). *In Simposio Internacional de Reproducción Animal.* pag (Vol. 244).
- Cutaia L., Tribulo R., Moreno D., Bo G.A. 2003. Pregnancy rates in lactating beef cows treated with progesterone releasing devices, estradiol benzoate and equine chorionic gonadotropin (eCG). *Theriogenology* 59, 216 (abstract).
- Cutaia L., Bó G.A. 2004. Factores que afectan los resultados en programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría utilizando dispositivos con progesterona. *In: Resúmenes 1 Simposio Internacional de Reproducción Bovina (Vol. 20).*
- Melo O., Boetto C. 1999. Efecto de la nutrición sobre la fertilidad de la vaca de cría. *En: Módulo V del curso de Pos grado en Reproducción Bovina (IRAC);37-61*
- Peralta-Torres J.A., Aké-López J.R., Centurión-Castro F.G., Magaña-Monforte J.G. 2010. Comparación del cipionato de estradiol vs benzoato de estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con CIDR en novillas y vacas *Bos indicus*. *Universidad y ciencia*, 26(2), 163-169.
- Sá Filho M. F., Ayres H., Ferreira R.M., Marques M.O., Reis E.L., Silva R.C.P., Baruselli, P.S. 2010. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. *Theriogenology*, 73(5), 651-658.
- Sales J.N.S., Crepaldi G.A., Girotto R.W., Souza A.H., Baruselli P.S. 2011. Fixed-time AI protocols replacing eCG with a single dose of FSH were less effective in stimulating follicular growth, ovulation, and fertility in suckled-anestrus Nelore beef cows. *Animal reproduction science*, 124(1), 12-18.



# USO DEL GOOGLE EARTH™ PARA EVALUAR LA PÉRDIDA DE CUBIERTA VEGETAL EN CHINÁ, CAMPECHE, MÉXICO

## USE OF GOOGLE EARTH™ FOR EVALUATING THE LOSS OF PLANT COVER IN CHINÁ, CAMPECHE, MÉXICO

Avilés-Ramírez, G. A.\*; Ruíz-Iriarte, S.; Castellot-Pedraza, V.; Chan-Uc, D. M.; Guerrero-Turriza, H. O.

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 s/n entre 22 y 28 Chiná, Campeche, C.P. 24520

\*Autor de Correspondencia: aviles0710@gmail.com

---

### RESUMEN

Mediante el uso del sistema de información geográfica Google Earth™, se midió la pérdida de cubierta vegetal en el ejido de Chiná, Campeche para el período de 2003-2015, mostrando sus tendencias, al mismo tiempo que se analizó la pertinencia del uso de esta herramienta para el ahorro de gastos por parte de los académicos y autoridades. Los resultados muestran que la deforestación ha incrementado en los últimos 12 años con pérdidas promedio de casi una hectárea por año; se identificaron 21 polígonos de tamaños diversos entre los años 2003, 2006, 2010, 2012, 2014 y 2015; de los cuales siete estuvieron presentes todos los años, los restantes 14 fueron intermitentes, pero con mayor presencia en 2012 al 2015. En promedio se observó aumento de la pérdida acumulada de cubierta del 235.36% entre 2003 y 2015. El análisis de varianza (95%) no mostró diferencias significativas entre los años estudiados para la pérdida de cubierta vegetal.

**Palabras claves:** Deforestación, cambio de uso de suelo, Campeche, México

### ABSTRACT

Through the use of the geographic information system, Google Earth™, the loss of plant cover in the ejido of Chiná, Campeche, was measured for the period of 2003-2015, showing their trends, at the same time that the pertinence of the use of this tool by scholars and authorities to save in expenses was analyzed. The results show that deforestation has increased in the last 12 years with average losses of almost one hectare per year; 21 polygons of different sizes were identified between the years 2003, 2006, 2010, 2012, 2014 and 2015; of these, seven were present every year, the remaining 14 were intermittent, but with higher presence in 2012 to 2015. In average an increase was observed in the accumulated loss of cover of 235.36% between 2003 and 2015. The variance analysis (95 %) did not show significant differences between the years studied for the loss of plant cover.

**Keywords:** deforestation, change of land use, Campeche, México.



---

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2017. pp: 73-78.

**Recibido:** febrero, 2017. **Aceptado:** mayo, 2017.

## INTRODUCCIÓN

La población humana ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, provocando una mayor demanda de recursos naturales modificando los mecanismos de apropiación (Rosete *et al.*, 2009). Por lo cual, las relaciones hombre-medio ambiente, ligadas a la economía social, se expresan como cambios en la cobertura vegetal y en cambios del uso del suelo por parte de las sociedades humanas, siendo factores importantes de cambios en el ambiente global o degradación ambiental (Hoyo *et al.*, 2013). México ha presentado cambios de uso de suelo desde mucho tiempo atrás, y este problema ha aumentado su intensidad más rápido de lo que se cree, para el año 2000 la tasa de deforestación tuvo en promedio de 631 mil hectáreas por año y se contaba con 52 millones de hectáreas de bosques y selvas (FAO, 2000). Mediante el uso de imágenes satelitales LANDSAT MSS Y ETM+, para el estado de San Luis Potosí, México, se obtuvo una tasa del 11% anual de deforestación en sistemas de selva baja espinosa (Ibarra *et al.*, 2011). A nivel nacional, la deforestación total oscila entre las 370 y 720 mil hectáreas por año, el mayor porcentaje se concentra en las regiones centro y sureste de México, donde la deforestación alcanza entre 115 y 135 mil hectáreas por año de bosques y entre 288 y 428 mil hectáreas por año para selvas (SEMARNAT, 2012). A finales de los años ochenta, estudios en México presentaron tasas de deforestación superiores a 10% anual con un cálculo de casi 700,000 hectáreas deforestadas por año; con lo cual nace la necesidad de los Inventarios Forestales Nacionales, el cual, en el año 2000, concluye que la velocidad de cambio en 1993-2000 es mayor que en el período de 1967-2000; mientras que para el período de 2000-2005 la pérdida anual fue de 260,000 hectáreas por año (Roseté-Vergés *et al.*, 2014). Para los estados de Quintana Roo y Campeche, México, en los años ochenta se había producido una gran destrucción de las selvas producto de la colonización reciente en el interior de estos estados (Cortina *et al.*, 1999). El proceso incluyó el desmonte de la selva para poner en marcha sistemas colectivos de agricultura mecanizada y ganadería de bovinos, los principales desmontes se concentraron desde Escárcega hasta Constitución, en Campeche, y desde Nicolás Bravo hasta Chetumal y hasta el ejido Pucté en Quintana Roo; siendo usados para la agricultura mecanizada (Reyes-Anistro, 2014).

El Google Earth, como sistema de percepción remota, es una herramienta que ayuda en identificar la dinámica que tienen los impactos en la superficie terrestre y viene a ser una opción rápida y accesible a imágenes de satélite de una forma gratuita, proporcionando un análisis de cobertura de suelo a menor costo (Hu *et al.*, 2003). Dentro de las múltiples ventajas que posee este programa se destacan: manejo sencillo, gratuito, aumento de información y buena resolución (Eduardo-Córcoles, 2010). El uso

de esta multi-plataforma provee un costo bajo en los procesos académicos y educativos, por lo cual presenta alto potencial de uso en diversos sectores de la sociedad, algunos de estos usos son la creación de mapas en las áreas de geología, geografía y estudios de la tierra (Yamakawa *et al.*, 2010; Dodsworth y Nicholson, 2012); esto es posible a que el sistema de Google Earth usa una mezcla de imágenes de satélite con fotografía aérea en continua actualización, que permite la creación de mapas temáticos con una resolución de hasta 1:50000 (Metternicht, 2006). Con base en lo anterior, se midió la pérdida de cubierta vegetal del ejido de Chiná, Campeche, México; mediante el uso del programa Google Earth™ en un período de 2003 a 2015.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El polígono del ejido de Chiná fue obtenido de la página de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (Figura 1), la cual tiene digitalizados los Núcleos Agrarios de todo el país en el formato KMZ para el Google Earth™; posteriormente, se usaron las herramientas *Muestra imágenes históricas* y *Añade un polígono* del Google

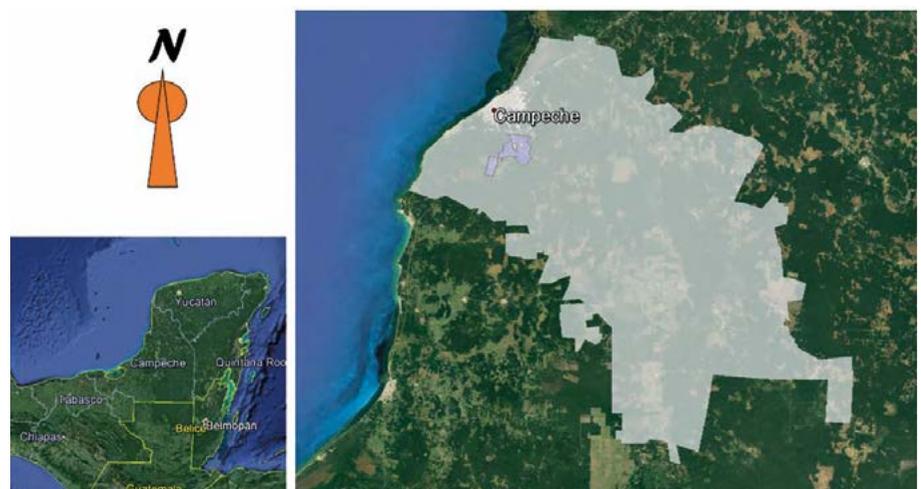


Figura 1. Ubicación del Ejido de Chiná en el Municipio de Campeche, México.

Earth™ para identificar las áreas que han perdido su cubierta vegetal en los años 2003, 2006, 2010, 2012, 2014 y 2015; dibujando sobre ellas los polígonos correspondientes para medir su superficie, contabilizando la superficie por polígono/año.

Por último, se obtuvo un promedio de pérdida de cubierta vegetal por año y se realizó un análisis de varianza de una sola vía con un nivel de significancia del 95%, usando el programa Minitab V16.1, para ver si existían diferencias entre los valores de pérdida de cubierta vegetal por año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 21 polígonos dife-

