

Biotecnología en Ciencias Agropecuarias



Compiladores

Roberto Antonio Cantú Garza

Martha Alicia Perera Garcia

Irma Gallegos Morales

Alfonso J. Chay Canul

Juan De Dios Mendoza Palacios

Nadia Florencia Ojeda Robertos



Biotecnología en Ciencias Agropecuarias

C O L E C C I Ó N

ÁNGEL RAMOS SÁNCHEZ

Textos de enseñanza en Ciencias Agropecuarias

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez Rector
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

M.C. Raúl Guzmán López
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M.A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Elena Ocaña Rodríguez
Secretaria de Finanzas

Ph.D. Roberto Antonio Cantú Garza
Director de la División Académica de Ciencias Agropecuarias

Biotecnología en Ciencias Agropecuarias

Compiladores

Martha Alicia Perera Garcia
Irma Gallegos Morales
Alfonso J. Chay Canul
Juan De Dios Mendoza Palacios
Nadia Florecia Ojeda Robertos
Roberto Antonio Cantú Garza



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

Biotecnología en Ciencias Agropecuarias/Compiladores Martha Alicia Perera Garcia, Irma Gallegos Morales, Alfonso J. Chay Canul, Juan De Dios Mendoza Palacios, Nadia Florencia Ojeda Robertos, Roberto Antonio Cantú Garza. – Primera edición. – Villahermosa, Centro, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2019.

185 páginas (Colección: Ángel Ramos Sánchez. Textos de enseñanza en Ciencias Agropecuarias).

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN: 978-607-606-487-0

1. Agronomía \ 2. Alimentos \ 3. Acuicultura \ 4. Veterinaria. I. Martha Alicia Perera García Editor \ Alfonso Chay Canul Editor \

Clave bibliotecaria

Primera edición, 2019

D. R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura
Col. Magisterial, C. P. 86040
Villahermosa, Centro, Tabasco.
www.ujat.mx

ISBN: 978-607-606-487-0

El contenido de la presente obra es responsabilidad exclusiva de los autores. Queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Se autoriza su reproducción parcial siempre y cuando se cite a la fuente.

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico Interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas, así como por el Consejo Divisional Editorial de la División Académica de Educación y Artes de la UJAT. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentadas los datos que contiene no implican, de parte de la UJAT, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la UJAT los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la UJAT fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derecho o tarifas.

Apoyo editorial: Calíope Bastar Dorantes
José Manuel Vázquez Broca

Revisión de la edición: Martha Alicia Perera García, Irma Gallegos Morales
Responsable de la edición: Alfonso J. Chay Canul, Martha Alicia Perera García

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

ÍNDICE

CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DE MATERIALES ORGÁNICOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUSTRATOS AGRÍCOLAS EN YUCATÁN.....	8
BATIMETRÍA DEL VASO TOMÁS GARRIDO CANABAL DE LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES.....	16
USOS DEL NANCHE (<i>Byrsonima crassifolia</i> L.) HBK Y ALTERNATIVAS DE TRANSFORMACIÓN DEL FRUTO.....	30
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE <i>Mentha pulegium</i> , PLANTA DE USO ALIMENTARIO EN TABASCO.....	37
CONTENIDO DE AZARIDACTINA EN EL ACEITE EXTRAÍDO DEL GERMEN DE LAS SEMILLAS Y DE LAS HOJAS DEL ÁRBOL DE NEEM (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss).....	54
DETERMINACIÓN DE COBRE, CROMO Y PLOMO EN EL OSTIÓN <i>Crassostrea virginica</i> EN TRES BANCOS OSTRÍCOLAS DE LA LAGUNA MACHONA EN TABASCO, MÉXICO.....	70
CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DEL GASTERÓPODO <i>Pomacea diffusa</i> (BLUME, 1957) CON TRES DIETAS DISTINTAS.....	84
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN UN SISTEMA DE CULTIVO DE TILAPIA <i>Oreochromis niloticus</i> EN JAULAS EN EL RÍO USUMACINTA.....	100
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA MOJARRA PALETA <i>Paraneetroplus synspilus</i> (Hubbs, 1935), EMPLEANDO CUATRO DIFERENTES TASAS DE ALIMENTACIÓN.....	113
PREFERENCIA DE CONSUMO DE TRES ESPECIES VEGETALES EN CONEJOS DE ENGORDA.....	123

EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS DE PLANTAS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA EN SEMEN BOVINO Y OVINO CRIOPRESERVADO	131
PRODUCTIVIDAD AL DESTETE DE OVEJAS PELIBUEY TROPICAL: EFECTO DE AÑO Y ÉPOCA DE NACIMIENTO.....	143
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL ESTADO DE CHIAPAS.....	150
RESISTENCIA ANTIHELMÍNTICA EN NEMATODOS DE UN RANCHO CAPRINO DE TABASCO.....	162
IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE FILARIAS EN ECTOPARÁSITOS QUE INFESTAN A PERROS DOMÉSTICOS DE TABASCO	172

CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DE MATERIALES ORGÁNICOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO SUSTRATOS AGRÍCOLAS EN YUCATÁN

Salomé Gayosso-Rodríguez¹
Maximiano Antonio Estrada-Botello¹
Eduardo Villanueva-Couoh²
René Garruña-Hernández²

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

² Instituto Tecnológico de Conkal, Conkal, Yucatán, México.

*autor de correspondencia: salome.gayosso@Ujat.mx

I. Resumen

El alto costo y el impacto ambiental de algunos sustratos agrícolas, generan la necesidad de proponer nuevos materiales de acuerdo a sus propiedades físicas. Por ello, el objetivo fue determinar la disponibilidad de agua en seis materiales orgánicos con diferentes tamaños de partícula. Los materiales fueron: aserrín de pino (*Pinus* sp.) (≤ 2), viruta de pino (≤ 5 y ≤ 10 mm), fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) (≤ 5 y ≤ 10 mm), sargazo (*Sargassum* sp.) (≤ 5 y ≤ 10 mm), bagazo de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) (≤ 10 mm) y hoja de 'dzidzilché' (*Gimmopodium floribundum* Rolfe) (≤ 10 mm). Las curvas de retención de humedad se realizaron con un equipo de succión con embudos de placa filtrante, a succiones de 0, 10, 50 y 100 cm de columna de agua. El aserrín y la viruta de pino retuvieron de 24 a 40 % de agua totalmente disponible. El bagazo de henequén redujo el espacio disponible para agua (14 %) y aire (13 %); la fibra de coco (≤ 5) y el 'dzidzilché' retuvieron 15 y 16 % de agua fácilmente disponible y el sargazo hasta 61 % de agua difícilmente disponible.

II. Introducción

La necesidad de cultivar plantas de manera intensiva, así como la preocupación por el deterioro de los ecosistemas y la sobreexplotación de los recursos naturales, ha generado una búsqueda constante de sustratos alternativos, que no sólo cumplan con las funciones de sostén y de nutrición, sino también que sean materiales disponibles, económicos y no dañinos al medio ambiente; sin embargo, la caracterización fisicoquímica de éstos materiales incluyendo el tamaño de partícula es primordial (Abad et al., 2005).

La característica física más importante en un sustrato para contenedor es la capacidad de retención de agua, y está relacionada directamente con la porosidad, ambas dependen de la distribución, composición, estructura interna, forma y tamaño de partícula que determinan la relación agua-aire en el sustrato (Anicua *et al.*, 2009). Generalmente, los estudios reportados en el uso de sustratos, se basan en los resultados de rendimiento o desarrollo de los cultivos; sin embargo, son pocos los estudios que consideran los parámetros de calidad de los materiales o mezclas utilizadas.

III. Objetivo y metas

Objetivo. El objetivo de este trabajo fue elaborar las curvas de retención de agua de seis materiales orgánicos disponibles localmente en Yucatán para utilizarlos como sustratos agrícolas en contenedor.

Meta. Identificar un material como sustrato para el uso agrícola y sea disponible en Yucatán de acuerdo a la retención de humedad, y con el fin de disminuir costos de producción.

IV. Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el laboratorio de agua-suelo-plantas del Instituto Tecnológico de Conkal, en Yucatán. Los materiales orgánicos fueron colectados directamente en las áreas donde se generan, fueron utilizados con la humedad natural del ambiente debido a su exposición a la intemperie. Los materiales evaluados fueron: 1) viruta de pino (VP), 2) aserrín de pino (AP), 3) bagazo de henequén (BH), 4) fibra de coco (FC), 5) hoja de 'dzidzilche' (HD) y 6) sargazo (SA). La VP, FC y SA fueron triturados en un molino de martillo modelo TRG 300G con dos cribas, (10 mm y 5 mm); BH y HD sólo se trituraron con la criba de 10 mm, AP se obtuvo del corte de la madera (≤ 2 mm). En total, el experimento constó de nueve materiales (Cuadro 1). La fibra de coco fue lavada con cuatro enjuagues con agua corriente por 15 minutos cada uno en una relación 1:2 v/v y para el sargazo se realizaron cinco enjuagues (Gayosso *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Cinco materiales seleccionados con diferentes tamaños de partícula

Material orgánico	Tamaño de partícula (mm)	Simbología
Viruta de pino	<10	VP \leq 10
Viruta de pino	<5	VP \leq 5
Aserrín de pino	<2	AP \leq 2
Bagazo de henequén	<10	BH \leq 10
Fibra de coco	<10	FC \leq 10
Fibra de coco	<5	FC \leq 5

Hoja	de	<10	HD ≤
dzilzilché			10
Sargazo		<10	SA ≤
			10
Sargazo		<5	SA ≤
			5

Para la determinación de las curvas de retención se utilizó un equipo de succión con embudos de placa filtrante, a succiones de 0, 10, 50 y 100 cm de columna de agua según el método De Boodt *et al.* (1974), se utilizó un equipo con embudos Büchner de porcelana conectados a una manguera con agua que se movió a distintas alturas, de tal manera que la diferencia de altura de la columna de agua generaba las tensiones necesarias. El material se saturó en agua corriente por 24 horas, se drenó, se colocó el material en los embudos y se dejó drenar hasta que el nivel de agua de la manguera estuviera al mismo nivel que la base del embudo (0 cm de tensión), posteriormente se bajó 10 cm y se monitoreo el nivel del agua hasta que se estabilizó (36 a 48 horas aproximadamente), se extrajo una muestra, se pesó, se secó en estufa a 70 °C por 24 horas y se pesó nuevamente; este procedimiento se repitió para 50 y 100 cm de tensión. Con los valores obtenidos se determinó: el material sólido (MS), por diferencia del volumen total menos la porosidad total; la capacidad de aireación (CA), por diferencia entre la porosidad total y el contenido en agua a 10 cm de tensión; el agua fácilmente disponible (AFD), por diferencia entre el agua retenida entre 10 y 50 cm de tensión, el agua de reserva (AR) entre 50 y 100 cm de tensión y el agua difícilmente disponible (ADD), el agua retenida a tensiones superiores a 100 cm de tensión; el agua total disponible (ATD), es igual a la suma de AFD y AR.