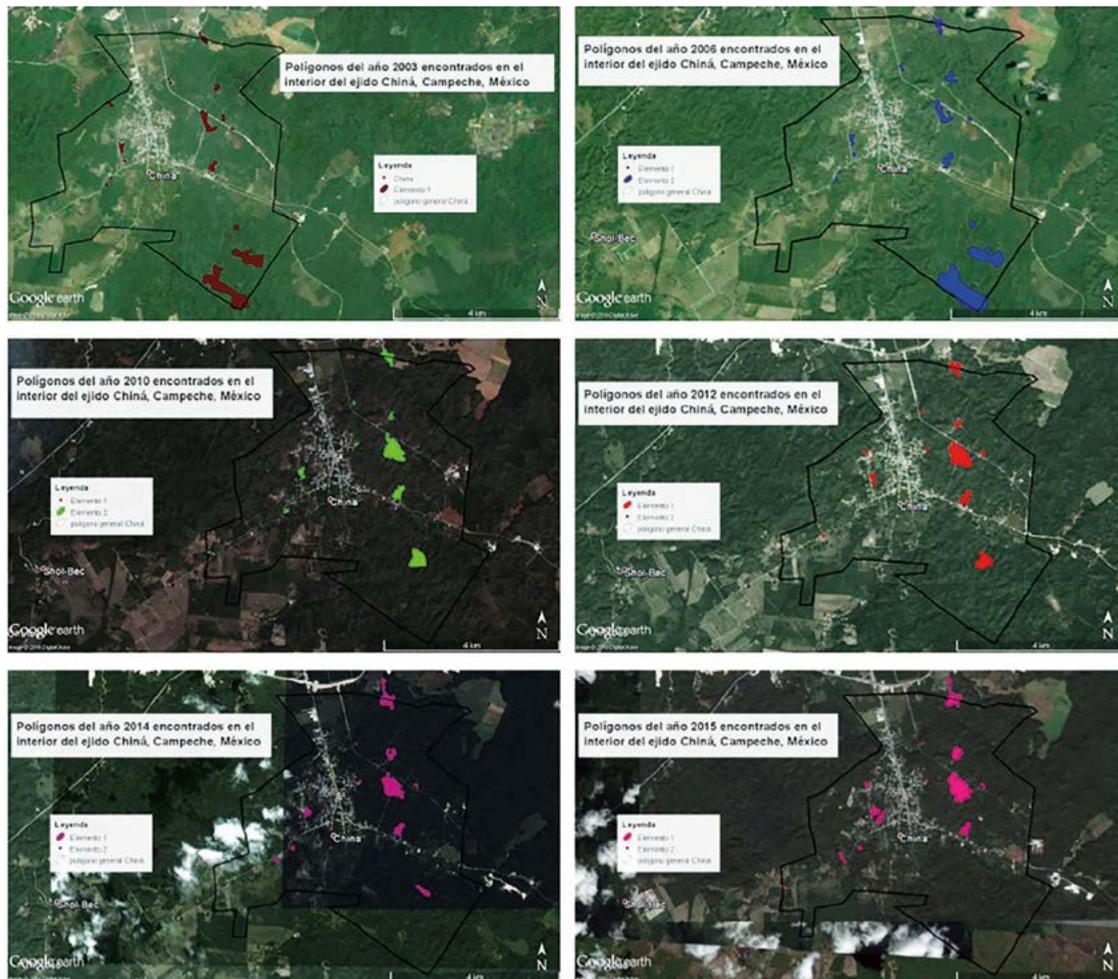
rentes entre las seis imágenes de Google Earth analizadas, la suma de las superficies de todos los polígonos por año se muestra en el Cuadro 1, donde el año 2006 fue el que presentó una mayor superficie sin cubierta vegetal, mientras que la imagen de 2010 presentó el menor valor (Figura 2). Los polígonos fueron divididos en Permanentes (PP) e Intermitentes (PI), con los PP se midió la pérdida de cubierta vegetal por permanecer a lo largo de todo el período de estudio.

La pérdida de cubierta vegetal por parte de los PI paso de 75% en el año 2003 a 12.02% en el 2015, por lo cual el estudio de pérdida vegetal se realizó solo con los PP. Al analizar el aumento/disminución de la superficie de cada PP, se encontró que los polígonos 9 y 14 presentaron recuperación de su cubierta vegetal, mientras que el polígono 1 mostró incremento de pérdida de cubierta vegetal, con 75,500 m<sup>2</sup> en 2003 a 217,484 m<sup>2</sup> en el 2015 (Cuadro 2). Se analizaron solo los PP y se observó que la superficie deforestada aumento de acuerdo a los años, pasando de 187,672 m<sup>2</sup> (18.7 ha) en 2003 a 441,710 m<sup>2</sup> (44.17 ha) en 2015; resultando un incremento de 235.36% (Figura 3).

Para determinar si los valores de pérdida de cubierta vegetal presentaron diferencias significativas entre los años de estudio, se realizó un análisis

**Cuadro 1.** Número de polígonos descritos en cada año de estudio, las superficies se miden en metros cuadrados m<sup>2</sup>. Las filas mostradas en cursivas corresponden a los polígonos permanentes (PP). Los valores en 0 hacen referencia a la recuperación de la cubierta vegetal.

Polígono	Años					
	2003	2006	2010	2012	2014	2015
1	75,500	76,771	164,958	190,685	171,516	217,484
2	10,829	0	0	0	0	0
3	4,688	4,432	0	11,467	5,563	6,929
4	4,096	3,390	6,593	0	7,113	6,809
5	1,442	1,271	0	0	0	0
6	3,889	6,043	0	0	0	22,711
7	22,625	21,562	21,180	20,712	22,801	29,677
8	37,224	46,966	49,178	51,407	42,687	40,697
9	3,254	3,095	2,863	3,705	2,320	2,497
10	2,440	3,286	0	0	0	0
11	15,653	33,306	8,787	19,432	36,649	47,881
12	12,768	0	0	0	0	0
13	29,079	42,660	49,736	48,221	107,536	99,160
14	4,337	2,976	2,884	2,287	2,672	4,314
15	350,461	510,189	0	0	0	0
16	160,610	192,283	0	0	0	0
17	13,327	11,691	106,919	99,790	36,502	0
18	0	0	0	6,994	2,299	10,719
19	0	0	3,490	4,946	3,126	1,922
20	0	0	0	5,433	1,023	0
21	0	0	0	0	9,954	11,265
TOTAL (m <sup>2</sup> )	752,222	959,921	416,588	465,079	451,761	502,065



**Figura 2.** Polígonos sin cubierta vegetal dibujados en Google Earth, período 2003-2015.

**Cuadro 2.** Análisis de los PP, los números en positivo indican recuperación de la cubierta vegetal.

Polígono	Superficie sin cubierta vegetal presente en el Año 2003 (m <sup>2</sup> )	Superficie sin cubierta vegetal presente en el Año 2015 (m <sup>2</sup> )	Valores de pérdida de cubierta vegetal
1	75,500	217,484	-141,984
7	22,625	29,677	-7,052
8	37,224	40,697	-3,473
9	3,254	2,497	57
11	15,653	47,881	-32,228
13	29,079	99,160	-70,081
14	4,337	4,314	23

de varianza de una sola vía con un nivel de significancia de 95%. El análisis no muestra diferencias significativas entre las pérdidas de cubierta vegetal de cada uno de los años, aunque las desviaciones gráficas mostraron aumento de 2003 a 2015 (Cuadro 3).

Para verificar la información presentada por el Google Earth, se realizaron visitas de campo de los polígonos identificados, resultando que el 100% de los polígonos fueron encontrados como se mostraba en las imágenes, sin embargo, no se pudo medir su perí-

metro, constatando en la totalidad de los polígonos descritos en la imagen del 2015 y verificados en campo, la actividad por la cual se perdió la cubierta vegetal registrando la explotación como bancos de materiales como la causa principal.

Se identificaron 21 polígonos, de los cuales 14 fueron PI y solo siete fueron PP a largo del período de análisis. En el ejido de Chiná se ha observado una pérdida constante equivalente al 0.08% anual, lo que equivale a 2.11 ha por año. En la sierra norte del estado de Puebla, México, se estudió una extensión de 13,491 ha con presencia de áreas agricultura, bosques, pastizales y

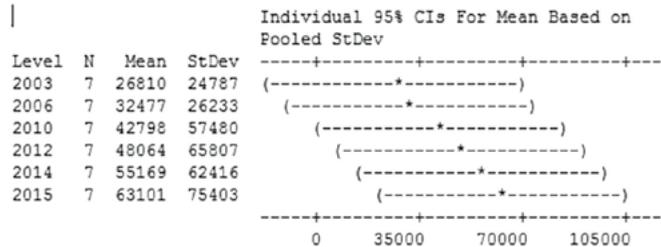
zonas urbanas o asentamientos urbanos; y se observó que los asentamientos urbanos añadieron 527 ha en el período de 1980 a 2010, lo cual equivale a una porcentaje de pérdida por acciones urbanas de 17.57 ha por año (Guevara-Romero & Montalvo-Vargas, 2015). Para el período de 2003 a 2015, se observó un incremento de la deforestación en el ejido de Chiná del 235.36 %, pasando de 187,672 m<sup>2</sup> en 2003 a 441,710 m<sup>2</sup> en 2015, lo que equivale a una pérdida anual de 2.11 ha por año o el 0.08% de la superficie del ejido, acumulando una pérdida de 1.69% de la superficie ejidal en un lapso de 12 años. De acuerdo a lo publicado por la FAO (2000), México tiene el 72.05% de su territorio nacional con aptitud forestal y presenta una pérdida, de acuerdo a SEMARNAT (2012), de 370 y 720 mil ha por año equivalente al 0.26-0.50% de la superficie forestal nacional. El ejido de Chiná cuenta con área total de 2,609 ha, en el 2003 contaba con 185 ha de territorio urbano y en el 2015 aumento a 450 ha, lo que representó 243.24% incorporándose cada año 22.08 ha, valor superior al reportado en la sierra norte de Puebla. El ejido Chiná, para el año 2003, poseía una superficie correspondiente a selvas, pastizal inducido y otras actividades, excluyendo el territorio urbano, de 2,424 ha; para el año 2015 esta superficie también disminuyó a 2,159

ha, lo que equivale a una pérdida del 10.94%. Rosete-Vergés *et al.* (2014) mencionan que la deforestación total de México, para el periodo de 1976-2007, presentaba una tasa anual de 534,707 ha, estos resultados muestran que existen marcadas diferencias en la velocidad del cambio de vegetación, lo que para los años de 1976 al 2000

**One-way ANOVA: Superficie versus Año**

Source	DF	SS	MS	F	P
Año	5	6528113849	1305622770	0.42	0.830
Error	36	1.11111E+11	3086403506		
Total	41	1.17639E+11			

S = 55555 R-Sq = 5.55% R-Sq(adj) = 0.00%

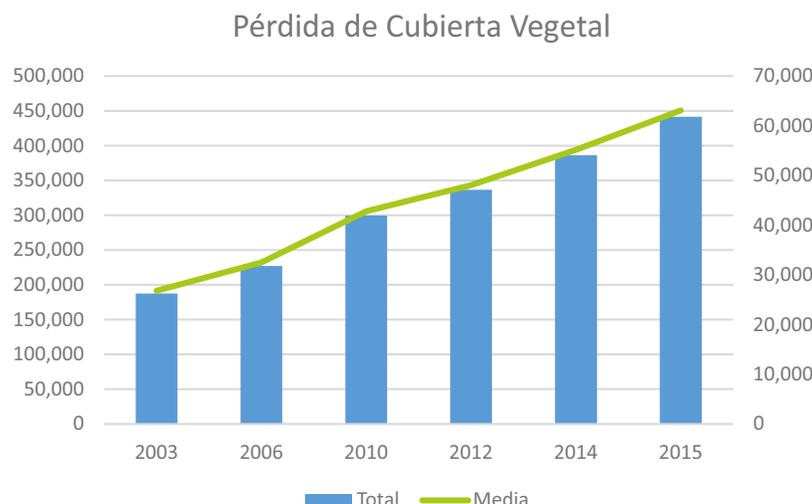


**Cuadro 3.** Tabla de ANOVA, se señala el nivel de significancia.

los análisis arrojan un resultado negativo, pero del año 2000 al 2007 ya que las tasas de cambio calculadas de 1976 a 2007 son menores que del 1976 a 2000. En el periodo analizado del año 2003 al 2015 para el ejido Chiná de Campeche los resultados muestran que la deforestación anual es de 2.11 ha, lo cual a lo largo de ese periodo algunos polígonos fueron recuperados regresando a su vegetación original tal es el caso de los polígonos 15 y 16 del año 2003 al 2006.

El análisis de varianza para encontrar diferencias significativas entre los 12 años de estudio, mostró que no se presentan diferencias entre la cubierta vegetal degradada en el 2003 con la del año de 2015, a pesar de que se observa incremento superior al 200%. El gráfico de media contra la desviación estándar indicó que, de continuar esta tendencia, en un período no mayor a los diez años, si habrá diferencias significativas con respecto a la cubierta vegetal perdida en 2003. Esto es importante,

ya que, de no atenderse, sería irreversible ocasionando graves problemas ambientales en el ejido de Chiná. De igual manera, sería de gran ayuda analizar la cubierta vegetal del ejido de hace 20 a 30 años, siendo muy probable que las condiciones actuales si difieran de manera significativa. El uso



**Figura 3.** Aumento de la pérdida de cubierta vegetal usando solo los PP, se muestra como en 2015 hubo una pérdida mayor a los 400,000 m<sup>2</sup>.

del Google Earth ayudó en la disminución de costos, proporcionando un estudio con una exactitud aceptable, permitiendo generar información que sirva para la toma de decisiones a un bajo costo, recomendando la verificación de la información en campo. Ampliando el estudio al impacto que representa la explotación de bancos de materiales.