V. Resultados

Los materiales VP ≤ 5, AP ≤ 2, FC ≤ 5, HD ≤ 10, SA ≤ 10 y SA ≤ 5 tuvieron de 28 a 44 % de capacidad de aireación (CA) (Figura 1). Para la retención de agua

fácilmente disponible (AFD), los materiales AP \leq 2, VP \leq 5, VP \leq 10, BH \leq 10, FC \leq 5 y HD \leq 10 tuvieron del 10 al 16 % de AFD, en esta variable influyó el tamaño de partícula, ya que del 20 a 36 % de sus partículas fueron $<$ 0.5 mm.

Los materiales provenientes de residuos de madera de pino fueron los únicos que mostraron un porcentaje de agua total disponible dentro del rango sugerido y el resto de los materiales no conservaron agua en una columna con 50 cm de tensión, por lo cual no son capaces de retener AFD para el adecuado crecimiento y desarrollo de la planta, esto les resta posibilidades para considerarlos como sustratos adecuados.

Con respecto al material que presentó mayor contenido de material sólido fue BH con el 55 % de su volumen, lo que redujo el espacio disponible para agua (14 %) y aire (13 %), lo cual afecta el desarrollo de la planta (Figura 2). Mientras que el sargazo presentó alta retención de ADD a una tensión de 100 cm de columna de agua, (SA \leq 10 61 % y SA \leq 5 51 %) (Figura 3).

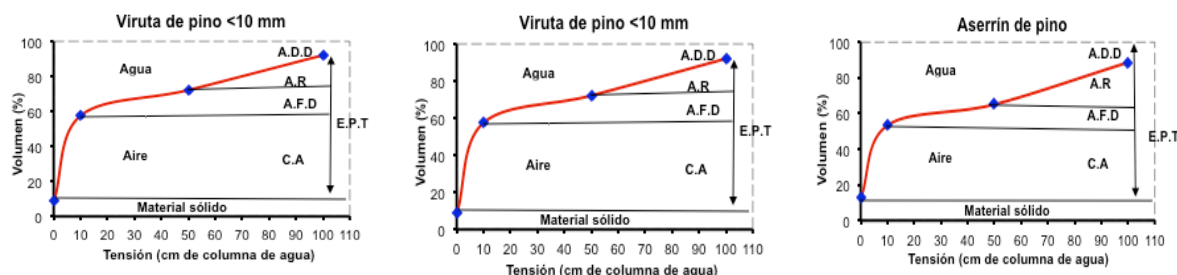


Figura 1. Curvas de retención de agua a 0, 10, 50 y 100 cm de tensión de columna de residuos de madera de pino con diferentes tamaños de partícula.

VI. Discusión

La capacidad de aireación (CA) fue ligeramente superior al rango sugerido por Abad *et al.* (2004); lo anterior podría ser resultado de la granulometría de los materiales, debido a que más del 60 % de sus partículas estuvieron distribuidas en tamaños entre 0.50 y 2.00 mm, lo cual coincide con la distribución recomendada por Cabrera (1999) para la preparación de sustratos para contenedor.

Con respecto a la retención de agua fácilmente se vio afectado por el tamaño de partícula como es señalado por Vargas *et al.* (2008b). Sin embargo, Anicua *et al.* (2009) reportaron los mayores porcentajes de AFD en partículas de tamaños entre 0.25 a 5.0 mm en perlita y zeolita.

Los sustratos con residuos de madera de pino presentaron el porcentaje de agua total disponible dentro del rango sugerido de 24 al 40 % del volumen del sustrato (Abad *et al.*, 2004) (Figura 1). Con respecto a los contenidos altos de material sólidos, por ejemplo el de BH pueden al utilizarse como sustrato es posible que ocasione un suministro de agua deficiente y afecte el crecimiento de las raíces, la actividad metabólica y la absorción de agua y nutrientes (Vargas *et al.*, 2008a) (Figura 2).

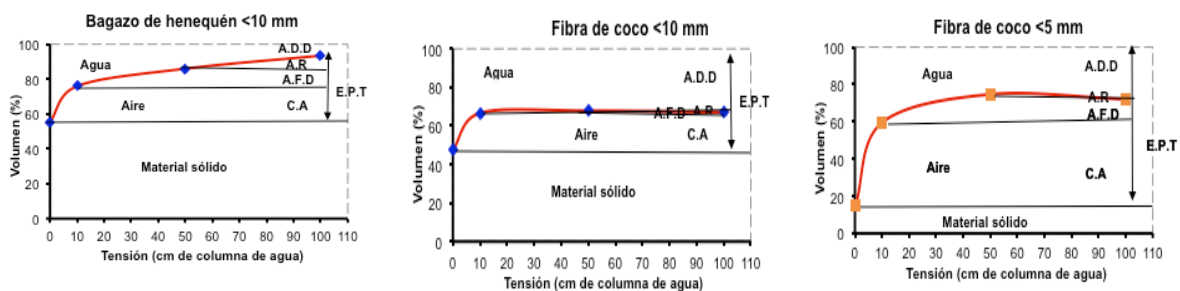


Figura 2. Curvas de retención de agua a 0, 10, 50 y 100 cm de tensión de columna de residuos orgánicos disponibles en Yucatán, México.

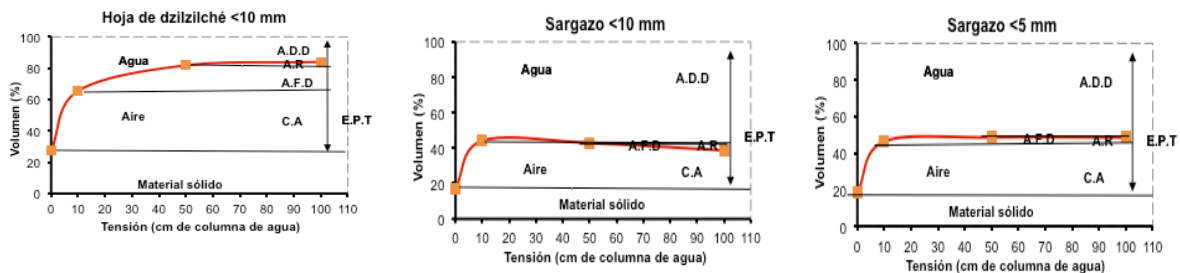


Figura 3. Curvas de retención de agua de sargazo a 0, 10, 50 y 100 cm de tensión de columna de agua.

Los resultados mostraron que los materiales evaluados, hay una tendencia a retener mayor cantidad de agua conforme disminuye el tamaño de la partícula, así como lo señalaron otros autores (Vargas *et al.*, 2008a; Gutiérrez *et al.*, 2011). Sin embargo, no siempre es agua disponible para la planta, como se observó en los residuos de madera de pino (aserrín de pino, viruta de pino de partículas ≤ 10 mm y ≤ 5 mm), que al disminuir el tamaño de partícula el ADD aumentó y el AFD disminuyó, además se excede el 10 % de AR que sugieren Abad *et al.* (2005).

VII. Conclusiones

El aserrín y la viruta de pino retuvieron del 24 al 40 % de agua totalmente disponible. El bagazo de henequén tuvo 55 % de material sólido lo que redujo el espacio disponible para agua (14 %) y aire (13 %) y el sargazo presentó la mayor retención de agua difícilmente disponible (hasta 61 %). Por lo tanto, los residuos de madera de pino (aserrín y viruta) fueron los materiales con mayor adsorción de agua fácilmente disponible, mientras que el bagazo se recomendaría utilizarlo en combinaciones con materiales con mayores tamaños de partícula y el sargazo no se recomienda utilizarlo como sustrato salvo previo tratamiento de compostaje. La combinación entre materiales podría ser una opción, si se considera el tamaño de partículas para favorecer la retención de humedad y la capacidad de aireación.

VIII. Referencias

- Abad BM, Noguera P, Carrión B. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Tratado de Cultivo Sin Suelo (Ed. Urrestarazu M). Mundi-Prensa. Madrid, España. 2004.
- Abad BM, Noguera P, Carrión B. Sustratos en los cultivos sin suelo y fertirrigación. En: Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales (Ed. Cadahía C). pp. 299-352. Mundi-Prensa. Madrid, España. 2005.

- Anicua SR, Gutiérrez CMC, Sánchez GP, Ortiz SC, Volke HVH, Rubiños PJE. Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura Técnica en México*. 2009; 35(2):147-156.
- Cabrera RI. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 1999; 5(1):5-11.
- De Bood M, Verdonk O, Cappaert I. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort*. 1974; 37: 2054–2062.
- Gayosso RS, Borges GL, Villanueva CE, Estrada BMA, Garruña HR. Conductividad eléctrica y sales en lavados de fibra de coco y sargazo.. *Ciencia Technol. Agrop. México*. 2016; 4: 20-26.
- Gutiérrez CM, Carmen D, Hernández EJ, Ortiz SCA, Anicua SR, Hernández LM. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 2011; 17(3):183-196.
- Vargas TP, Castellanos RJZ, Muñoz RJJ, Sánchez GP, Tijerina CL, López RRM, Martínez SC, Ojodeagua AJL. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*. 2008a; 34(3): 323-331
- Vargas TP, Castellanos RJZ, Sánchez P, Tijerina L, López RM, Ojodeagua AJL. Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2008b; 31(4): 375-381

BATIMETRÍA DEL VASO TOMÁS GARRIDO CANABAL DE LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES

Valentín Ascencio Selva¹

Juan de Dios Mendoza Palacios^{1}*

Miguel Ángel Salcedo Meza²

Rufo Sánchez Hernández¹

Ulises López Noverola¹

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-DACA

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-DACBIOL

*autor de correspondencia: mendozapjd@gmail.com

I. Resumen

Se aplicaron estudios topográficos y batimétricos con el objetivo de conocer la capacidad de almacenamiento y los volúmenes de sedimento del cuerpo de agua como vaso regulador. Se realizaron trabajos batimétricos, geodésicos y topográficos. El equipo utilizado estuvo compuesto por un ecosonda manual speedtech modelo SM-5, un GPS Garmin modelo 60CSx, un GPS diferencial de doble frecuencia de precisión milimétrica, marca Leica y una estación total Sokkia, modelo SET-610 con sus accesorios. Se determinó la cota de la superficie libre de agua, la rasante del terreno natural del vaso y se midieron las láminas de agua y de sedimento. Se encontró que la cota media de la superficie libre de agua es de 6.27 m, la cota media de la rasante es de 3.47 m, las láminas medias de agua y de sedimento fueron de 1.35 y 1.5 m respectivamente. Se encontró que el vaso regulador tiene una capacidad de 573,592.42 m³. De acuerdo con esta información, se concluye que en las condiciones actuales el vaso Tomás Garrido Canabal, puede almacenar un volumen máximo de agua de 324,523.80 m³ debido a los 249, 068.61 m³ de sedimento depositado en el vaso; originando una pérdida de su capacidad de 43.42 %.