## CONCLUSIONES

**Se observó** un aumento de la pérdida de cubierta vegetal superior a 230% en el período de 12 años, lo cual representa un grave problema que implica que, a mediano plazo, el ejido de Chiná tendrá problemas ambientales relacionados con la erosión de suelos y pérdida de su biodiversidad. Aunque en un inicio, la pérdida de cubierta vegetal era por actividades agropecuarias, hoy en día, la explotación de bancos de materiales representa la actividad de mayor impacto. El uso de las imágenes que proporciona el Google Earth, representa una herramienta útil en tiempo y logística, al igual que ayuda en la reducción de costos en la elaboración de diagnósticos necesarios para la toma de decisiones públicas.

## LITERATURA CITADA

- Cortina V.S., Mendoza P.M., Ogneva Himmelberger Y. 1999. Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas*, 41-56.
- Dodsworth E., Nicholson A. 2012. Academic Uses of Google Earth and Google Maps in a Library Setting. *Information Technology and Libraries*, 1(1), 102-117. Recuperado el 1 de marzo de 2017
- Eduardo-Córcoles J. 2010. Google Earth. Uso didáctico para Escuela 2.0. *Revista Digital Sociedad de la Información*, 1(20), 1-9. Recuperado el 28 de febrero de 2017, de [www.sociedadelainformacion.com](http://www.sociedadelainformacion.com)
- FAO. 2000. FRA 200 Bibliografía comentada. Cambios en la cobertura forestal México. Recuperado el 15 de noviembre de 2016, de Depósitos de documentos de la FAO: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/ad667s/ad667s00.pdf>
- Guevara-Romero, M.L., Montalvo-Vargas R. 2015. Cambio de uso de suelo y vegetación derivados de la dotación de infraestructura: Sierra norte del Estado de Puebla. *Ciencias Humanas y Sociales*.
- Hoyo S., Pacheco C., Bustillo L., López R. 2013. Cambio de cobertura y uso de la tierra en la microcuenca El Valle, estado Táchira-Venezuela. Períodos: 1991-2003 y 2003-2013. *Revista Forestal Venezolana*, 5 (1), 57-77.
- Hu Q., Wu W., Xia T., Yu Q., Yang P., Li Z., Song Q. 2013. Exploring the Use of Google Earth Imagery and Object-Based Methods in Land Use/Cover Mapping. *Remote Sensing*, 5(1), 6026-6042. doi:10.3390/rs5116026
- Ibarra M. J.L., Roman R., Gutierrez K., Gaxiola J., Arias V., Bautista M. 2011. Cambio en la cobertura y uso de suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. *Ambiente & Agua*.
- Metternicht G. 2006. Consideraciones acerca del impacto de Google Earth en la valoración y difusión de los productos de georrepresentación. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 1(6), 1-10. Recuperado el 1 de marzo de 2017
- Reyes-Anistro G.I. 2014. análisis de cambios de usos de suelo para los años 1984,2000 y 2008 de la cuenca del río Tenancingo, del estado de México.
- Rosete V.F.A., Pérez-Damián J. L., Bocco G. 2008. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 39-58.
- Rosete-Vergés F.A.; Pérez-Damián J. L., Villalobos-Delgado M., Navarro-Salas E.N., Salinas-Chávez E., Remond-Noa R. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20(1), 21-35.
- SEMARNAT. 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México. D.F.: SEMARNAT. Recuperado el 10 de noviembre de 2016, de [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)
- Yamakawa J., Ebi T., Matsumoto H. 2010. Representation of Earth scientific information by the Google™ Earth. *Earth Science Reports*, 17(1), 25-26. Recuperado el 27 de febrero de 2017



# ANÁLISIS TERRITORIAL MEDIANTE UN MODELO CARTOGRÁFICO EN SAN LUIS HUEXOTLA, TEXCOCO, MÉXICO

## TERRITORIAL ANALYSIS THROUGH A CARTOGRAPHIC MODEL IN SAN LUIS HUEXOTLA, TEXCOCO, MEXICO

Espinosa-Morales, J.C.<sup>1\*</sup>; Escalona-Maurice, M.J.<sup>2</sup>; Fernández-Ordoñez, Y.M.<sup>3</sup>; Cajuste-Bontemps, L.<sup>4</sup>; Hernández-Juárez, M.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

\*Autor de correspondencia: [espinosa.carlos@colpos.mx](mailto:espinosa.carlos@colpos.mx)

### RESUMEN

En las últimas décadas el cambio de ocupación del suelo ha sido resultado de un proceso que se deriva del crecimiento urbano afectando directamente los suelos utilizados para actividades agrícolas. Lo anterior conlleva una profunda transformación en los territorios otrora rurales e incurre en modificaciones de fenómenos en su interior, provocando cambios geográficos, económicos, políticos, culturales y ambientales. La localidad de San Luis Huexotla, Texcoco, México, registra procesos de transformación rápidos y no totalmente comprendidos en las zonas agrícolas y constituye el área de estudio de esta investigación, la cual se enfocó al análisis del cambio de ocupación del uso de suelo de agrícola a urbano en los últimos veinte años influenciado por el referido proceso mediante un modelo cartográfico. Se utilizaron imágenes digitales que proporcionan una dimensión geo-espacial del territorio y constituyen una herramienta innovadora al uso de sistemas de información geográfica en estudios sociales. En el modelo se incorporaron datos de una amplia encuesta a ejidatarios que aportaron a la ilustración de la situación actual de la producción agrícola. Los resultados exhiben la fuerte relación entre los cambios de ocupación del suelo y factores socioeconómicos que han impactado en la transformación del territorio y modificaron las actividades agrícolas en el periodo 1996-2016.

**Palabras clave:** Territorio, cambio de ocupación del suelo, sistemas de información geográfica, factores socioeconómicos.

### ABSTRACT

During recent decades the change in land occupation has been the result of a process that is derived from the urban growth affecting directly the lands used for agricultural activities. This entails a profound transformation in formerly rural territories and incurs in modifications of phenomena inside them, provoking geographic, economic, political, cultural and environmental changes. The locality of San Luis Huexotla, Texcoco, México, shows fast transformation processes which are not entirely understood in agricultural zones, and constitutes the study area of this study, which was focused in the analysis of change in land use occupation from agricultural to urban in the last twenty years influenced by the process referred through a cartographic model. Digital images were used that provide a geospatial dimension of the territory and constitute an innovating tool for the use of geographic information systems in social studies. In the model, data were incorporated from a broad survey on ejidatarios that contributed to the illustration of the current situation of agricultural production. The results exhibit the strong relationship between the changes in land occupation and socioeconomic factors that have influenced the transformation of the territory and impacted agricultural activities during the period of 1996-2016.

**Keywords:** territory, change in land occupation, geographic information systems, socioeconomic factors.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2017. pp: 79-85.

**Recibido:** marzo, 2017. **Aceptado:** abril, 2017.



## INTRODUCCIÓN

# San Luis

Huexotla es una localidad localizada cerca al antiguo Lago de Texcoco en el camino de herradura hacia la ciudad de México, cercana a la Ex hacienda de Chapingo y contigua a la cabecera municipal. Esta localidad ha sufrido un proceso de urbanización en las últimas décadas presentando cambios importantes en su territorio cambiándolo progresivamente de agrícola a urbano. El conocimiento del proceso de cambio de ocupación del suelo se ha vuelto trascendental si se considera que es a través de estos cambios como se materializa la relación entre el hombre y el medio ambiente (Lambin *et al.*, 1999). Los cambios de ocupación del suelo muestran alteraciones en el territorio, por lo que resulta importante conocer cuáles han sido los factores en épocas recientes que han llevado a modificar la estructura morfológica y geográfica de la localidad. Para el análisis de dichos factores y las alteraciones que provocan es conveniente aplicar nuevas herramientas tecnológicas y metodologías que permitan una mayor precisión y entendimiento de los cambios de ocupación del suelo. La ocupación del suelo es un término que suele confundirse con el término uso de suelo. Por un lado el "uso de suelo" se refiere al resultado de las actividades socioeconómicas que se desarrolla (o desarrollaron) sobre una cobertura (Bocco *et al.*, 2001). Mientras que "la ocupación del suelo" se refiere a la apropiación y utilización diferente del espacio geográfico a la que de manera natural o cultural se ha venido utilizando (Rodríguez y Bautista, 2011). Los principales cambios que se han reportado para esta zona a través de otras metodologías son de uso agrícola a zonas urbanas.

En México uno de los cambios de uso del suelo que se presenta a una escala global indica una disminución de 8.9 millones de hectáreas de bosque a selvas durante la última década del siglo XX (Nájera *et al.*, 2010). La FAO estima que sobre 52 millones de hectáreas de bosques y selvas con que contaba el país en el año 2000, se ha presentado una tasa de deforestación promedio de 631 mil ha año<sup>-1</sup> (FAO, 2005). El crecimiento acelerado que está viviendo la población humana a nivel mundial en las últimas décadas, la saturación de recursos naturales para satisfacer sus necesidades, las formas y elementos de apropiación de los recursos, con frecuencia ligados a fuerzas sociales, políticas y económicas, han presentado implicaciones estructurales y funcionales sobre el territorio y los ecosistemas (Mas *et al.*, 2009). El cambio de ocupación del suelo hacia lo urbano ha tenido

consecuencias para la población y el medio ambiente, por un lado, el incremento de servicios públicos tales como (agua, electricidad, drenaje) en detrimento del ambiente (contaminación de aire y aguas, y cambios de temperatura entre otros) afectando a las comunidades que presentan dichos cambios de ocupación del suelo (PNUMA, 2012). El aumento en la concentración demográfica se menciona como uno de los principales factores responsables del cambio de uso del suelo en el territorio (SEMARTNAT, 2010) ya que se incrementa de manera obvia la demanda de más espacios geográficos para vivienda, instalaciones industriales y comerciales, siendo los espacios agrícolas los primeros en ser afectados. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue analizar el cambio de ocupación del suelo agrícola por urbano en el periodo 1996-2016 por medio de un modelo cartográfico, relacionándolo con datos socioeconómicos de propietarios de parcelas en las zonas ejidal y de propiedad privada de San Luis Huexotla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarcó las zonas de ejido y la localidad de San Luis Huexotla en el Estado de México (Figura 1). En su estructura territorial el municipio de San Luis Huexotla se ubica en la Zona Sur (PMDT, 2016), entre las coordenadas 19° 28' 52" N 98° 51' 59" W, a una altitud de entre 2 260 y 2 400 m, a una distancia aproximada de 30 km de la Ciudad de México, y población estimada en más de 10,000 habitantes (INEGI, 2010).

Se usaron Imágenes satelitales; dos imágenes provenientes de los satélites SPOT 6 con fecha del 4 de Mayo del 2016, estación receptora ERMEX NG del Gobierno Federal. Uso autorizado por convenio para esta investigación a través con número de solicitud interna 101251/0233-2016, con una resolución de 1.5 metros en la imagen pancromática. La imagen SPOT presento un nivel de procesamiento de 1A. Previo a los análisis de la imagen se le aplicaron las correcciones usuales para procesos de extracción de información geoespacial mediante percepción remota (Salinero, 1985), (Espinosa *op cit*, 2016):

- a. Ortofoto. Imagen del año 1996 con tamaño de pixel de 2 metros en escala 1:20000 referida a la clasificación de la carta 1:50000 Texcoco E14-B21 y la carta Chalco E14-B31, mosaico de 9 secciones por ambas cartas. Insumos obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

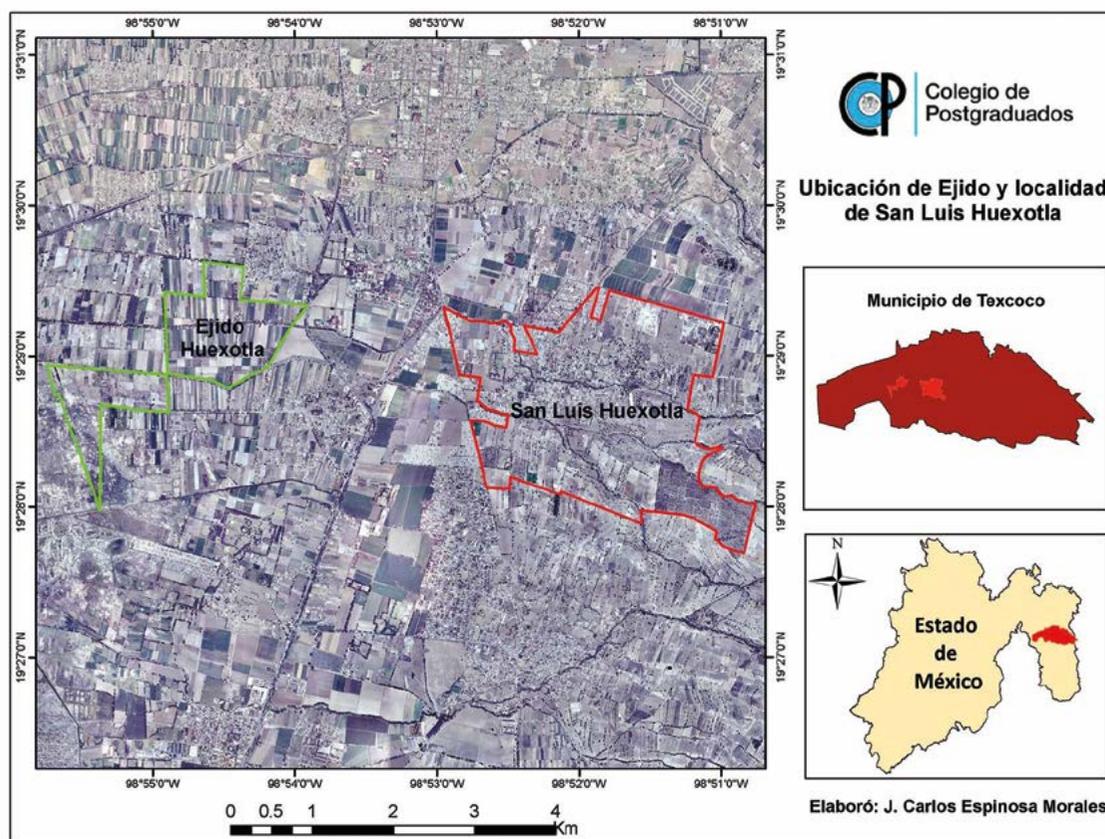


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

- b. Software. Se utilizaron los sistemas IDRISI-Selva<sup>®</sup>, ArcMap-Esri<sup>®</sup> v. 10.1, QGis-open source<sup>®</sup> v. 2.8.2, PCI Geomática<sup>®</sup> v. 9.0.
- c. Mapas de ocupación del suelo del año 1996 y 2016
- d. Encuesta a ejidatarios de Huexotla para obtener datos demográficos, de índole económica, social, agrícola y de efectos percibidos por las personas acerca del impacto del crecimiento urbano. Para la selección de la muestra se consideró un muestreo no probabilístico (Hernández *et al.*, 2010). El tamaño de la muestra se obtuvo a partir del universo de 181 ejidatarios, el cálculo se realizó con un grado de confianza del 95%.

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq}$$

Donde:  $n$ =Tamaño de la muestra,  $N$ =Tamaño de la población,  $p$ =Probabilidad de éxito=0.5,  $q=1-p$ ,  $D=(B/z)^2$ ,  $B$ =máximo de error aceptable=0.10,  $Z$ =Intervalo de confianza 90%=1.64.

El valor obtenido de la muestra fue  $n=50$ , se aplicaron el mismo número de encuestas durante los meses de septiembre y octubre del 2016.

A la Imagen 2016 se le aplicó una corrección geométrica basada en un modelo de georreferencia a través de un muestreo sistemático de 100 puntos donde se ubicaron de forma precisa cuatro puntos de control en las esquinas

de la imagen a corregir que ayudan a disminuir el error cuadrático medio (RMS) menor a 0.5 en el proceso de georreferencia (Ambrosio, 2002). Se realizó un ajuste geométrico de 1.5 metros pixel a dos metros para dimensionar al mismo tamaño de pixel, se ajustó el sistema de proyección (Cuadro 1) y se definió una escala de 1:20000. Los detalles de los procesos y de los softwares utilizados se detallan en (Espinosa, 2017). Para realizar la obtención del modelo cartográfico del cambio de ocupación del suelo se realizó la comparación de dos mapas de fechas diferentes de 1996 y 2016, esta comparación cartográfica se efectuó mediante el software Idrisi especializado en SIG Analysis sobreponiendo dos mapas de diferentes fechas obteniéndose datos sobre los cambios de superficie y áreas que no han cambiado, determinándose

**Cuadro 1.** Coordenadas del sistema de proyección.

Coordenadas extremas de San Luis Huexotla, Texcoco

Coordenadas NAD 27		WGS84	
505478.5	2157266.5	505478.5	2157266.5
517288.5	2151510.5	517288.5	2151510.5
Meridiano central de la CDMX		99°	
Proyección		UTM	
Elipsoide		WGS 84	
Datum		WGS 84	
Zona UTM		14	
Referencia de la altitud		Nivel medio del mar	

así las zonas estables, las áreas de pérdida y las áreas de ganancia en cada una de la categorías temáticas del estudio (Bosque, 1997).

Para realizar los diferentes procesos de la imagen (corrección geométrica, ajuste geométrico, digitalización y aplicación de la tabulación cruzada) se ocuparon los programas de software indicados. La encuesta se aplicó a la muestra seleccionada obteniéndose información acerca de tipo de producción, estado del ejido, efectos de crecimiento urbano y conocer desde el punto de vista de los encuestados las causas que han llevado a transformar la estructura geográfica de la localidad.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Estado actual de la agricultura en Huexotla**

La agricultura que realizan los ejidatario es de tipo tradicional y continúan sembrando maíz (*Zea mays* L.) principalmente, su explotación agrícola depende las necesidades personales, sin embargo en el último año mostro un aumento las parcelas rentadas (Figura 2), lo que significa que el desinterés en las labores agrícolas. No obstante se observa

para solventar sus gastos y por ello, la necesidad de tener una fuente de trabajo que garantice su seguridad económica.

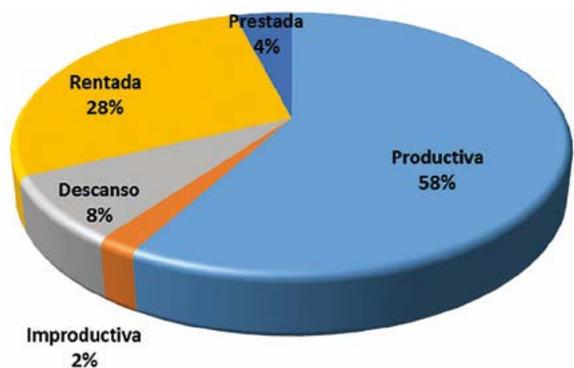


Figura 2. Estado actual del uso del suelo en el ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

En general, las personas que trabajan o están pensionados por alguna dependencia de gobierno mencionaron a la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, así mismo las que mencionaron "otra" son esposas viudas pensionadas por estas mismas instituciones, esto muestra el alto índice de personas que laboran en estas instituciones.

**Modelo Cartográfico**

Los resultados del modelo cartográfico muestran las zonas estables, pérdidas y ganancias en cada una de las categorías, el cambio de ocupación del suelo de agrícola por urbano se presentó una perdida principalmente

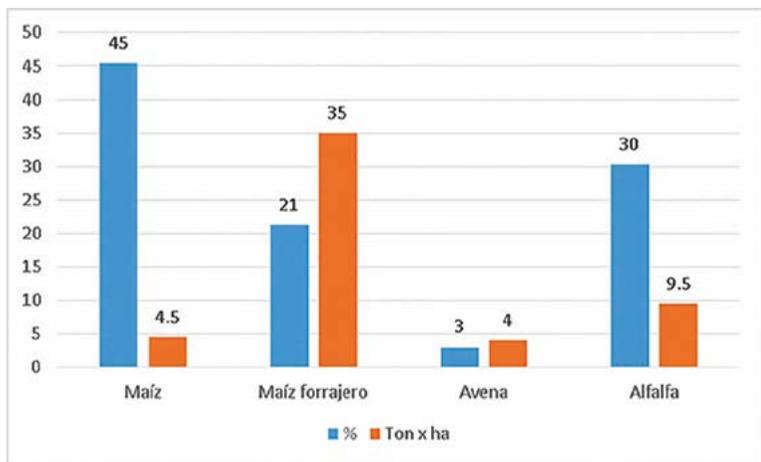


Figura 3. Principales cultivos el ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

en la agricultura de temporal y en suelos con vegetación sin clasificar incorporando un total de 119 ha a la zona urbana. Cabe mencionar que estas dos zonas se encuentran ubicadas en su mayor proporción en la zona centro y la periferia de la localidad, lo que significa situar estas categorías como las

**Cuadro 2.** Ocupación del suelo por categoría en el ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Ocupación	1996	2016	Diferencia 1996-2016	Área estable	Perdidas	Ganancias
Suelo con vegetación/sin clasificar	193.32	143.04	50.28	143.04	50.28	0
Agricultura de riego	228.55	157.84	70.71	157.69	70.71	0
Agricultura de temporal	282.60	206.08	76.52	206.60	76.52	0
Zona de arbolada	76.06	76.06	0.00	76.05	0	0
Láminas de agua	0.30	1.02	-0.72	0.30	0	0.72
Minas	52.97	67.67	-14.70	52.97	0	14.70
Zona ejidal comunal	37.81	0	37.81	0	37.81	0
Zona arqueológica	1.84	1.84	0	1.84	0	0
Áreas deportivas	3.90	11.27	-7.37	3.90	0	7.37
Zona urbana	73.95	192.99	-119.04	73.95	0	119.04

**Cuadro 3.** Actividad económica primaria de los ejidatarios.

Actividad económica	Frecuencia	%
Empleado de Gobierno	12	24
Jubilado	20	40
Empleado de empresa privada	0	0
Profesionista técnico	2	4
Comerciante	5	10
Jornalero	6	12
Sastre o costura	0	0
Otra	5	10
Total	50	100

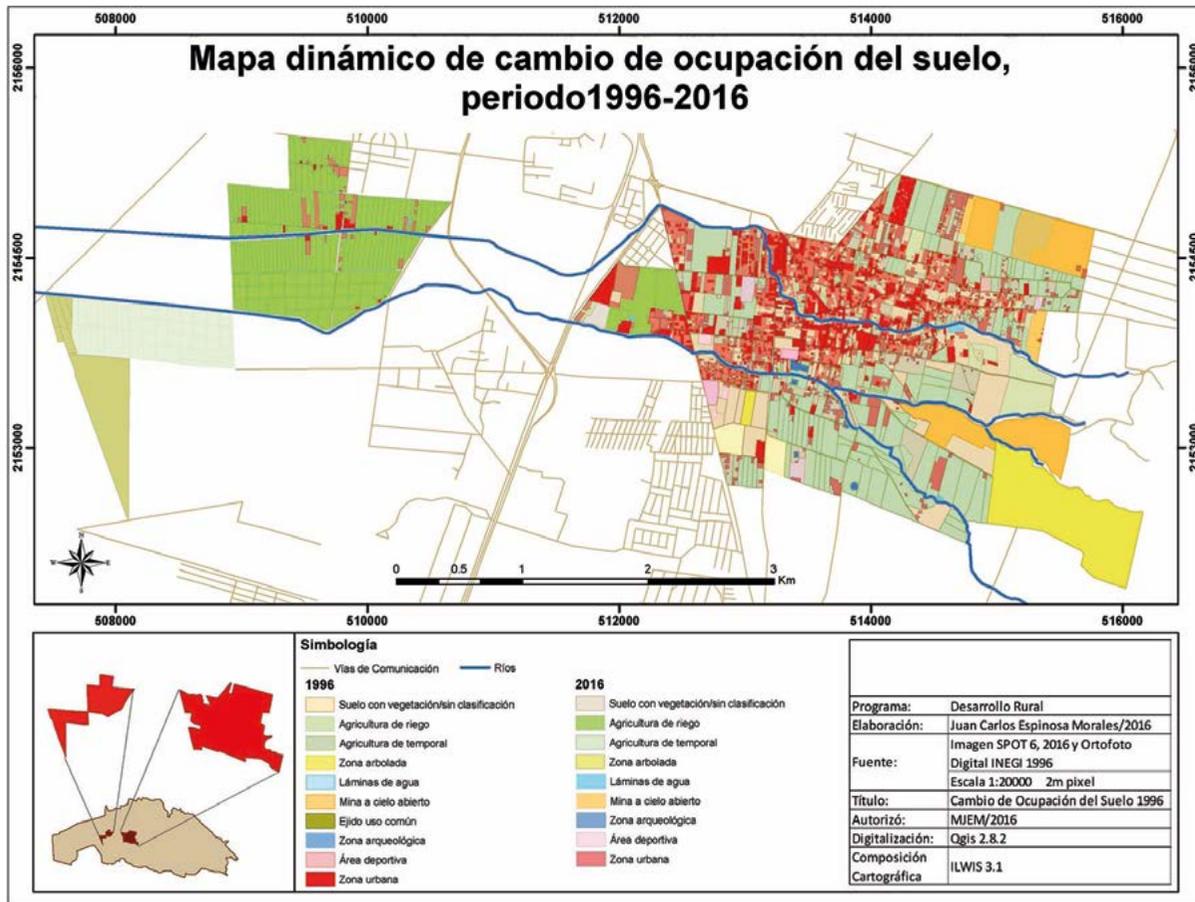
que presentaron mayores cambios en el periodo de 20 años.