II. Introducción

La aplicación de estudios topográficos y batimétricos son la base para conocer la capacidad de almacenamiento y los volúmenes de sedimento de un cuerpo de agua. En los ecosistemas acuáticos la batimetría es una herramienta morfométrica que proporciona información relevante de las profundidades de un cuerpo de agua. De acuerdo con la Real Academia Española (RAE, 2016) la batimetría es el “estudio de las profundidades oceánicas mediante el trazado de mapas de isobatas”, aunque también sugiere que es aplicado a otros cuerpos de agua. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014) indica que la batimetría “es el levantamiento topográfico del relieve de superficies de terreno cubierto por agua, sea este el fondo del mar, lechos de ríos, ciénegas, humedales, lagos o embalses, es decir, la cartografía del fondo de los diferentes cuerpos de agua. Entre los métodos batimétricos reportados en la literatura, se encuentra el uso de georadar (Lachhab *et al.*, 2015) y modelos topográficos de alta resolución, este último obtenido con láser escáner también conocido como LIDAR (Light Detection and Ranging). La teledetección y la batimetría de alta resolución (LIDAR batimétrico) son utilizados para la medición de características morfológicas y la comparación de modelos multitemporales permite la evaluación de volúmenes involucrados en procesos naturales (Fabris *et al.*, 2010). Smith y Pavelsky (2009) resaltan la aplicación de teledetección por satélite para determinar cambios en el volumen de almacenamiento en lagos del Delta PeaceAthabasca (Canadá). El modelo LIDAR tiene ventajas sobre los métodos tradicionales y con una resolución espacial de 10 m es suficiente para el análisis de los principales procesos geomorfológicos (Tarolli, 2014). Para generar la información batimétrica de manera tradicional se utiliza ecosonda o sonar con diferente frecuencia de onda. Otro equipo fundamental de apoyo son los sistemas de posicionamiento global (GPS) que permiten orientar el curso de los transectos y proporcionan la ubicación de los sitios de medición. Este método ha sido utilizado por Chukwu y Badejo (2015), Yesuf *et al.* (2012), Rendón *et al.* (2012), Fornerón *et al.* (2010) y Márquez *et al.* (2006). Estudios batimétricos realizados en el complejo

lagunar Chacahua-Pastoría en Oaxaca (Ahumada *et al.*, 2000) reflejaron una disminución drástica de la profundidad debido al azolvamiento ocasionado por el aporte de sedimento del afluente principal. Por su parte (López *et al.*, 2015) mencionan que el estudio batimétrico realizado en un sistema lagunar les permitió estimar los cambios espacio-temporales de estos cuerpos de agua. En este sentido (Ricárdez *et al.*, 2016) realizaron un estudio en el cual el levantamiento batimétrico les permitió conocer la variación de las profundidades para cuantificar el flujo de agua y sedimentos que reciben por parte de la cuenca en dos vasos de almacenamiento de una laguna urbana. En este mismo orden de ideas, la presente investigación se realizó con la finalidad de conocer la capacidad de almacenamiento y los volúmenes de sedimento del vaso Tomás Garrido Canabal como vaso regulador. De manera que la información generada pueda ser útil en investigaciones futuras y en la toma de decisiones de autoridades ambientales con miras al establecimiento de un plan de manejo integral del vaso.

III. Objetivos y Metas

Objetivo

Conocer la capacidad de almacenamiento y volúmenes de sedimento del cuerpo de agua como vaso regulador de los escurrimientos provenientes de su cuenca de captación.

Meta

Generar información que sirva como base en estudios futuros para la toma de decisiones de autoridades ambientales con miras al establecimiento de un plan de manejo integral del vaso.

IV. Materiales y Métodos

Localización. El trabajo de investigación se realizó en el vaso Tomás Garrido de la laguna de las Ilusiones que se localiza entre las coordenadas UTM X=506600 y 507400 y Y=1989600 y 1990400, calculadas a partir del programa google earth mediante imagen satelital.

Visita de reconocimiento del área de estudio. Con la finalidad de reforzar la información cartográfica, analógica y digital analizada, se realizó una visita a nivel de campo para definir la estrategia del establecimiento de las poligonales de apoyo para levantar el anillo perimetral del vaso de almacenamiento. Asimismo, precisar con detalle la malla que se utilizaría en el levantamiento batimétrico y medición del espesor de sedimento.

Levantamiento geodésico y topográfico. Se utilizó un GPS diferencial de doble frecuencia de precisión milimétrica, marca Leica y una estación total Sokkia, modelo SET-610 con sus accesorios. El levantamiento topográfico fue ligado a la red geodésica nacional pasiva del INEGI; Para ello se incorporó a este proyecto los valores de coordenadas UTM (x, y) y altura sobre el nivel del mar (z) del banco de nivel de primer orden clase II, BN1408. Dicho banco de nivel está ubicado sobre la Avenida Adolfo Ruiz Cortines en el cabezal del puente que sirve de paso a la laguna de las Ilusiones, con los siguientes valores de coordenadas: X=507146.714 m Y=1990471.550 m Z=9.714 m, publicados por el INEGI en su página web. El levantamiento topográfico y geodésico se realizó con la finalidad de ubicar los puntos GPS1 y GPS2, trazo de las poligonales de apoyo y levantamiento del vaso de almacenamiento. Los puntos de apoyo GPS1 y GPS2 se ubicaron utilizando un GPS diferencial de doble frecuencia de precisión milimétrica. Los bancos de nivel GPS1 con coordenadas en X=507109.343 m en Y=1990412.911 con elevación Z= 8.433 m s.n.m y GPS2 con coordenadas en X=507323.610 en Y=1990075.761 m con elevación Z=7.848 m s.n.m fueron ligados al banco de nivel de primer orden clase II, BN 1408. El GPS1 se localizó en el acceso a estructura de paso vehicular Av. Adolfo Ruiz Cortines, cuerpo A del lado derecho y el GPS2 en Sindicato de Marina sobre la acera derecha con dirección al embarcadero de la SERNAPAM. Con los GPS1 y GPS2 se trazaron dos poligonales abiertas que se utilizaron para definir la poligonal del vaso de almacenamiento. La delimitación de la poligonal del vaso de almacenamiento se realizó atendiendo básicamente los rasgos o barreras físicas que limitan la

conexión hidrológica superficial (carreteras, calles, bardas y todo tipo de infraestructura construida a orillas del cuerpo de agua).

Cota de la superficie libre de agua. Para obtener un valor representativo de la superficie libre del agua, se definieron tres sitios en la superficie lagunar del vaso de almacenamiento. Los valores de estos sitios se obtuvieron a partir de la cota del punto de apoyo GPS2.

Levantamiento batimétrico. En el área de estudio se ubicaron 747 sitios de medición de la profundidad del agua, utilizando 38 transectos cuyo distanciamiento fue de 10 metros entre ellos. El levantamiento se realizó con un ecosonda manual Speedtech modelo SM-5 y como equipo complementario, se utilizó un GPS Garmin modelo 60CSx para el registro de las coordenadas UTM. Con el levantamiento batimétrico se obtuvo la profundidad (Z) y las coordenadas UTM (X, Y) en cada nodo de la malla definida en gabinete y precisada en campo. Las profundidades relativas de la superficie lagunar, se ligaron con la cota de la superficie libre de agua referenciada a la Red Geodésica Nacional pasiva del INEGI, a través del punto GPS2. En la Figura 1, se muestran los transectos y los sitios de medición de la profundidad del agua en el vaso.

Medición del espesor de sedimento. Se definió una cuadrícula de 20 x 20 m, el espesor de sedimento se midió al centro de cada cuadro, en 410 sitios de medición. Los transectos fueron definidos considerando la forma y orientación de la línea de costa del cuerpo de agua. Para determinar el espesor de sedimento se utilizó un tubo galvanizado de media pulgada de diámetro y 6.4 m de longitud, graduado cada 0.05 m. El espesor de sedimento, en el punto considerado, se obtuvo restando la profundidad generada entre la cota de la superficie libre de agua del vaso y la cota del terreno natural, la profundidad del agua para ese mismo punto de medición.

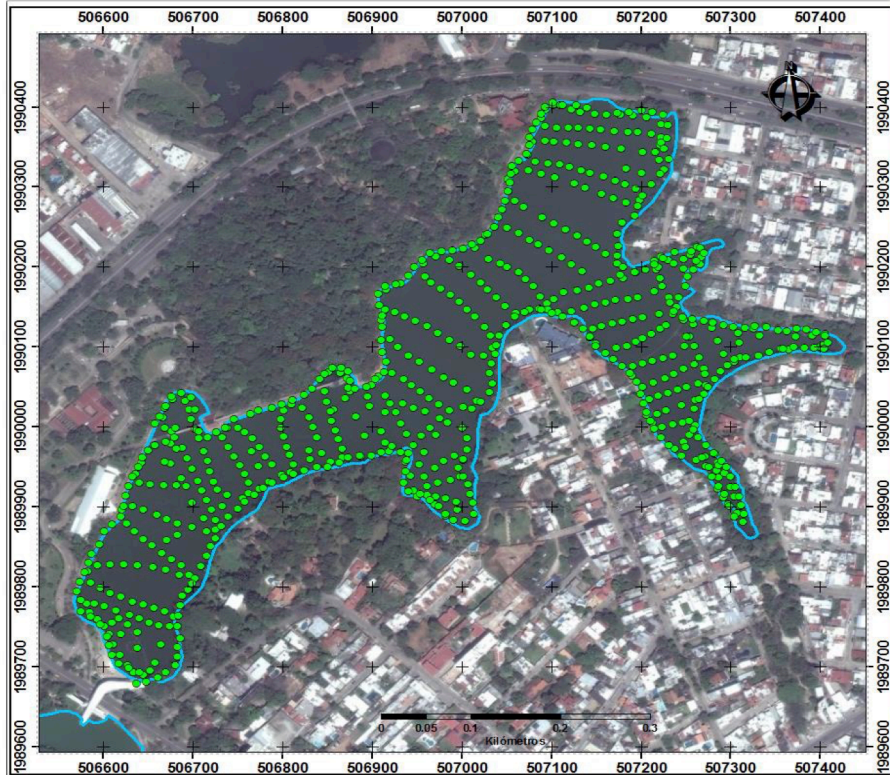


Figura. 1. Transectos y nodos de medición de la profundidad del agua en el vaso Tomas Garrido Canabal.

Cota del terreno natural. La elevación del terreno natural se estimó restando la profundidad del agua más el espesor de sedimento a la cota del espejo de la superficie libre de agua. La elevación es una representación visual de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve del terreno natural. En un cuerpo de agua, la elevación del terreno natural conjuntamente con la elevación del techo del sedimento, permite calcular los volúmenes de sedimento de acuerdo con los espesores en cada perfil trazado.

Capacidad de almacenamiento del vaso regulador. Definida como el volumen de agua total que un vaso puede almacenar. En este sentido, se estimó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_T = V_{A_1} + V_{A_2} \quad (1)$$

Donde:

V_T = Capacidad de almacenamiento del vaso regulador, (m^3)

V_{A1} = Volumen de agua y sedimento en la superficie lagunar, (m^3)

V_{A2} = Volumen de agua y sedimento en la superficie no inundada, (m^3)

$$V_{A1} = V_{s1} + V_{a1} + V_{pa1}$$

(2)

$$V_{A2} = V_{s2} + V_{pa12} + V_{pa22}$$

(3)

Donde:

V_{s1} = Volumen de sedimento depositado en la superficie lagunar, (m^3).

V_{a1} = Volumen de agua almacenado en la superficie lagunar, (m^3).

V_{pa1} = Volumen de agua por almacenarse en la superficie lagunar, (m^3).

V_{s2} = Volumen de sedimento depositado en la superficie no inundada, (m^3).

V_{pa12} = Volumen de agua por almacenarse uno, en la superficie no inundada, (m^3).

V_{pa22} = Volumen de agua por almacenarse dos, en la superficie no inundada, (m^3).

V. Resultados

Cota de la superficie libre de agua. Se consideró el valor promedio de tres sitios definidos en la superficie lagunar. En el Cuadro 1, se observa que numéricamente la variación de las cotas, es mínima. Esto es explicable por el principio de los vasos comunicantes.

Distribución espacial de la profundidad de la superficie libre de agua. En la Figura 2, se muestra el mapa batimétrico, la profundidad de la superficie libre del

agua oscila entre 0.6 y 2.1 m. Las mayores profundidades se localizan en la parte Noreste del vaso, en tanto que las menores se distribuyen en la parte Noroeste y Sureste del vaso.

Cuadro 1. Cota de la superficie libre del agua en el vaso Tomas Garrido Canabal en la laguna de las Ilusiones.

Sitio	Cota (m)	C
1	31	6.
2	27	6.
3	23	6.
Valor promedio	27	6.

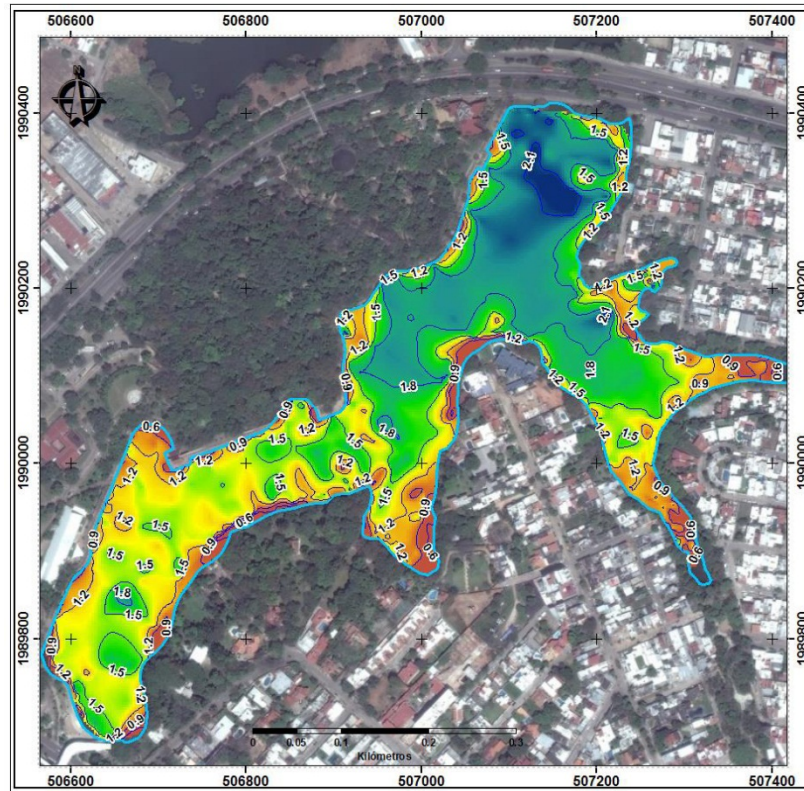


Figura 2. Batimetría del Vaso Tomas Garrido Canabal en la laguna de las Ilusiones.

Distribución espacial del espesor de sedimento. En el mapa de la Figura 3, se muestra que el espesor de sedimento en el Vaso Tomás Garrido va desde 0.3 hasta 2.7 m. Además, se observa que los mayores espesores se localizan en la parte Noreste del vaso de almacenamiento. En tanto que los menores espesores se encuentran distribuidos cerca de la línea de costa en todo su perímetro. En la parte media del vaso se observan espesores que oscilan entre 1.5 y 2.1 m.

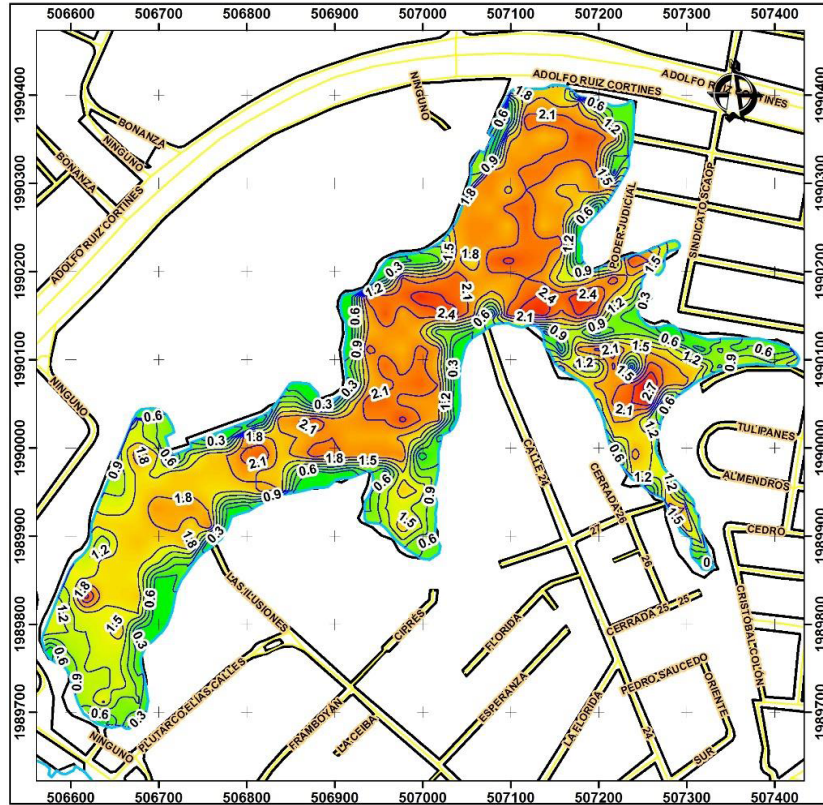


Figura 3. Distribución de espesor de sedimento en el Vaso Tomás Garrido.

Rasante del terreno natural del fondo del vaso regulador. En la Figura 4 se muestra las elevaciones del terreno natural. Los valores oscilan en un intervalo de 1.6 a 5.2 m. Las elevaciones mayores se localizan en la periferia del vaso y las menores se encuentran al centro del cuerpo de agua. Al dividir el vaso en dos porciones, la Norte y la Sur; En la primera (Norte), se localizan las menores elevaciones en tanto que en la Sur se ubica las de mayor valor.

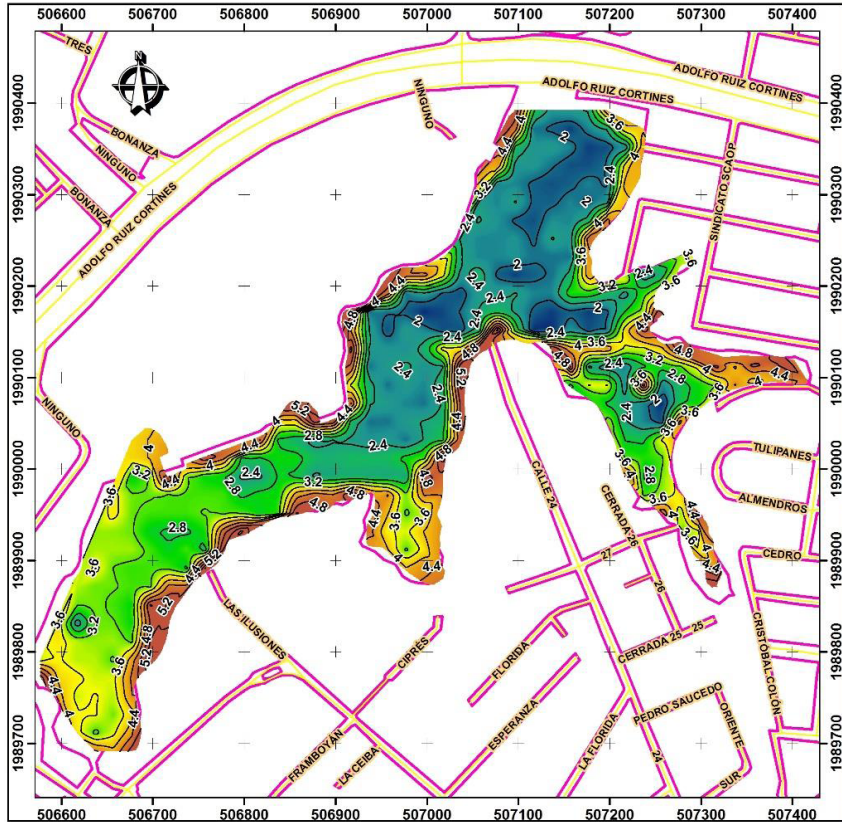


Figura 4. Rasante del terreno natural en el Vaso Tomás Garrido Canabal.

Capacidad de almacenamiento del vaso regulador. En el Cuadro 2, se presentan los volúmenes considerados en la obtención de la capacidad de almacenamiento del vaso Tomás Garrido Canabal.

VI. Discusión

El vaso Tomás Garrido Canabal, cuenta con un perímetro compuesto por 179 vértices. La cota máxima se encuentra en el vértice 4, con coordenadas UTM: X=507,248.690; Y=1,990,398.525 y Z=9.358 m. En tanto que la cota mínima se encuentra en el vértice 141, con coordenadas UTM: X=506,728.990; Y=990,013.735 y Z=6.641 m. La capacidad de almacenamiento del vaso, está definida por la cota mínima del vértice 141. Una vez alcanzado este valor, el agua empieza a derramar e inundar zonas aledañas. La superficie obtenida mediante levantamiento topográfico es de 178, 398.58 m² y su perímetro de 3585.80 m. La

capacidad de almacenamiento del vaso es de 573, 592. 423 m³. Durante los días de muestreo, la superficie lagunar del vaso regulador registró una lámina máxima de profundidad de 2.10 m, una lámina promedio de 1.35 m y un volumen de agua almacenado de 213,044.202 m³. Asimismo, registró una lámina máxima de espesor de sedimento de 2.7 m, una lámina promedio de 1.5 m y un volumen de sedimento de 249,068.616 m³.

Cuadro 2. Superficies con sus volúmenes (m³) para estimar la capacidad de almacenamiento del vaso Tomás Garrido Canabal.

	Volumen de sedimento depositado	Volumen de agua almacenado	Volumen de agua almacenarse	Volumen por total
Superficie lagunar	236715.78	213044.20	58547.70	508307.69
Superficie inundada	12352.84	45293.73	7638.17	65284.74
Capacidad del vaso de almacenamiento	249068.62	258337.93	66185.87	573592.42

VII. Conclusión

Se concluye que en las condiciones actuales el vaso Tomás Garrido Canabal, puede almacenar un volumen máximo de agua de 324,523.80 m³ debido a los 249,068.61 m³ de sedimento depositado en el vaso; por lo que la pérdida de su capacidad de almacenamiento se estima en un 43.42 %.

VIII. Referencias

Ahumada, S. M. A.; Becerril, M. F.; Staines, U. F.; Serrano, G. S. J.; Gonzáles, M. G.; Rodríguez, C. E. A.; Barrientos, L. N. A.; Audelo, R. D. y Sandoval, O. G. 2000. Caracterización ambiental y aprovechamiento de los recursos naturales de los sistemas lagunares Chacahua-Pastoría y Corralero-Alotengo. Informe técnico científico final. Instituto de Recursos, Universidad del Mar. Oaxaca, México. 287 p.