La zona urbana de Huexotla de acuerdo a los censos del INEGI (2010) en la categoría de vivienda presentó para el año de 1990 un total de 1356 viviendas, en el año 2000 2292 y para el año 2010 3258 viviendas, lo que reflejo un incremento de viviendas del 140% en 20 años. Considerando estos datos y de acuerdo al hacinamiento promedio registrado por el INEGI, en 1990 el promedio fue de 7458 individuos/vivienda, para el 2000 presentó 11460 y para 2010 fue en promedio 14661 individuos/vivienda. En las categorías mencionadas con mayor cambio de ocupación se desarrollaban actividades como

agricultura de temporal y actividades de traspatio. Huexotla mantenía actividades agrícolas campesinas en el año de 1996 con una proporción aproximada de 475 ha en estas dos categorías. En la agricultura de temporal los principales cultivos eran el maíz y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en actividades de traspatio agrícola se encontraban árboles frutales, hortalizas, plantas de ornato y plantas de medicina tradicional, para uso pecuario animales domésticos como cerdos, vacas, gallinas, conejos y guajolotes principalmente. Por otra parte, las coberturas que también representaron cambios en 2016 fue la tierra de uso común (TUC) con 37.81 ha y la de agricultura de riego con 53.43 ha en la zona del ejido, mismas que fueron vendidas en el

año de 2010 a la CONAGUA. Lo que represento que un total de 56 ejidatarios vendieran sus parcelas reduciendo el ejido a 146 ha totales. La venta mencionada tiene afectaciones directas con la producción agrícola en el área de agricultura con riego y la desaparición de la TUC, por lo contrario, aumentó la plusvalía en relación al valor del costo del terreno agrícola, debido a la construcción y demanda de superficie para construcciones asociadas al desarrollo del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), esto presenta un riesgo a toda la parte ejidal y la disminución de actividades agrícolas en esta zona, así mismo se mantiene en alerta en aumento del cambio de ocupación en esta zona debido a que los ejidatarios mencionaron la disposición de vender si existe la posibilidad de compra.

Lo que destaca en estas categorías se perdieron en el año 2010 un total de 91 ha o casi un 1 km<sup>2</sup> de agricultura de riego y de ejido de área común en el ejido de Huexotla. Si bien es cierto que los terrenos agrícolas en la zona ejidal para el 2016 disminuyeron debido a la venta a la CONAGUA, también se observó que existe una disminución agrícola



**Figura 4.** Mapa de dinámico de cambio de ocupación del suelo 1996-2016 del ejido Huexotla, Texcoco, Estado de México.

la en esta zona, los resultados demuestran desinterés de realizar actividades agrícolas, el 58% de las parcelas están produciendo, mientras que el 42% restante no la trabaja directamente, esto conlleva a vincular que la agricultura para los ejidatarios no representa una actividad económica rentable y por lo tanto se refleja con terrenos en descanso, o sin actividad agrícola. Asociado a esta tendencia, la encuesta registró que 74% de los ejidatarios trabajan o trabajaron en una dependencia de gobierno (COLPOS y UACH), esto muestra que también asociado al problema anterior del proceso de la producción agrícola se relaciona que al tener una fuente de ingresos económica estable conlleva a dejar en segundo e incluso en tercer término las actividades agrícolas.

## CONCLUSIONES

### Huexotla

considerada una localidad con actividades agrícolas importantes e identificada como una población con características campesinas, ha tenido un proceso de transformación por su cercanía a la cabecera municipal de Texcoco y a instituciones como el COLPOS y UACH que concentran una población económica laboral y que se expresan también de forma territorial. Se observó la relación entre factores socioeconómicos que han influido en el cambio de ocupación del suelo de agrícola por urbano, entre ellas; el crecimiento de la población que presentó un aumento numeroso, la demanda espacios para la instalación de viviendas, así como el aumento de servicios públicos y la modificación de los procesos productivos, provocando alquilar sus tierras, abandonarlas o en algunos casos venderlas. La actividad agrícola practicada por los ejidatarios no constituye su fuente económica primaria, sin embargo las actividades que se realizan dentro de ella, muestran una técnica tradicional por que no cuentan con tecnificación, además de conservar algunos cultivos básico como el maíz principalmente. Los impactos que del cambio de ocupación del suelo se manifiestan principalmente en predios agrícolas se aceptan puesto que se reconoce que el crecimiento urbano es una principal consecuencia de estos cambios, y son producto de afectaciones socioeconómicas y ambientales. Un factor que también ha influido en la modificación del proceso de ocupación del suelo es la construcción

del NAICM y la compra de las 91.8 ha agrícolas y de uso común en el 2010. Esto presenta un riesgo en la parte ejidal que traerá como consecuencia el incremento del cambio de uso de suelo.

## LITERATURA CITADA

- Ambrosio G., González J., Arévalo V. 2002. Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal. Málaga, España
- Bocco G. M., Manuel M., Omar R. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas [online]. 2001, n.44, pp.18-36. ISSN 0188-4611.
- Bosque S.J. 1997. Sistemas de información geográfica, Ed. Rialp. 2a ed. Madrid. 451p.
- Espinosa M.J.C. 2017. Cambio de ocupación del suelo en la localidad de San Luis Huexotla Texcoco Estado de México en el período 1996-2016: Análisis territorial mediante un modelo cartográfico. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México.
- FAO. 2005. Forest Resource Assessment (serie Internet) (15 resultados clave). <http://www.fao.org>.
- Hernández S.R., Fernández-Collado C., Baptista-Lucio P. 2010. Metodología de la investigación. Ed. MacGraw Hill. México.
- H. Ayuntamiento de Texcoco 2016. Plan de Desarrollo Municipal de Texcoco 2016 - 2018
- INEGI. 2010. Censos Generales de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000 y 2010. Resultados por localidad ITER.
- Lambin E.F., N. Baulies G. Bockstael T. Fisher R. Krug E.F. Lemmans R.R., Moran Y., Rindfuss D., Sato B.L., Skole T.II, Vogel C. 1999, Land use and land cover change implementation strategy, IGBP report, 48, IHDP, report 10, Estocolmo.
- Mas F.J., Velázquez A., Couturier S. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. Investigación Ambiental, v. 1, n. 1
- Nájera G., Bojorquez Serrano J.L., Vilchez F.F. 2000. Cobertura del terreno y uso del suelo de la reserva ecológica sierra de San Juan, Nayarit. En: Cuarta Reunión de Investigación y Desarrollo Tecnológico. 180-181. Tepic, Nayarit, México.
- PNUMA. 2012. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <http://www.pnuma.org/geo/geo5/GEO%20ESPANOL%202013%20WEB.pdf> (Consultado 6 octubre 2016)
- Rodríguez G., Bautista M. 2011. Cambio de uso del suelo y deforestación en el Estado de Jalisco. México. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4WbTVekXjWQJ:www.iieg.gov.mx/contenido/GeografiaMedioAmbiente/Cambiodeusodelsueloparaestuodiobiodiversidad.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx> (Consultada 4 enero 217).
- Salinero E.C. 1985. Aportaciones de la Teledetección espacial a la cartografía de ocupación del suelo. Anales de Geografía de la Universidad Complutense (Vol. 5, p. 29).
- SEMARNAT. 2010. Compendio de estadísticas ambientales 2010. [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet1bdcb.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet1bdcb.html) (Consultada 8 de Septiembre 2016).



# LAS CAJAS Y ALHAJEROS ARTESANALES DE OLINALÁ (*Bursera linaloe* (La Llave) Rzed); COMO URNAS CINERARIAS

## ARTISANAL BOXES AND JEWEL CASES FROM OLINALÁ (*Bursera linaloe* (La Llave) Rzed) USED AS CINERARY URNS

Nácar-Vázquez, J.M.<sup>1</sup>; Garza-Bueno, L.E.<sup>1\*</sup>; Zapata-Martelo, E.<sup>2</sup>; Solís-Sánchez, J.B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la especialidad de Economía. <sup>1</sup>Profesora Investigadora de Economía. Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, <sup>2</sup>Profesora Investigadora del Área de Género de la especialidad de Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, <sup>3</sup>Profesor de la División de Ciencias Económico Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco Km 38.5.

\*Autora responsable: garzabueno@yahoo.com

### RESUMEN

La situación económica actual ha propiciado que las artesanías vean reducido su mercado por el bajo valor utilitario que representan. Carmin Artesanos atiende este mercado, a través de la venta de diversos artículos de madera de Olinalá (*Bursera linaloe* (La Llave) Rzed), en Guerrero, México. En México la gente está optando por cremar a sus familiares fallecidos, por lo que las funerarias, crematorios y panteones tienen la necesidad de proveerse de más y mejores piezas destinadas a urnas cinerarias. Carmin Artesanos tiene la oportunidad de incursionar en este mercado en crecimiento, con un producto novedoso y de calidad. Por ello se evaluó la conveniencia de incursionar en este nuevo nicho de mercado. Los resultados obtenidos muestran la factibilidad económica y financiera del proyecto, puesto que la demanda por servicios crematorios está en aumento en el país y, por ende, la utilización de urnas cinerarias.

**Palabras clave:** urnas cinerarias, artesanías, Olinalá.

### ABSTRACT

The current economic situation has promoted for handcrafts to find their market reduced due to the low utilitarian value they represent. Carmin Artesanos tend to this market, through the sale of various articles of Olinalá wood (*Bursera linaloe* (La Llave) Rzed), in Guerrero, México. In México people are opting for cremating their deceased family members, so funerary homes, crematoriums and cemeteries have the need to provide more and better pieces destined to cinerary urns. Carmin Artesanos has the opportunity of entering this growing market, with a novel and quality product. Therefore, the convenience of entering this new market niche is evaluated. The results obtained show the economic and financial feasibility of the project, since the demand for crematory services is increasing in the country and, therefore, the use of cinerary urns.

**Keywords:** cinerary urns, handcrafts, Olinalá.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo. 2017. pp: 86-89.

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



## INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo el ámbito rural enfrenta problemas derivados de la crisis de liquidez económica y de cartera vencida, descapitalización del sector, escasa competitividad y poca rentabilidad, lo que ha inducido baja productividad y aumento de pobreza. Ante lo cual se propone como alternativa la organización de los productores con el propósito de integrar cadenas productivas que les permitan participar en los eslabones que la componen, ya sea integrada por los propios productores o a través de alianzas estratégicas con sus vendedores y compradores. Dentro de las actividades que se llevan a cabo en el medio rural, se encuentran las artesanías, la mayoría elaboradas por mujeres, que representan la subsistencia de muchas familias campesinas. Sin embargo, se requieren de recursos que les permitan tener acceso a las materias primas e insumos para su elaboración y posterior comercialización, debido a que enfrentan altos costos de producción, bajos precios y la dificultad para localizar los mercados en que puedan venderlas. La diferencia entre el trabajo industrial en serie y las artesanías es que éstas últimas son elaboradas manualmente por el artesano, una a una, quien utiliza la naturaleza para el diseño y la conformación de sus piezas. La artesanía vincula la cultura con la ecología, es decir la sociedad con la naturaleza. Algunos ven la artesanía como una pieza de arte y diseño, mientras que otros la consideran un oficio tradicional, pero donde la estética tiene un papel destacado. Para Ceci (2008) arte y artesanía son lo mismo cosa, ya que el autor pone de manifiesto su sentir, su creación, su apreciación, su cultura, su destreza y el aprovechamiento de los materiales disponibles y ambos se comercializan. Las artesanías se aprecian solo como pieza de ornato sin considerar su utilidad, por lo que tienen un mercado restringido; por ejemplo, las cajas y alhajeros de Olinalá (*Bursera linaloe* (La Llave) Rzed) además de ser artículos de decoración o un recuerdo de algún sitio visitado pueden tener una utilidad diferente, tal como urna cineraria, para ampliar su mercado de consumo. Para Gittinger (1982) la elaboración de un proyecto considera todas las actividades que realizará la empresa en la utilización de recursos que le permita obtener beneficios. Es por ello que se decidió llevar a cabo la evaluación de un proyecto de inversión con la finalidad de detectar su viabilidad y, así, aprovechar las aptitudes y habilidades del Grupo Carmín Artesanos en la producción de cajas de madera de Olinalá, lugar localizado en la zona montañosa del estado de Guerrero, México. Su fama internacional se debe a que sus objetos en madera y artesanías han conservado la técnica de laqueado utilizada ancestralmente. La principal característica de sus piezas, además del brillante colorido, es el inconfundible y perenne aroma de la madera que perfuma los objetos guardados en las cajitas y arcones, por lo que para proteger la autenticidad de sus piezas cuentan con Denominación de Origen. Para llevar a cabo la elaboración de las diversas piezas artesanales se requiere madera, aceite de chía, pinturas naturales, tierra, algodón, espina, pegamento, clavos, tapas, bisagras, chapas, soportes y remaches (broches). La Madera de lináloe es también producida y enviada de Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca, en trozos delgados.

Las tonalidades en la decoración de los objetos de Olinalá es, en su mayoría, producto de la propia naturaleza de la zona. La técnica utilizada en la elabo-

ración de las artesanías ha pasado entre los miembros de las familias a lo largo de los años. En ese proceso juegan un papel importante las mujeres, pues son ellas las encargadas de dar el color a la tierra que se va a utilizar, así como de su aplicación y pulido. Los elementos naturales utilizados, dan como resultado los trabajos presentados en sus artículos. Se le conoce como técnica de rayado o recortado y consiste en aplicar sobre las piezas una pequeña capa de maque preparado a base de chamate (aceite de chía), la mezcla de dos tierras (tlapezole) y pigmentos. Una vez aplicado el chamate sigue el tlopezole al que agregan el color y se pule, ya seca la pintura se aplica otra capa de color. Posteriormente, se dibujan con la punta de una espina o aguja de acero, insertada en una pluma de guajolote (*Gallopavo* sp), los motivos animales, flores o plantas; hecho esto se empieza a levantar la capa de maque que no tiene diseño, con la punta dura de una pluma de gallina y aparece el color que estaba cubierto. Siguiendo el mismo procedimiento se pueden agregar más colores. Cabe mencionar que la madera tarda 20 días para que seque. El proceso total para elaborar seis piezas tiene una duración de un mes, realizado por un artesano y su equipo que consta de siete ayudantes. Para impulsar un proyecto productivo artesanal es importante tener en cuenta los aspectos sociales y culturales en la producción, donde la capacitación y la asesoría juegan un papel relevante para el logro del éxito (Figura 1).

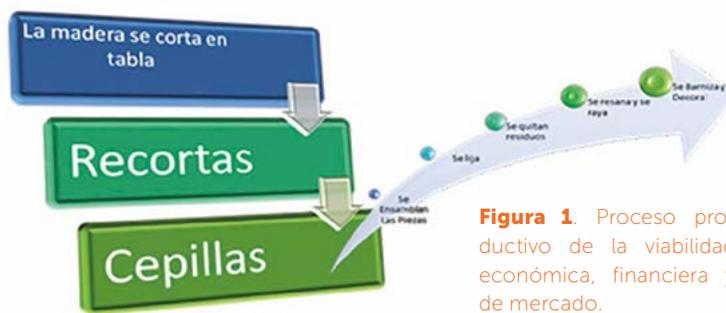
### Carmín Artesanos y el mercado de las urnas cinerarias

La empresa Carmín Artesanos fue creada en 2007 con la participación de ocho socios, y actualmente la

venta de sus artesanías se ha dirigido a las piezas más pequeñas y más económicas. Las de mayor precio, entre \$700.00 MX y \$900.00 MX, son ofrecidas en ferias, exposiciones, y en el mercado local con precios más bajos (\$500.00 MX). Por

lo que Carmín Artesanos decidió buscar otras opciones, destacando las urnas cinerarias por su creciente demanda, ya que competiría con un producto artesanal, novedoso y de calidad. En México la preferencia por la cremación de los deudos ha ido en aumento, ya sea por los altos costos que se cobran por las inhumaciones, o bien por los escasos espacios para llevarlas a cabo, además de que éstas ya no son a perpetuidad, pues al término de cierto tiempo, regularmente 50 años, los restos son exhumados y los espacios utilizados para otras personas. Así, las funerarias, crematorios y panteones tienen la necesidad de proveerse de más y mejores piezas destinadas a la conservación de las cenizas de sus seres queridos. Las Cajitas de Olinalá tienen dimensiones y apariencia similar a las urnas cinerarias, con lo cual se tiene una oportunidad para introducir las en el mercado funerario, reactivando la producción y venta de ellas.

En la búsqueda de opciones para mejorar su nivel de vida, los participantes de Carmín Artesanos han pensado en darle un giro a su producción mediante la diversificación y utilización de sus productos y una buena oportunidad está representada en las cajas elaboradas con madera de lináloe para guardar las cenizas de las personas queridas. Por ello el interés de formular un proyecto de inversión que mostrara



**Figura 1.** Proceso productivo de la viabilidad económica, financiera y de mercado.

Guerrero, Oaxaca, Morelos, Estado de México y Ciudad de México para investigar los precios (\$1,500.00 MX y \$4,500.00 MX) en urnas de madera, pero dependiendo del material podían llegar a \$10,000.00 MX y en piezas de diseñador hasta los \$50,000.00 MX. Asimismo, se entregaron algunas piezas en funerarias y crematorios del Estado de México y la Ciudad de México, para detectar su aceptación, a un precio de \$1,000.00 MX cada una obteniéndose una respuesta muy favorable. Existen urnas de varios tipos: la normal que tiene una capacidad de 200 y 230 pulgadas cúbicas; los "relicarios" pueden contener una parte de las cenizas; las "urnas mini" utilizadas para guardar sólo una parte simbólica

de las cenizas; y, la "joyería" que es un pequeño y disimulado recipiente para guardar las cenizas. Lo cual ha sido asimilado por Carmín Artesanos, adornados con el trabajo tradicional de Olinalá y algunos con motivos religiosos a urna cineraria (Figura 4).

La cremación es un asunto simplemente de preferencia y elección debido a aspectos étnicos, tradición familiar, costos económicos o ambientales. De acuerdo a la Secretaría de Salud e INEGI (AMAI, 2013), en México fallecen de 3 a 5 millones de personas cada año. A pesar de que Carmín Artesanos ya lleva varios años en el mercado artesanal, el mercado funerario para ellos es relativamente nuevo. Respecto a la evaluación económica y financiera, los indicadores son útiles para que los socios puedan tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización del proyecto y evaluar su rentabilidad. Por lo que a continuación se presentan los siguientes datos para la determinación del precio unitario:

la viabilidad de mercado, económica y financiera para la microempresa y tomar la decisión de dar un giro. Se llevó a cabo una investigación en diversas funerarias y centros de cremación en



**Figura 2.** Urna cineraria de olinalá (*Bursera linaloe* (La Llave) Rzed) con motivos tradicionales.



**Figura 3.** Urna cineraria de olinalá (*Bursera linaloe* (La Llave) Rzed) con cirio.

Cuadro 1. Costos y gastos fijos.	
Conceptos de costo y gasto	Costo (\$ MX)
Depreciación planta	110,300
Depreciación herramientas	15,200
Nómina administrativa anual	36,000
Total costos y gastos fijos anuales	161,500
Costos y gastos variables por unidad producida	
Mano de obra	155
Materiales directos	185
Costos indirectos de fabricación	110
Comisión de ventas	50
Total costos y gastos variables por unidad producida	500
Precio de venta	1,000



Figura 4. Urna cineraria con motivos religiosos

Si el precio de venta por unidad producida es de \$1,000.00 MX y el costo variable unitario es de \$500.00 MX, quiere decir que cada unidad que se venda, contribuirá con \$500.00 MX para cubrir los costos fijos y las utilidades operacionales del taller. Respecto al punto de equilibrio de Carmín Artesanos, con un valor de venta por urna de \$1,000.00 MX, se obtuvo que a partir de 323 unidades en el año se comienzan a generar utilidades. Se eligió hacer la evaluación con una tasa de interés aproximada de 12% que cobra la FND y 4% que es lo máximo que paga una institución financiera, en una proyección a 20 años, por lo que considerando en un primer escenario el uso de recursos propios y en el segundo utilizando financiamiento, mostró un valor actual neto (VAN) de \$862,012.00 MX en el primero año, mientras que para el segundo año, un VAN de \$772,362.00 MX; y tasa interna de retorno (TIR) sin financiamiento de 16% y con financiamiento de 18.6%. La resultante de costo beneficio (B/C), fue de 1.19 antes financiamiento y 1.1 después de éste, durante la vida útil de proyecto, con tasa de actualización de 4%. De acuerdo a los cálculos realizados la mejor opción fue operar

con recursos propios antes del financiamiento, o bien, buscar fuentes de recursos que ofrezcan tasas de interés más competitivas.

### CONCLUSIONES

De acuerdo a las tendencias alcistas de la gente por cremar a sus familiares y seres queridos en lugar de inhumarlos, se puede decir que habrá fuerte demanda de urnas funerarias elaboradas por Grupo Carmín. Las urnas cinerarias diseñadas por dicho grupo servirán para abastecer a funerarias, crematorios y panteones, ya que en la actualidad existe la necesidad de proveerse de más y mejores piezas que exige la población. El precio de venta establecido de \$1,000.00 MX por cada urna es competitivo respecto a otros fabricantes, por lo que con una mejor estrategia de venta es probable que se alcancen las proyecciones realizadas. Tomar esta oportunidad de negocio, permitirá proyectar una mejor condición de vida para los artesanos involucrados y sus familias.

### LITERATURA CITADA

- Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercados. 2013 Niveles Socioeconómicos. [www.amai.org/](http://www.amai.org/).
- Ceci P.E. 2008. Arte y Artesanía, el fin de una división. <http://www.ilam.org/ILAMDOC/ArteyArtesania.pdf>
- Gittinger J. Price. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. Instituto de Desarrollo Económico y Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento del Banco Mundial. Ed. Tecnos. Madrid. 2ª. ed. 547 p.
- INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Censo de Población y vivienda 2010. <http://www.inegi.org.mx/default.aspx?>, consultado en nov-dic 2011.

# HUMEDALES CONSTRUIDOS EN MÉXICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, PRODUCCION DE PLANTAS ORNAMENTALES Y REUSO DEL AGUA

## WETLANDS BUILT IN MÉXICO FOR THE TREATMENT OF RESIDUAL WATERS, PRODUCTION OF ORNAMENTAL PLANTS AND WATER REUSE

Marín-Muñiz J. L.

Academia en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto N. 26. Xalapa, Veracruz. CP 91000.