- Chukwu., F.N., y Badejo, O.T. (2015). Bathymetric Survey Investigation for Lagos Lagoon Seabed Topographical Changes. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 3(2), 37-43. DOI: 10.12691/jgg-3-2-2
- Fabris, M., Baldi, P., Anzidei, M., Pesci, A., Bortoluzzi, G. and Aliani, S. (2010). High resolution topographic model of Panarea Island by fusion of photogrammetric, lidar and bathymetric digital terrain models. *The Photogrammetric Record*, 25 (132), 382–401. doi: 10.1111/j.1477-9730.2010.00600.x
- Fernerón, C. F., Piccolo, M. C., y Carbone, M. E. (2010). Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina). *Huellas*, (14), 11-30.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). Batimetrías. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/batimetrías>
- Lachhab, A., Booterbaugh, A., y Beren, M. (2015). Bathymetry and sediment accumulation of Walker Lake, PAu two GPR antennas in a new integrated method. *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*.
- López, Y; Belmonte Jiménez, M; Ladrón-de Guevara, S; Serrano Guzmán, M; (2015). Batimetría del sistema lagunar huave, Istmo de Tehuantepec, México, mediante percepción remota. 1er congreso iberoamericano sobre sedimentos y ecología Querétaro, Querétaro México, 21-24 julio 2015.
- Márquez, A.Z.; Calva Benítez, L.G. y Pérez Rojas, A. (2006) Consideraciones batimétricas del sistema lagunar carretas-Pereyra, Chiapas, México.
- Real Academia Española (RAE, 2016). Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=5DpIRCq>
- Rendón, J. A., Ponce, J. T., Rojas, A., Arredondo, J. L., de la Lanza, G., y Flores, F. (2012). Morfometría, hidrodinámica y físico-química del agua de la laguna de Chautengo, Guerrero, México. *Bio Ciencias*, 1 (4), 25-37.
- Ricárdez de la cruz, G; López Ocaña, G; Bautista Margulis, R.G y Torres Balcázar, C.A (2016). Laguna de las ilusiones y su entorno urbano: Aguas residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulkab*; XXII (43) 27,38, mayo- Agosto

- Smith, L.C. y Pavelsky, T.M. (2009). Remote sensing of volumetric storage changes in lakes. *Earth Surf. Process. Landforms*, 34, 1353–1358. doi: 10.1002/esp.1822
- Tarolli, P. (2014). High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. *Geomorphology*, 216, 295-312. doi:10.1016/j.geomorph.2014.03.008
- Yesuf, H. M., Alamirew, T., Melesse, A. M., y Assen, M. (2012). Bathymetric Mapping for Lake Hardibo in Northeast Ethiopia Using Sonar. *Int. J. Water Sci*, 1, 1-9. doi: 10.5772/52886

USOS DEL NANCHE (*Byrsonima crassifolia* L.) HBK Y ALTERNATIVAS DE TRANSFORMACIÓN DEL FRUTO

*Eusebio Martínez Moreno*¹

*Guillermo Castañón Nájera*¹

*Zuny Gabriela Alberto Hernández*¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*autor de correspondencia: eusebio.martinez@ujat.mx

I. Resumen

Se hizo una revisión de los usos actuales y potenciales del fruto de nanche, en cuanto a las alternativas de industrialización. Se hicieron recorridos en comunidades rurales de algunos estados del sureste. Se tuvieron pláticas con productores que cuentan con parcelas y medianas superficies de nanche para la obtención de información de campo, la cual se sistematizó. Además, se visitaron industrializadores del fruto en las entidades visitadas.

II. Introducción

Los frutales nativos de Mesoamérica constituyen un recurso potencial para el trópico mexicano; en donde forman parte de la flora autóctona. Se cultivan en huertos familiares y en parcelas pequeñas cuya producción generalmente es de recolección y aporta alimento a la población en determinadas temporadas. Se menciona que de 120 especies frutícolas potenciales solo se cultivan 45. Por ejemplo, considerando especies frutícolas tropicales, en Tabasco se mencionan al menos 33 especies subcultivadas (INEGI-CP, 1998). En otro estudio realizado en el mismo estado, Castelán (1993) indica que se cuenta con 81 especies frutales, de las cuales 61 se consideran subutilizadas. Chavelas y González (1985) mencionan que en el sureste mexicano se cuenta con 81 especies importantes de árboles forestales que producen frutos comestibles. El aprovechamiento de estas

especies ha sido parte importante en la dieta de los pueblos mesoamericanos, ya que los frutos se han consumido por muchos años en forma tradicional, e incluso algunas especies se encuentran en fase de semidomesticación y de semicultivo. Uno de estos frutales es el nanche (*Byrsonima crassifolia* L.HBK), el cual es nativo de Mesoamérica y es poco conocido en México y en el mundo. Actualmente es importante, ya que ofrece diversos satisfactores a la población, principalmente como fuente de alimento, medicinal, ornamental, construcción y combustible. En nuestro país presenta amplia diversidad genética, que se manifiesta tanto a nivel latitudinal como en altitud, así como en diferentes condiciones de suelo donde prospera, incluso en aquellos muy degradados, por lo que es una planta muy rústica. Asimismo, existen muchas diferencias en tamaño de fruto, forma, sabor, consistencia de la pulpa y color.

Es uno de los frutales considerado actualmente como de subsistencia en donde la producción de la fruta sigue obteniéndose de la recolección de árboles localizados en los huertos familiares y de árboles formando manchones de manera natural a los que se les denomina nancheras; o bien dispersos en el campo. Por lo que prácticamente no hay manejo agronómico y en la mayoría de los casos la fruta presenta baja calidad, existen además presencia de daños por plagas y enfermedades lo que reduce su valor comercial y se comercializa principalmente en los mercados regionales. En ocasiones se observa mucha pérdida de fruta que no llega a recolectarse. Sin embargo, en huertas semicomerciales donde se tienen mejores prácticas agronómicas, la fruta cosechada se destina a la venta en fresco y también para la agroindustria, en donde se elaboran diversos productos y esto permite mayor valor agregado. Se puede acceder a mercados poco explorados, además de conservar la fruta procesada por más tiempo y esperar mejores precios.

III.Objetivos y Metas

El objetivo del trabajo fue contribuir al conocimiento y difusión de los principales usos dados a las diferentes partes de la planta. En particular el fruto.

La meta fue realizar un catálogo de productores, industrializadores y comercializadores que permita una mejor comunicación de la cadena productiva.

IV.Materiales y Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema en las bibliotecas de la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados. También se consultaron bases de datos. Por otro lado, se obtuvo información de 11 herbarios de diversas instituciones. También se hicieron recorridos de campo y se visitaron agroindustrias donde se procesa el fruto en los estados de Veracruz, Chiapas, Campeche y Tabasco.

V. Resultados

Valor nutritivo de la fruta

Los frutos del nanche se pueden consumir en fresco, el cual posee sabor agrídulce y muy apreciado como complemento alimenticio. La pulpa representa 64% del peso de la fruta, la semilla 25% y la cáscara 11% (Villachica, 1996). Los análisis de sus propiedades alimenticias demuestran que el jugo del fruto contiene alto contenido de vitamina C y en algunos tipos hortícolas asciende hasta 369 mg/100g. Algunos tipos de nanche dulce del estado de Veracruz, además de su alto contenido de carotenos, superan en ácido ascórbico a otras frutas como la fresa, mandarina, zapote negro y guayaba (Nava y Uscanga, 1980).

Usos de la fruta

Con los frutos se elaboran diversos productos alimenticios, que pueden ser: jaleas, mermeladas, almíbares, jugos, néctares, cremas, paletas, nieves, refrescos, atoles, dulces, postres, gelatinas, pasteles, pays y diversas conservas (Standley y Steyermark, 1946; Morton, 1987; García y García, 1992; Villachica, 1996; Pennington y Sarukhán, 1998; León, 2000; Sauri, 2001). Villachica (1996) menciona que los frutos se pueden mezclar con harina de yuca, en sopas o como relleno de carnes. El mismo autor reporta que de los frutos se puede obtener manteca comestible e indica que el contenido de aceite en la semilla y en la cáscara es de 10 y 20% respectivamente. Al respecto, Morton (1987) y Sauri (2001) citan que en Magdalena, Colombia de los frutos se extrae grasa comestible. Sauri (2001) cita que en los trópicos es común encontrar nance envasado con agua en recipientes de vidrio o de plástico. Por otra parte, Cavalcante (1995) reporta la extracción de la pulpa para la elaboración de néctar de nanche. En varios países, con el fruto de nanche se elaboran diversas bebidas alcohólicas. En Tabasco, México, los frutos mezclados con alcohol se fermentan y produce licor de sabor agradable (Reyes, 1987; García y García, 1992; Pennington y Sarukhán, 1998). Morton (1987) y Sauri (2001) citan que en Costa Rica, se produce un licor del tipo ron, el cual consiste en la fermentación de los frutos y después por destilación, esto es conocido como crema de nance, Standley y Steyermark (1946) y Villachica (1996) reportan que en Panamá se prepara con los frutos un líquido fermentado que se denomina chica, probablemente una modificación de chicha (nombre regional con el que también se le conoce). Barbeau (1990) menciona que en Nicaragua, el árbol de nancite (nombre local del nanche en ese país) es muy popular y se elabora licor de sus frutos. En algunas partes del estado de Veracruz, también se elabora a partir del fruto de nanche licor llamado vino Xiqueño, que es una bebida fermentada que se prepara en forma casera y se vende en los mercados regionales. En el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero, se preparan salsas machacando los frutos con ajo y chiles en el molcajete. En el sur de México, los frutos de nanche forman parte de las recetas

para la elaboración casera de chiles en vinagre. En el estado de Jalisco, particularmente en el municipio de Villa Purificación, son un producto necesario, junto con el chile serrano, papaya, zanahoria, cebolla y condimentos.

VI. Discusión

El principal producto de consumo es el fruto el cual es de sabor agridulce, que contiene alto contenido de vitamina C. En algunos tipos hortícolas de Tabasco puede ser hasta de 369 mg/100 g superando a la guayaba y cítricos. Con la pulpa del nanche se elaboran: jaleas, mermeladas, almíbares, jugos, néctares, cremas, paletas, nieves, refrescos, atoles, dulces, postres, gelatinas, pasteles y varias conservas. Con el jugo de las frutas se preparan bebidas refrescantes, se saborizan aguas gaseosas y carbonatadas. También se elabora gran cantidad de conservas y licores. En Veracruz se produce el vino xiqueño en forma casera y en Tabasco el licor de nanche. El árbol tiene importancia ecológica para la reforestación en suelos degradados. Forma parte de sistemas agroforestales. Proporciona hábitat a la fauna silvestre. Además tiene valor ornamental principalmente por la belleza y aroma de sus flores y frutos. La madera es usada para leña y carbón. Así también es usada para la fabricación de muebles, gabinetes torneados, puertas, ventanas y diversas herramientas.

Diversas partes de la planta se les ha encontrado 24 usos medicinales, principalmente para controlar infecciones gastrointestinales y respiratorias. La corteza es astringente por el alto contenido de taninos y se usa como curtiente para diferentes tipos de pieles. El mismo autor menciona que es una planta melífera de mucha utilidad en apicultura, debido a la cantidad de flores producidas por planta y a lo atrayente de sus pétalos. De los frutos verdes se obtienen pigmentos colorantes. De la cáscara de los frutos se extrae un tinte color marrón claro empleado para teñir telas de seda y algodón.