\*Autor de correspondencia: soydrew@hotmail.com

### RESUMEN

El tratamiento de aguas residuales es una necesidad global, y para su atención, los humedales artificiales o construidos (HC) son una opción ecológica y económicamente viable. En la actualidad, recientes estudios han enfocado el uso de humedales no sólo como sistemas de tratamiento, sino también para reutilización del agua tratada y resolver otras problemáticas para mitigar escasez del líquido. De igual manera, la producción de plantas ornamentales en los humedales, utilizando vegetación no común en humedales naturales es otro objetivo en el uso de los HC. Describir a los HC, sus principales usos, y revisar los casos de estudio existentes en México, es el principal objetivo de este trabajo. Aunque en el país existen HC que demuestran eficiencia de remoción de contaminantes, y por lo tanto la reutilización del agua, y se producen plantas de ornato, se requiere mayor utilización de la eco-tecnología para resolver los problemas de contaminación de agua, esto aunado con el diseño de manuales, talleres y capacitaciones para la construcción y operación eficiente de sistemas de HC.

**Palabras clave:** humedales, agua, vegetación ornamental, remoción.

### ABSTRACT

The treatment of residual waters is a global need, and to address this, artificial or built wetlands (BW) are an ecological and economically viable option. Currently, recent studies have focused on the use of wetlands not only as treatment systems, but also for the reuse of treated water and to solve other problems in mitigating water scarcity. Likewise, the production of ornamental plants in the wetlands, using uncommon vegetation in natural wetlands is another objective of the use of BW. Describing the BW, their main uses, and reviewing the study cases present in México, is the main objective of this study. Although in the country there are BW that show efficiency in the removal of contaminants, and therefore the reuse of water, and where ornamental plants are produced, a higher use of eco-technology is required to solve the problems of water pollution; this, in addition to the design of manuals, workshops and training for the efficient construction and operation of BW systems.

**Keywords:** wetlands, water, ornamental vegetation, removal.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 5, mayo. 2017. pp: 90-95.

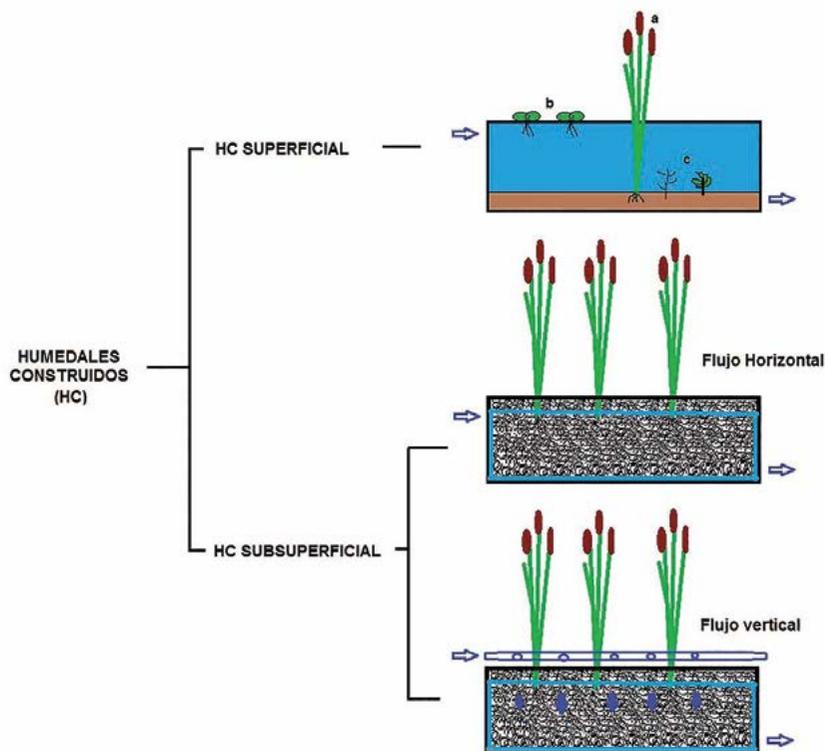
**Recibido:** julio, 2016. **Aceptado:** marzo, 2017.

## INTRODUCCION

Contar con agua de calidad es una preocupación actual debido a su contaminación por el crecimiento poblacional, uso desmedido del recurso, y falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales que además de que no son tratadas para su reutilización, son vertidas generalmente a cielo abierto, infiltrándose en el subsuelo o descargadas a otros cuerpos de agua como ríos, lagos, lagunas o arroyos. De acuerdo a Conagua (2014), a nivel nacional existen 4904 plantas de tratamiento, de las cuales, 2287 están instaladas en áreas urbanas y 2617 tratan aguas residuales industriales. Este número de sistemas de tratamiento solo tratan el 50% de las aguas residuales urbanas y 29% de las industriales. Para el caso de comunidades rurales (menor a 2500 habitantes), la instalación de sistemas de tratamiento es menos común, en estas áreas las atenciones prioritarias son aún la distribución de agua y/o la implementación de alcantarillado. Por lo anterior, es habitual que en comunidades rurales las descargas de agua residual sean un foco de posibles infecciones, y más aún cuando son vertidas a los cuerpos de agua, donde éstos son utilizados como sitios recreativos o donde el cuerpo de agua es la fuente principal del recurso para las actividades diarias. Con respecto a Zurita *et al.* (2011), en México existen 47233 comunidades rurales que tienen entre 100 y 2499 habitantes, lo cual indica que este alto número de población no cuenta con tratamiento para sus aguas residuales. La falta de implementación de sistemas de tratamiento para mejorar la calidad del agua alude a los altos costos que se requieren para la instalación, manejo y operación de plantas tratadoras de agua, sumado a los elevados consumos de energía que estas requieren. Dado lo anterior, resulta pertinente utilizar alternativas ecológicas y económicas para la reutilización del agua. En este sentido, una opción viable es el uso de la tecnología de los humedales artificiales o construidos, dichas tecnologías son diseñados ingenieril y ecológicamente con el propósito de imitar la función de los humedales naturales de mejorar la calidad del agua. La ventaja de usar dicha tecnología radica en el bajo costo de construcción, fácil operación y mínimo mantenimiento para su buen funcionamiento.

## ¿Qué son los humedales construidos o artificiales?

Los humedales construidos consisten en celdas o canales impermeables con presencia de un sustrato que sirva como medio de anclaje de la vegetación y a la vez como filtro para el agua a tratar. De acuerdo con el tipo de flujo de agua en los sistemas de humedales construidos, éstos se clasifican en humedales de flujo superficial y de flujo subsuperficial (Mitsch y Gosselink, 2007) (Figura 1); en los primeros, el agua fluye sobre el sustrato (generalmente suelo). La columna de agua está en contacto directo con la atmósfera. Este sistema se asemeja más a los humedales naturales. La vegetación en este tipo de humedal puede ser de tipo emergente (enraizada al suelo y sale de la columna de agua), flotante (sus hojas y flores flotan sobre la columna de agua y las raíces toman los nutrientes del agua sin enraizarse en el sustrato) o sumergidas (son enraizadas al sustrato, pero tallo y hojas se permanecen dentro del agua sin llegar a salir sobre la columna de agua), mientras que en los humedales de flujo subsuperficial, el agua fluye por debajo del sustrato, lo cual favorece menos olores y crecimiento de insectos. El sustrato en este tipo de sistemas es un medio poroso, generalmente grava o piedra porosa, tezontle, arena, o zeolita. El tipo de vegetación en estos sistemas solo puede ser emergente. De acuerdo a la dirección del flujo de agua, los humedales de flujo subsuperficial, pueden ser de flujo horizontal donde el agua fluye de un



**Figura 1.** Tipos de humedales construidos. Humedal superficial (a: plantas emergentes, b: plantas flotantes, c: plantas sumergidas).

extremo del humedal al otro, paralelo al sustrato (Mitsch y Gosselink, 2007; Hernández, 2016), y los humedales de flujo vertical, donde el agua fluye de arriba hacia abajo, perpendicular al sustrato, mediante tubería con perforaciones. Con el objetivo de aprovechar las ventajas de cada tipo de humedal y con ello obtener el mayor rendimiento posible y mejor remoción de materia orgánica, se pueden utilizar en conjunto tanto los HC de flujo superficial y subsuperficial, o el uso combinado de HC de flujo subsuperficial horizontal y vertical. En los humedales superficiales y de flujo vertical, el lecho permanece insaturado de agua por lo que se dan procesos aerobios por el contacto aire-agua, mientras que en los humedales de flujo horizontal el lecho está saturado completamente, lo cual favorece procesos de desnitrificación, fermentación y procesos anaerobios, ya que el contacto entre el aire y el agua está impedido por la misma saturación del lecho o sustrato. Los HC pueden utilizarse como sistemas de tratamiento primario, secundario o terciario, la selección dependerá de la calidad del agua a tratar y del uso que se le dará al agua tratada. Cuando se requiere limpiar a mínimas o nulas concentraciones de contaminantes, los HC suelen utilizarse como sistemas terciarios. Los sistemas primarios y secundarios incluyen filtros de sólidos, desarenadores, trampas de aceites y grasas.

De acuerdo al inventario nacional de plantas de tratamiento, de las 2287 existentes en áreas urbanas, los principales procesos y sistemas utilizados son las lagunas de estabilización (31.6%), y lodos activados (30.6%). Otros sistemas de tratamiento corresponden a menos de 7%, entre ellos el uso de humedales construidos (Conagua, 2014). Es común no observar amplio uso de humedales construidos en zonas urbanas, dado que para su construcción se requieren grandes áreas. Algunos autores como Rivas *et al.* (2011) describen que el área para implementar un humedal debe ser de 3.4 m<sup>2</sup> por cada persona equivalente. Si se considera una zona urbana donde la población es 5000 habitantes, el área para el humedal debería ser al menos de 17 000 m<sup>2</sup>, cuya desventaja sería contar con un área tan amplia. Por lo anterior, es que el uso de humedales construidos está pensado para comunidades rurales, donde la población es menor, y hay mayor posibilidad de contar con superficies para su implementación. Si se cuenta con un área adecuada para construir un humedal para limpiar el agua residual de una población urbana, la construcción sería más económica que una planta de tratamiento convencional, además de más fácil de operar.

## Casos de humedales construidos en zonas rurales de México

No existe inventario del uso de humedales construidos en México, y de los casos existentes en la literatura, se ha demostrado la eficiencia de los HC en remover contaminantes utilizando vegetación común de humedales naturales. La vegetación es uno de los principales componentes del humedal, la cual también funciona como filtro de los contaminantes, ya que parte de los compuestos en el agua (nitrógeno, fósforo, etcétera) son utilizados por la vegetación para su crecimiento, mientras que otros compuestos orgánicos son solo adsorbidos a la vegetación. En este sentido, el tipo de vegetación en los humedales es sin duda un factor que ha sido sometido a investigación desde el uso de dichos sistemas. De acuerdo a Vymazal (2011) la principal vegetación utilizada en la región tropical y subtropical en humedales construidos son especies características de humedales naturales como *Phragmites australis* (Common reed), especies del género *Typha* (*latifolia*, *angustifolia*, *domingensis*, *orientalis* and *glauca*), *Scirpus* (*lacustris*, *validus*, *californicus* and *acutus*) spp., y especies de *C. papyrus*. Varios estudios en HC con *Typha* sp., se han hecho en México para tratar aguas residuales domésticas (Romero-Aguilar *et al.*, 2009; Rivas *et al.*, 2011; Marin-Muñiz, 2016) o aguas contaminadas de río (Hernández y Ruiz-Enzástiga, 2010; Navarro *et al.*, 2011). Con el objetivo de hacer a los humedales construidos sistemas más estéticos y además de implementarlos como sistemas de tratamiento de aguas residuales, se han realizado estudios de eficiencia de remoción en humedales usando plantas ornamentales (Cuadro 1), que generalmente son cultivadas en áreas terrestres o en macetas como adornos, sin embargo, su adaptación a humedales ha demostrado ser una opción que favorece el tratamiento de aguas residuales, con eficiencias de remoción de nitrógeno y fósforo superiores a 50% y demanda química de oxígeno y coliformes cercanas a 100% de remoción (Cuadro 1). Por lo que considerar la producción masiva de plantas ornamentales en humedales construidos es una característica que sirve como propuesta para los que se encargan de cuidar y operar sistemas de humedales construidos. Es decir, realizar proyectos de venta de plantas ornamentales producidas en humedales. Por lo tanto, los beneficios que se obtienen del uso de humedales construidos incluyen tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales, ingresos económicos por la venta de flores y reutilización del agua tratada. Flores de alcatraces (*Zantedeschia aethiopica*), caña de indias o platanillo (*Canna hybrid*), y