VII. Conclusiones

Los usos actuales que se da a esta especie han sido poco difundidos y se desconoce mucho sobre el potencial hortícola de esta especie.

VIII. Referencias

- Barbeau. G. (1990) Frutas tropicales en Nicaragua. Primera edición. Dirección General de Técnicas Agropecuarias. Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. Editorial Ciencias Sociales. Managua, Nicaragua. 393 pp.
- Castelán E., M. (1993) Especies frutales de la Chontalpa, Tabasco: Aprovechamiento actual y potencial. *Agrociencia* 3 (3):81-93.
- Cavalcante, P. B. (1995) Frutas Comestíveis da Amazônica. Museu Paraense Emílio Goeldi Coleção Adolpho Ducke. Belém-Pará. 279 pp.
- Chavelas, P., J.; González V.; C. E. (1985) Catálogo de árboles forestales del sureste de México que producen frutos comestibles. Catálogo núm. 10. SARH. México, D.F. 22 p.
- García R., M. A.; García, J.M (1992) Contribución al estudio etnobotánico del nanche *Byrsonima* spp., Distribución geográfica y alternativas de conservación de su plasma fermental. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 139 pp.
- INEGI-CP. (1998) Recursos agrícolas del trópico y subtrópico mexicano. Primera edición. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. 1774 pp.
- León L (2000) Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición revisada y aumentada. IICA, San José, Costa Rica. 522 p
- Morton, J. F. (1987) Fruits of warm climates. Florida Department of Agriculture & Consumer Services. 505 pp.
- Nava, G. G.; Uscanga, M. (1980) Estudio físico y químico comparativo de 28 tipos de *Byrsonima crassifolia* L. en el estado de Veracruz. En: Memorias del

- Simposium La Investigación, el Desarrollo Experimental y la Docencia en CONAFRUT durante 1979, Comisión Nacional de Fruticultura- SARH. Pp. 998-1029.
- Pennington T., D.; Sarukhán, J. (1998) Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 521 p.
- Reyes R. MV. (1987) Estudio genérico de la familia Malpighiaceae del estado de Guerrero. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, DF. 68 p.
- Sauri D., E. (2001) Frutas exóticas de la Península de Yucatán. Primera edición. Consejo Nacional del Sistema de Educación Tecnológica Agropecuaria e Instituto Tecnológico de Mérida. Mérida, Yuc. 108 pp.
- Standley P., C.; Steyermark, J. A. (1946) Flora of Guatemala, Fieldiana: Botany 24 (5): 477-479.
- Villachica, H. (1996) Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonia. Lima, Perú. 367 pp.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE *Mentha pulegium*, PLANTA DE USO ALIMENTARIO EN TABASCO

¹Est. Carmen Yolanda García Hernández

¹Dr. José Rodolfo Velázquez Martínez

²Dra. Minerva Aurora Hernández Gallegos

¹M. C. Dora Centurión Hidalgo

³Dra. Sugey López Martínez

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa- Teapa, kilómetro 25 Centro, Tabasco, México

²División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Estatal Libre Villahermosa-Comalcalco Km. 27. Jalpa de Méndez, Tabasco, México.

³División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México.

I. Resumen

El potencial antimicrobiano y antioxidante de extractos de plantas aromáticas y medicinales, debido a su contenido de sustancias bioactivas, se han convertido en la razón de ser de investigaciones recientes con el fin de utilizarlos en el control de patógenos causantes de enfermedades en humanos, animales y vegetales, así como usarlos como conservantes en alimentos con ventajas sobre los aditivos sintéticos. El objetivo planteado fue evaluar el contenido de fenoles totales, la actividad antioxidante y la actividad antimicrobiana de los extractos crudos acuoso, etanólico y acetónico del poleo (*Mentha pulegium* L.), para lo cual las plantas se acondicionaron mediante lavado, secado y molido y se almacenaron, para obtener posteriormente los extractos acuoso, etanólico y acetónico. Se determinó el rendimiento de los extractos en porcentaje, la actividad

antioxidante como captación de radicales IC₅₀ (µg/mL) y la actividad antimicrobiana como diámetro del halo de inhibición (mm). Entre los resultados más relevantes se encontró que el mayor rendimiento se obtuvo con el extracto acuoso y la mayor actividad antioxidante la presentó el extracto acetónico por el método de DDPH y el extracto etanólico por el método ABTS. Para la actividad antimicrobiana, el extracto etanólico fue el mejor y el microorganismo con mayor sensibilidad fue *Bacillus cereus*. Los extractos crudos de *Mentha pulegium* pueden ser usados como fuente natural de compuestos antioxidantes y antimicrobianos.

II. Introducción

Las plantas son una buena fuente de compuestos de interés tales como proteínas, fibra, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos; de estos últimos, los más importantes son los flavonoides que tienen actividad antioxidante, antitumorígena, antimutagénica, anticancerígena y diurética¹. En la actualidad, existe un considerable interés en la industria alimentaria por encontrar antioxidantes de plantas para reemplazar a los de origen sintético, ya que se presumen seguros por provenir de plantas de uso medicinal, haciéndolos más deseables que los ya mencionados sintéticos. Por otro lado, los fitoquímicos de plantas han demostrado su importancia en el tratamiento de enfermedades infecciosas humanas incluyendo infecciones virales, por lo que se presumen como potenciales agentes antimicrobianos², los cuales pueden ser utilizados como conservadores en las industrias alimentaria y cosmética, así como en la industria farmacéutica contra los patógenos emergentes que son resistentes a antibióticos. El uso de antioxidantes naturales como conservadores en los alimentos tiene un gran potencial, ya que los consumidores buscan alimentos libres de aditivos sintéticos, pero libres de riesgos biológicos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) promueve el uso de la medicina tradicional debido a varios factores. En primer lugar, porque ésta ha demostrado ser eficaz como tratamiento y prevención de primera línea para

enfermedades agudas tales como resfriados, diarreas, dolores de estómago, fiebres ligeras, entre otras, especialmente en sus fases iniciales. En segundo lugar, esta forma de medicina representa en muchos países, y en ciertos casos al interior de éstos, la única forma de atención asequible, accesible y disponible³.

Se ha encontrado en diversos estudios que las plantas medicinales pueden optimizar el metabolismo de la glucosa y la condición integral de los diabéticos, no sólo por sus efectos hipoglucemiantes sino también al mejorar el perfil lipídico, el estado antioxidante y la función capilar⁴. La baja incidencia de enfermedades crónicas en poblaciones cuyas dietas son ricas en frutas, verduras y productos derivados ha sido ampliamente documentado, es por ello que en la última década se ha aumentado el interés por el estudio de antioxidantes⁵.

Las propiedades promotoras de la salud se atribuyen a los fitoquímicos (por ejemplo, antioxidantes fenólicos, vitaminas, minerales, fibra, entre otros) presentes en estas fuentes naturales⁶. Las sustancias activas en plantas son producto del metabolismo secundario de las mismas, no se encuentran en estado libre sino en forma de complejos cuyos componentes se complementan y se refuerzan en su acción sobre el organismo. Estas sustancias activas presentan un equilibrio fisiológico dentro de la planta y el organismo, debido a ello, resultan más asimilables por el cuerpo y carecen de efectos nocivos⁷.

Entre estos compuestos se encuentran los polifenoles; son compuestos pertenecientes a la familia de los fenoles, presentes en la naturaleza que poseen anillos aromáticos con sustituyentes hidroxilos. Dichos compuestos son potentes antioxidantes en la mayoría de los casos por su estructura, donde se donan H⁺ o electrones. Estos compuestos suelen encontrarse en frutas, verduras y semillas. Desde el punto de vista de la estructura química, son un grupo muy diverso que comprende desde moléculas sencillas como los ácidos fenólicos hasta polímeros complejos como los taninos y la lignina. En el grupo también se encuentran

pigmentos flavonoides Muchos de estos productos están implicados en las interacciones planta-herbívoro⁸.

Las plantas y los vegetales son una fuente importante de nuevos fármacos, los que tienen una creciente demanda en compuestos antimicrobianos debido al aumento de la población con inmunodepresión y a la creciente resistencia a los antibióticos, lo que constituye una amenaza mundial según señala la Organización Mundial de la Salud⁹. Este significativo aumento en la utilización de los vegetales, que constituyen una importante alternativa terapéutica obedece no solo a los cambios culturales de muchos pueblos sino también, al elevado costo de los fármacos. Los estudios realizados a un considerable número de especies de la flora de Ríos, Argentina, han tenido resultados auspiciosos logrados mediante ensayos de laboratorio *in vitro* en las bioactividades antivirales, antigotosas, antifúngicas y antibacterianas¹⁰.

Mentha pulegium L., perteneciente a la familia Lamiaceae, la cual es muy avanzada y homogénea, se utiliza principalmente en la preparación de alimentos, perfumería, productos farmacéuticos y como repelente de insectos. En la medicina tradicional, el aceite esencial de *M. pulegium* se usa para trastornos digestivos, hepáticos y de la vesícula biliar, resfriados por gota y aumento de la micción y externamente para enfermedades de la piel¹¹.

Un estudio etnobotánico realizado en el estado de Tabasco, reporta un total de 431 especies de plantas pertenecientes a 319 géneros de 104 familias botánicas, siendo sus principales usos el alimentario, maderable, construcción, combustible, instrumentos, artesanal, ornamental y medicinal; de las cuales 165 plantas son empleadas como medicina alternativa; dentro de éstas destaca la *M. pulegium* L. conocida ampliamente por su uso como alimento y propiedades medicinales¹².

III. Objetivos y Metas

Evaluar el contenido de fenoles totales, actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos crudos acuoso, etanólico y acetónico del poleo (*Mentha pulegium* L.), planta de uso comestible en el estado de Tabasco.

IV. Materiales y Métodos

Material vegetal

La planta que se evaluó fue *M. pulegium* L. y se colectó en la región de la Sierra del estado de Tabasco. Se colocó en bolsas de papel para su transporte y se llevó al Laboratorio de Desarrollo de Productos Bióticos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias ubicada en el Ra. La Huasteca, km 25 Carretera Villahermosa-Teapa, donde fueron sometidas a pretratamientos para su estandarización (Cuadro 1).

Cuadro 1. Pretratamientos del material vegetal.

Operación	Proceso
Selección	Se realizó la eliminación de todo material extraño, ya sea de naturaleza orgánica (otras plantas o inorgánica (piedra, tierra, etc.) que pueda estar contenida en el material vegetativo cosechado.
Lavado	Se realizó colocando la planta en un saco de malla, por el que se hizo circular abundante agua corriente, mientras se fue moviendo el saco para facilitar que el agua arrastre la suciedad que puede estar presente.

Secado y molido

Una vez secas las plantas, se trituraron en un molino industrial (marca Estrella® mod. 41B) y se tamizaron en una malla de 60, a fin de tener un tamaño

homogéneo de partículas; se almacenó en un frasco ámbar a 4° C hasta su posterior análisis.