**Cuadro 1.** Uso de humedales artificiales con plantas ornamentales

Humedal	Vegetación utilizada	Población donde se utiliza	Área de humedal (m <sup>2</sup> )	Eficiencia de remoción	Referencia
SS-FH	<i>Typha</i> sp., <i>Zantedeschia aethiopica</i> , etc	Pinoltepec, Emiliano Zapata, Veracruz.	*60	NT: 47% PT: 33% DQO: 67%	Hernández (2016)
SS-FH	<i>Canna hybrid</i> , <i>Alpinia purpurata</i> y <i>Hedychium coronarium</i>	Pastorías, Actopan, Veracruz	**3.6	F: 35-45% Cl: 28-34 %	Marín-Muñiz, En prensa.
SS-FH	<i>Canna hybrids</i> y <i>Strelitzia reginae</i>	México	*65	DQO: 86% NT: 30-33 % PT: 24-44%	Merino-Solís et al. (2015)
SS-FV	<i>Zantedeschia aethiopica</i> (6 meses) después <i>Canna indica</i> (3 meses)	Ocotlán, Jalisco	**0.48	NT: 22.4% PT: 5% DQO: 65%	Zurita y White (2014)
SS-FH	<i>Zantedeschia aethiopica</i> y <i>Heliconia Golden Torch</i>	Xalapa, Veracruz	**0.38	DQO: 70% P-PO <sub>4</sub> : 76% NO <sub>3</sub> : 76%	Galindo (2012)
SS-FV	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Instalaciones de Centro de Invest. Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC) de UAM Xochimilco, México.	*55	DQO: 92 % N-NH <sub>4</sub> : 85% P-PO <sub>4</sub> : 80%	Ramírez-Carrillo et al. (2009)
SS-FH	<i>Pontederia sagittata</i>	Xalapa, Veracruz	**0.90	DQO: 81% NT: 58%	Olguín et al. (2008)
SS-FH	<i>Strelitzia reginae</i> , <i>Zantedeschia aethiopica</i> , <i>Canna hybrids</i> , <i>Anthurium andreaeanum</i> , <i>Hemerocallis</i> , <i>Dumortieri</i>	Ocotlán, Jalisco	**0.06	DQO: >75% P: 66% Coliformes:>99%	Zurita et al. (2006)
SS-FV	<i>Heliconia psittacorum</i>	Tapachula, Chiapas	*300	DQO: 91% Coliformes: 93 %	Orozco et al. (2006)

\*sistemas de tratamiento comunitario. \*\*Sistemas de tratamiento experimentales. NT: nitrógeno total, PT: Fósforo total, P: Fósforo, DQO: Demanda química de oxígeno, F: fluoruro, Cl: cloruro, N-NH<sub>4</sub>: nitrógeno en forma de amonio, N-NO<sub>3</sub>: nitrógeno en forma de nitratos, y P-PO<sub>4</sub>: fósforo en forma de fosfatos.

especies de Heliconias (Montealegre, 2010; Carrera, 2016), han sido recientemente evaluadas y probadas en sistemas de humedales construidos.

### Usos del agua tratada en humedales construidos

La reutilización del agua es sin duda una situación necesaria debido a su escasez, sin embargo, utilizar el agua después de haber tenido otros usos, generalmente no es común por la carga de contaminantes. Cuando el agua es tratada mediante los humedales, ésta elimina gran parte de los contaminantes y favorece su reutilización. El reúso del agua depende en gran medida de su calidad (Cuadro 2). En el área acuícola el agua tratada es utilizada para el cultivo de peces, siempre y cuando el líquido tenga calidad idónea para tal fin. Para dicho caso generalmente el HC suele ser un tratamiento terciario, es decir, antes de llegar el agua a tratar por el HC, ya pasó por otros tratamientos, tales como filtros de sólidos, desarenadores o trampa de grasas. La reutilización del agua para irrigación en áreas agrícolas y áreas verdes, así como para usos urbanos no potables y porcícolas que se describen en el Cuadro 2, generalmente no requiere forzosamente que el sistema de HC sea un tratamiento secundario o terciario, sino utilizar al humedal como único tratamiento es suficiente. Utilizar los HC como sistemas de tratamiento de aguas residuales es una situación que atenúa la escasez de agua, disminuye su

consumo de agua de calidad para fines diferentes al potable, y con ello coadyuva a permitir la recarga natural de los acuíferos. De igual manera, la reutilización del agua favorece el ahorro económico, tanto a nivel industrial como del hogar, dado que el agua que se contamina se reutiliza cíclicamente.

Una situación por la que en muchas ocasiones la implementación de este tipo de tecnologías no prosperan, a pesar de que se observa funcionamiento de descontaminación, es por falta de adopción del sistema; es decir, muchas veces los proyectos que incluyen la aplicación de humedales, se desarrollan mientras existe el proyecto, y pocas

veces surge el interés comunitario por continuar haciendo uso de los sistemas para el tratamiento de agua, a pesar de que hay un beneficio colectivo. La falta de manuales de diseño y operación de HC y el conocimiento general de los mismos (Zurita *et al.*, 2011; García-García *et al.*, 2016), son situaciones reportadas que han limitado el uso de dichos sistemas para tratar el agua residual, producir vegetación ornamental y hacer otros usos del agua tratada. La implementación de humedales resulta una necesidad como acción local ligada a soluciones alternativas a problemas ambientales a nivel internacional para lograr la sustentabilidad (Lascurain, 2016).

## CONCLUSIONES

**LOS** humedales construidos o artificiales son una alternativa ecológica y económicamente viable para mejorar la calidad del agua. Al limpiar el agua mediante dicha eco tecnología se favorece la reutilización del agua para diferentes usos industriales y domiciliarios, entre otros, y propicia la producción de plantas ornamentales como alternativa económica para los operadores del humedal, lo cual a su vez, favorece la adopción de los humedales en la población. Los alcatrazes y heliconias son plantas de ornato comúnmente utilizado en los humedales construidos en México. Resulta pertinente promover este tipo de sistemas para escalar y replicar su uso.

## LITERATURA CITADA

Carrera R. 2016. Evaluación de la adaptación y viabilidad de comercialización de plantas ornamentales en humedales construidos en sitios con diferentes condiciones climáticas. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Xalapa, Veracruz.

CONAGUA. 2014. Comisión Nacional del Agua. Num3ragua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. P. 100.

Galindo M. 2012. Emisión de gases invernadero, remoción de contaminantes y crecimiento de plantas ornamentales en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales. Tesis de Licenciatura en Biología del Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. México

García-García P., Ruelas-Monjardín L., Marín-Muñiz, J. L. 2016. Constructed wetlands: a solution to water quality issues in Mexico? *Water Policy* 18, (3): 654-669.

**Cuadro 2.** Usos del agua tratada en humedales construidos.

Área de uso de agua tratada	Ejemplos de uso
Acuícola	Agua tratada apta para cultivo de peces
Agrícola	Irrigación de cultivos que no sean tubérculos, principalmente árboles de cítricos, riego en viveros y de áreas de producción floral.
Áreas verdes	Riego en parques, iglesias, jardines escolares, campos de golf, cementerios, domiciliar.
Hogar	Uso en el trapeado, sanitario, lavado de banquetas y autos.
Industrial	Uso para enfriamiento de equipo, uso del agua para construcción, mezclado con otras descargas orgánicas industriales para favorecer tratamiento.
Porcícola	Agua para lavado de áreas de crecimiento de cerdos
Recarga de acuíferos	Recarga subterránea, control de cuñas salinas.
Recreacional y ambiental	Uso en lagos y lagunas, mejora de pantanos, y reservas naturales.
Usos urbanos no potables	Uso para apagar incendios, climatización, agua para uso sanitario, lavado de banquetas, y canchas deportivas.

Hernández M.E. 2016. Humedales ornamentales con participación comunitaria para el saneamiento de aguas municipales en México. *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable* 1(2): 1-12.

Hernández M.E., Ruiz-Enzástiga P. 2010. Riparian constructed wetlands for improving wáter quality in a polluted river in southeastern Mexico. XVII World congress of the international commission of Agricultural and Biosystems Engineering. Québec City, Canada.

Lascurain M. 2016. Una estrategia para el desarrollo sustentable en tiempos de globalización económica. *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable* 1 (1): 35-48.

Marín-Muñiz J. Luis. 2016. Remoción de contaminantes de aguas residuales por medio de humedales artificiales establecidos en el municipio de Actopan, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 15(2): 553-563.

Marín-Muñiz J.L., María E. Hernández., Amaya S.I. S/F. Removal of fluoride and chloride by horizontal-flow constructed wetland mesocosms with polyculture and monoculture ornamental plants. In press.

Méndez-Mendoza A.S., Bello-Mendoza R., Herrera-López D., Mejía-González G., Calixto-Romoa A. 2015. Performance of constructed wetlands with ornamental plants in the treatment of domestic wastewater under the tropical climate of South Mexico. *Water Practice & Technology* 10 (1): 1-10.

Merino-Solís M.L., Villegas E., De Anda J., López-López A. 2015. The Effect of the Hydraulic Retention Time on the Performance of an Ecological Wastewater Treatment System: An Anaerobic Filter with a Constructed Wetland. *Water* 7: 1149-1163.

Mitsch W.J., Gosselink J.G. 2007. *Wetlands*, fourth ed. John Wiley & Sons, Nueva York.

Montealegre B. 2010. Evaluación de dos géneros de plantas del orden Zingiberales en humedales construidos para mejorar la calidad del agua del río Sordo y su efecto en la emisión de gases invernadero. Tesis de la Universidad Veracruzana- Xalapa, Veracruz México.

- Navarro A., Hernández M.E., Bayona J., Morales L. Ruiz P. 2011. Removal of selected organic pollutants and coliforms in pilot constructed wetlands in southeastern Mexico. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 97: 7-8.
- Olguín E., Sánchez-Galván G., González-Portela R., López-Vela M. 2008. Constructed wetland mesocosms for the treatment of diluted sugarcane molasses stillage from ethanol production using *Pontederia sagittata*. *Water Research*. 42: 3659-3666.
- Orozco C.E., Cruz A.M., Rodríguez M.A., Pohlen A.F. 2006. Humedal subsuperficial de flujo vertical como sistema de depuración terciaria. *Higiene Sanidad y Ambiente*. 6: 190-196.
- Ramírez-Carrillo H.F., Luna-Pabello V.M., Arredondo-Figueroa J.L. 2009. Evaluación de un humedal artificial de flujo vertical intermitente, para obtener agua de buena calidad para la acuicultura. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 8 (1): 93-99.
- Rivas A., Barceló-Quintal I., Moeller G.E. 2011. Pollutant removal in a multi-stage municipal wastewater treatment system comprised of constructed wetlands and a maturation pond, in a temperate climate. *Water, Science and Technology* 64 (4): 980-987.
- Vymazal J. 2011. Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review. *Hydrobiologia* 674: 133-156.
- Zurita F., Anda J., Belmont M.A. 2006. Performance of Laboratory-Scale Wetlands Planted with Tropical Ornamental Plants to Treat Domestic Wastewater. *Water Quality* 41(4): 410-417.
- Zurita F., Castellanos-Hernández O.A., Rodríguez-Sahagún A. 2011. El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(1): 139-150.
- Zurita F., White J. 2014. Comparative Study of Three Two-Stage Hybrid Ecological Wastewater Treatment Systems for Producing High Nutrient, Reclaimed Water for Irrigation Reuse in Developing Countries. *Water*. 6: 213-228.