Obtención de los extractos

Extracto acuoso

Se utilizó una relación de 1:10 de muestra en polvo:H₂O destilada, manteniendo 20 min en agitación constante a 90°C. El macerado se filtró con papel Watman No. 1, posteriormente se microfiltró con equipo Millipore® utilizando membrana de nitrocelulosa con diámetro de poro de 0.45 µm. El filtrado se liofilizó. y se almacenó en frascos ámbar, tapados y en refrigeración (4°C) hasta su uso posterior análisis¹³.

Extracto etanólico

El extracto etanólico se obtuvo por maceración en una placa de agitación (150 rpm) durante 48 h, utilizando el 10 % de muestra del material vegetal pulverizado en etanol:agua deionizada, 70:30¹⁴. El macerado se filtró y microfiltró de la misma manera que el extracto acuoso, al filtrado se le eliminó el etanol en estufa a vacío a 55 °C y posteriormente se liofilizó.

Extracto acetónico

Se utilizó el 10 % de la muestra en acetona al 70 % (agua deionizada) y se maceró por 24 h a 150 rpm. El macerado se centrifugó a 6000 rpm por 8 min a 4 °C, se recuperó el sobrenadante¹⁵. Al sobrenadante se le evaporó la acetona en estufa de vacío a 45 °C y el agua restante se eliminó por liofilización.

Las extracciones se realizaron por triplicado y los liofilizados se conservaron en frasco ambar y se almacenaron a 4 °C hasta los análisis correspondientes.

Actividad antioxidante

Captación de radicales por DPPH

Los extractos previamente diluidos se dejaron reaccionar con 3.9 ml de la solución de DPPH durante 90 minutos en la oscuridad. El blanco consistió en 0.1 ml de metanol añadido a 3.9 ml de DPPH. La absorbancia se leyó a 515 nm. La actividad de eliminación de radicales se calculó como sigue:

$$\% I = \left(\frac{Abs_0 - Abs_1}{A_0} \right) 100$$

Donde Abs_0 es la absorbancia del blanco y Abs_1 es la absorbancia en presencia del compuesto de ensayo a diferentes concentraciones.

La concentración que proporcionó el 50 % de inhibición de la absorbancia de DPPH (IC_{50}) se calculó gráficamente usando una curva de calibración (usando Trolox, ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico como antioxidante de referencia) y una regresión lineal¹⁶.

Captación de radical ABTS

Se realizó de acuerdo a Sudha en 2016¹⁷. Se preparó el radical $ABTS^{*+}$ tras la reacción de ABTS, ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico, (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente ($\pm 25^\circ C$) y en la oscuridad durante 12 h; para obtener el stock se diluyó con metanol hasta obtener una absorbancia de 0.700 ± 0.02 a una longitud de onda de 745 nm.

La actividad antioxidante se evaluó mezclando 300 μl de las diferentes fracciones con 3 ml del stock de $ABTS^{*+}$. La disminución de la absorbancia se

midió un minuto después de la mezcla y, posteriormente, a los 6 min se midió la absorbancia final. Se utilizó ácido ascórbico como control positivo, el resultado se expresó como porcentaje de captación de radicales ABTS, de acuerdo con la siguiente formula:

$$\% \text{ de captación} = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100$$

Donde A_0 es la absorción del control y A_s es la absorción de la muestra.

Actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana se evaluó por medio de la técnica de difusión en disco^{18,19} contra *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Salmonella typhimorium* ATCC 14028, *Escherichia coli* 108412 y *Bacillus cereus* ATCC 11778, los cuales se activaron en caldo BHI de alícuotas almacenadas a -20 °C con glicerol. Discos esteriles de 6 mm (diámetro) de papel filtro Whatman No. 1, se impregnaron con el extracto concentrado para depositar 10 mg, Como control positivo se utilizaron discos impregnados con 30 µg de Amikacina y como control negativo los solventes sin extractos, todos los discos se dejaron secar hasta la eliminación total del solvente y se colocaron sobre la superficie de una caja Petri con agar BHI, inoculada previamente en la superficie con 0.1 mL del inóculo de la bacteria correspondiente a una concentración de 10⁸ UFC. Las cajas Petri se incubaron a 37 °C durante 12 h y al final de la incubación se registró la medición de la zona de inhibición en mm

V. Resultados

Rendimiento

Se encontró que el mayor rendimiento del extracto de poleo (*M. pulegium*), fue para el extracto acuoso con 28.11±0.42 % de peso seco; para el extracto

acetónico se obtuvo 20.19 ± 0.45 % y para el extracto etanólico 18.71 ± 0.51 %, siendo éste el menor rendimiento (Cuadro 2). Estos resultados están relacionados con el grado de polaridad de los solventes²⁰.

Cuadro 2. Rendimiento de las extracciones acuosa, etanólica y acetónica de poleo (*Mentha pulegium*).

Extracto	Rendimiento (%) (% peso seco)
Acuoso	28.11 ± 0.42
Acetónico	20.19 ± 0.45
Etanólico	18.71 ± 0.51

Actividad antioxidante

Ensayo de eliminación de radicales DPPH de los extractos de Mentha pulegium L.

En el Cuadro 3 se puede observar que la mayor captación de radicales libres (DPPH) la presentó el extracto acetónico de *M. pulegium* con una IC_{50} de 120.8 ± 7.0 $\mu\text{g/mL}$, seguido del extracto etanólico (IC_{50} de 199.0 ± 32.4 $\mu\text{g/mL}$) y acuoso (IC_{50} de 212.2 ± 66.9 $\mu\text{g/mL}$).

Cuadro 3. Actividad antioxidante ($\mu\text{g/mL}$) de las hojas de *Mentha pulegium* L.

Extracto	Captación de radicales IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)	
	DPPH	ABTS
Acuoso	212.2 ± 66.9	387.4 ± 20.0

	9	4
Etanólico	199.0±32.	195.5±13.
	4	5
Acetónico	120.8±7.0	362.9±54.
		5

Ensayo de eliminación de radicales ABTS de los extractos de Mentha pulegium L.

Todos los extractos de *M. pulegium* L. mostraron actividad antioxidante de una manera dependiente de la dosis. Sin embargo, dentro de los extractos probados mediante la reducción del catión radical ABTS por antioxidantes, el extracto etanólico mostró una mejor actividad (IC₅₀ de 195.5±13.5 µg/mL) que los extractos acetónico y acuoso (Cuadro 3).

Actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana se presentó con un halo de inhibición mayor en el extracto etanólico con 12 mm para el microorganismo *B. cereus*, representando menos del 50 % del halo de inhibición del control Amikacina que fue de 21 a 22 mm, mientras que para el extracto acuoso y el acetónico fue de 7 y 8 mm, respectivamente (Cuadro 4). Además, el extracto etanólico de *M. pulegium* presentó actividad antimicrobiana contra las cuatro bacterias probadas con halos de inhibición de 10 a 12 mm de diámetro, representando aproximadamente el 80 % de la efectividad del control positivo (Amikacina) que presentó halos de inhibición en un rango de 13 a 15 mm para *E. coli*. Para el caso *S. typhimurium*, presentó halos de inhibición entre 12 y 14 mm siendo aproximadamente el 90 % de la efectividad de la Amikacina. Mientras que *S. aureus* presentó el menor halo de inhibición con 10 mm de diámetro, representando aproximadamente 47 % de la

efectividad del control Amikacina que presentó halos de inhibición entre 21 y 22 mm para este microorganismo.

Cuadro 4. Actividad antimicrobiana de extractos de *Mentha pulegium* L. (diámetro de halo de inhibición, mm).

Microorganismo	Acuoso	Amk*	Etanólico	Amk*	Acetónico	Amk*
<i>E. coli</i>	0	15	10	13	0	15
<i>S. typhimurium</i>	0	14	11	12	0	14
<i>S. aureus</i>	0	21	10	22	0	22
<i>B. cereus</i>	8	22	12	21	7	21

* Amk= Amikacina

VI. Discusión

Rendimiento

Los extractos se obtuvieron a partir de materia seca, por lo cual se obtuvieron rendimientos entre 18.71 y 28.11 %, el extracto acuoso el presentó el rendimiento más alto. Trabajos realizados con plantas de misma familia a la que pertenece *M. pulegium* (familia Lamiacea) como es el caso de *Thymus mastichina* que obtuvo rendimientos entre 16.82 %, y 31.60 %, siendo el extracto etanólico el de mayor rendimiento²¹. Existen trabajos donde los solventes menos polares (etanol, metanol, acetona) presentan mejor extracción²². El rendimiento depende en general de la composición de los fitoquímicos presentes en cada planta, en el caso particular de *M. pulegium* se puede atribuir el mayor rendimiento en el extracto acuoso a la presencia de mayor contenido de fitoquímicos polares.

Actividad antioxidante

DPPH

Los valores más altos en la captación de radicales DPPH del extracto acetónico se puede atribuir a que los fitoquímicos de mediana polaridad extraídos con este solvente tienen mayor poder antioxidante²³. Mensor *et al.* en 2001²⁴

evaluaron la reducción de radicales libres DPPH de extractos acetónicos (155.49±2.11 µg/mL) de hojas de *Apuleia leiocarpa*, perteneciente a la familia de las Lamiaceae, comparado con los datos obtenidos del extracto acetónicos de *M. pulegium*, éste presentó una mejor actividad antioxidante (120.8±7.0 µg/mL). Por otro lado, los extractos etanólico y acuoso de hojas de *Thymus mastichina* L. tuvieron una IC₅₀ de 940±0.04 y 2570±0.54 µg/mL, respectivamente, una capacidad antioxidante menor al compararla con los datos obtenidos en los extractos etanólicos y acuoso de *M. pulegium* L. (120.8±7.0 µg/mL y 212.2±66.9 µg/mL, respectivamente). Con base en los resultados reportados, los datos obtenidos en el presente trabajo, obtuvieron valores de actividad antioxidante mayores a los de otras especies pertenecientes a la familia Lamiaceae, y se atribuye a que el extracto pudo haber producido fracciones menos polares que el agua y más polares que las del extracto acetónico y a la posible presencia de diterpenoides de labdano²³.

ABTS

Kaliyappan *et al.*, en 2017²⁵, determinaron la actividad antioxidante de los extractos metanólicos de *Pogostemon vestitus* (166.2±3.9 µg/mL), *P. mollis* (281.8±12.7 µg/mL), *P. speciosus* (101.2±0.1 µg/mL), *P. wightii* (516.3±0.1 µg/mL) y *P. nilagiricus* (100.6±1.2 µg/mL), pertenecientes a la familia Lamiaceae, y reportaron una actividad antioxidante similar a los extractos etanólicos de *M. pulegium*. Por otro lado, Generalić Mekinić *et al.*, en 2014²⁶ determinaron la actividad antioxidante en extractos etanólicos de salvia, tomillo, bálsamo de limón, menta y orégano (388±15 µg/mL, 249±12 µg/mL, 232±17 µg/mL, 237±20 µg/mL y 453±31 µg/mL, respectivamente). Se puede ver como los valores encontrado para la captación de radicales ABTS oscilan entre los reportados en otros trabajos para la misma familia habiendo plantas con mejor actividad antioxidante, lo que refuerza lo anteriormente mencionado, que la actividad antioxidante en general depende del contenido de fitoquímicos de cada planta, además de la polaridad de estos.

En general la familia Lamiaceae atribuye su poder antioxidante a la presencia de ácido rosmarínico uno de los componentes distintivos y mayoritarios de la Familia²⁵.

Actividad antimicrobiana

La bacteria que resultó ser sensible a los extractos obtenidos en este trabajo fue *B. cereus* una bacteria gram positiva sin embargo, el extracto etanólico presento actividad antimicrobiana frente a todas las cepas. En general, halos de inhibición menores a concentraciones altas comparadas al testigo. Al comparar estos resultados con los reportados por Azuero *et al.* en 2016²⁷, para el extracto metanólico de *Melissa officinalis* L. (toronjil), de la familia Lamiaceae, que presentó halos de inhibición sobre *S. aureus* de 6 a 8 mm y para *E. coli* entre 8 y 10 mm de diámetro, se observó que son valores semejantes a los encontrados para *M. pulegium*. Otros estudios de la actividad antimicrobiana de plantas medicinales de la familia Lamiaceae utilizadas en la medicina tradicional han mostrado fuerte actividad contra las bacterias Gram-positivas. Sin embargo, muestran poca o nula actividad frente a las Gram-negativas, tal es el caso de *Teucrium arduini*²⁸ y *Origanum vulgare*²⁹. A pesar de presentar actividad antimicrobiana, esta se considera baja, razón por la cual, no se realizaron los ensayos para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria y Concentración Mínima Bactericida.

VII. Conclusiones

- El extracto acuoso de poleo *Mentha pulegium* presentó el mayor rendimiento en peso seco, con potencial para la industria de aditivos.
- El extracto acuoso, etanólico y cetónico presentaron valores de IC₅₀ mejores que otras especies de la familia Lamiaceae, por lo que, se pueden considerar su potencial uso en la sustitución de aditivos sintéticos.

- El extracto acuoso y acetónico de *Mentha pulegium* presentaron actividad antimicrobiana únicamente contra *B. cereus* y a pesar de que el extracto etanólico presentó actividad antimicrobiana contra las cuatro bacterias probadas, las concentraciones fueron altas, por lo que, no se espera que sean una opción como aditivo por la restricción de la concentración.
- Se recomienda evaluar otras actividades, tales como antiinflamatoria, antihipertensiva, entre otras, considerando la actividad antioxidante encontrada en el presente trabajo.

VIII. Referencias

1. Malini M, Abirami G, Hemalatha V, Annadurai G. Antimicrobial activity of ethanolic and aqueous extracts of medicinal plants against waste water pathogens. *International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology*. 2013;3(2):40-42.
2. Pramila D, Xavier R, Marimuthu K, et al. Phytochemical analysis and antimicrobial potential of methanolic leaf extract of peppermint (*Mentha piperita*: Lamiaceae). *J Med Plants Res*. 2012;6(2):331-335.
3. Soria N, Ramos P. Uso de plantas medicinales en la atención primaria de salud en Paraguay: algunas consideraciones para su uso seguro y eficaz. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*. 2015;13(2).
4. Esquivel-Gutiérrez ER, Noriega-Cisneros R, Bello-González MA, Saavedra-Molina A, Salgado-Garciglia R. Plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana con propiedades antidiabéticas y antihipertensivas. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*. 2012;1(14):45-52.
5. Chirinos R, Pedreschi R, Rogez H, Larondelle Y, Campos D. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*. 2013;47:145-152.

6. Konczak I, Zabaras D, Dunstan M, Aguas P. Antioxidant capacity and phenolic compounds in commercially grown native Australian herbs and spices. *Food Chemistry*. 2010;122(1):260-266.
7. Quesada A. Las plantas medicinales. *Revista Biocenosis*. 2008;21(1-2):20-23.
8. García M AC, Ordonez O IK, Marmol P Z. Determinación del contenido de polifenoles totales y vitamina C presentes en el melón (*cucumis melo L.*). *Revista Estudiantil URU*. 2015;1(2):65-75.
9. OMS. Resistencia a los antimicrobianos: una amenaza mundial. *Boletín de medicamentos esenciales*. 2000(28-29):1-35.
10. Vivot EP, Sánchez C, Cacik F, Sequin C. Actividad antibacteriana en plantas medicinales de la flora de Entre Ríos (Argentina). *Ciencia, docencia y tecnología*. 2012(45):131-146.
11. Gruenwald J, Brendler T, Jaenicke C. *PDR for herbal medicines*: Thomson, Reuters; 2007.
12. Espinosa Moreno J, Centirión Hidalgo D, Mayo Mosqueda A, Cázares Camero JG, Poot Matu JE. *Conocimiento Tradicional de la Flora Tropical Tabasqueña*. 1ª ed. Tabasco, México 2012.
13. Alamelumangai M, Dhanalakshmi J, Mathumitha M, Renganayaki RS, Muthukumaran P, Saraswathy N. In vitro studies on phytochemical evaluation and antimicrobial activity of *Borassus flabellifer* Linn against some human pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2014;7:S182-S185.
14. Fujita A, Borges K, Correia R, Franco BDGdM, Genovese MI. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). *Food Research International*. 2013;54(1):495-500.
15. Rodriguez-Maturino A, Troncoso-Rojas R, Sánchez-Estrada A, et al. [Antifungal effect of phenolic and carotenoids extracts from chiltepin (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) on *Alternaria alternata* and *Fusarium oxysporum*]. *Revista Argentina de microbiología*. 2015;47(1):72-77.

16. Denardin CC, Hirsch GE, da Rocha RF, et al. Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2015;23(3):387-398.
17. Sudha R, K CC, G N. In vitro antioxidant activity of different substituted benzoic acid using 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl radical, abts assay method. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2016;9(3):127-130.
18. Drew WL, Barry AL, Toole R, Sherris JC. Reliability of the Kirby-Bauer Disc Diffusion Method for Detecting Methicillin-Resistant Strains of *Staphylococcus aureus*. *Applied Microbiology*. 1972;24(2):240.
19. Parekh J, Chanda S. In vitro screening of antibacterial activity of aqueous and alcoholic extracts of various Indian plant species against selected pathogens from Enterobacteriaceae. *African Journal of Microbiology Research*. 2007;1(6):092-099.
20. Moreno-Limón S, González-Solís LN, Salcedo-Martínez SM, Cárdenas-Avila ML, Perales-Ramírez A. Efecto antifúngico de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata* L.) sobre la inhibición in vitro de *Aspergillus flavus* y *Penicillium* sp. *Polibotánica*. 2011:193-205.
21. Barros L, Heleno SA, Carvalho AM, Ferreira IC. Lamiaceae often used in Portuguese folk medicine as a source of powerful antioxidants: Vitamins and phenolics. *LWT-Food Science and Technology*. 2010;43(3):544-550.
22. Peñuelas-Rubio O, Arellano-Gil M, Vargas-Arispuro IC, et al. Bioactividad in vitro de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) sobre la inhibición de hongos poscosecha: *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger*, *Penicillium polonicum* y *Rhizopus oryzae*. *Polibotánica*. 2015:183-198.
23. Matkowski A, Piotrowska M. Antioxidant and free radical scavenging activities of some medicinal plants from the Lamiaceae. *Fitoterapia*. 2006;77(5):346-353.
24. Mensor LL, Menezes FS, Leitão GG, et al. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy research*. 2001;15(2):127-130.

25. Kaliyappan M, Nallasamy N, Thirumurthy SPK, Priya S. In vitro Antioxidant Activity in Methanolic Extracts of five Pogostemon Species. *Free Radicals & Antioxidants*. 2017;7(2).
26. Generalić Mekinić I, Skroza D, Ljubenković I, Šimat V, Smole Možina S, Katalinić V. In vitro antioxidant and antibacterial activity of Lamiaceae phenolic extracts: a correlation study. *Food technology and biotechnology*. 2014;52(1):119-127.
27. Azuero A, Jaramillo-Jaramillo C, San Martín D, D'Armas H. Análisis del efecto antimicrobiano de doce plantas medicinales de uso ancestral en Ecuador. *Ciencia UNEMI*. 2016;9(20):11-18.
28. Šamec D, Gruz J, Strnad M, et al. Antioxidant and antimicrobial properties of *Teucrium arduini* L.(Lamiaceae) flower and leaf infusions (*Teucrium arduini* L. antioxidant capacity). *Food and chemical toxicology*. 2010;48(1):113-119.
29. Kumari P, Joshi GC, Tewari LM, Singh BK. Quantitative assessment and antibacterial activity of *Origanum vulgare* L. *Journal of Phytology*. 2011;3(12).

CONTENIDO DE AZARIDACTINA EN EL ACEITE EXTRAÍDO DEL GERMEN DE LAS SEMILLAS Y DE LAS HOJAS DEL ÁRBOL DE NEEM (*Azadirachta indica* A. Juss)

*Angélica Alejandra Ochoa Flores*¹

*Josafat Alberto Hernández Becerra*²

*Eloísa López Hernández*¹

*Rodrigo Campos-Ruíz*¹

*Axel de la Cruz-Sánchez*²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

²Universidad Tecnológica de Tabasco.

I. Resumen

Se obtuvo aceite de neem por el método de extracción con solventes asistida por ultrasonificación. Se evaluó el efecto del solvente, el tiempo y la temperatura de ultrasonificación, sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído del germen de sus semillas y de sus hojas. Todos los factores, así como sus interacciones dobles y triple, mostraron tener efecto sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído. El contenido de azadiractina en el aceite fue favorecida al utilizar acetona como solventes de extracción, incrementar el tiempo de ultrasonificación y disminuir la temperatura de extracción. El contenido de azadiractina en el aceite de las hojas de neem resultó ser mayor que el obtenido en el aceite del germen de sus semillas. La extracción con solventes asistida por ultrasonificación de aceite de neem a partir del germen de sus semillas rindió una máxima concentración de azadiractina de 284 miligramos por gramo de aceite extraído, mientras que la máxima concentración del principio activo en el aceite obtenido de sus hojas fue de 825 miligramos por gramo de aceite.

II. Introducción

En la mayoría de los países productores de frutas y hortalizas, la incidencia de las enfermedades postcosecha representa pérdidas económicas cuantiosas (Juárez-Becerra *et al.*, 2010). Uno de los métodos más empleado para el control de estas enfermedades es la aplicación de plaguicidas sintéticos (Dayan *et al.*, 2009). Sin embargo, los países consumidores demandan productos agrícolas sin residuos de plaguicidas (Serrano *et al.*, 2005). Además, estos compuestos pueden afectar a las poblaciones de diversos organismos benéficos y sus formas tóxicas pueden persistir en el suelo, causando efectos negativos en alimentos y el hombre (Narváez-Valderrama *et al.*, 2012; Tripathi y Dubey, 2004).

El árbol de neem (*Azadirachta indica* A. Juss), es una especie que ha despertado la atención del mundo científico debido a sus múltiples propiedades (Alzohairy, 2016; Pankaj *et al.*, 2011); algunas investigaciones han demostrado que posee un amplio espectro de acción que abarca a más de 400 especies de plagas (Bagle *et al.*, 2013). Más de 100 compuestos terpenoides, cuya actividad biológica ha sido probada, han sido aislados de varias partes del árbol; el más activo de ellos es la azadiractina (Saxena, 1996).

El aceite de neem, que se extrae de sus hojas, semillas o corteza, es muy apreciado por contener azadiractina, además de otros compuestos bioactivos con importantes propiedades funcionales, por lo que se vislumbra su amplia utilización en la conservación de alimentos de origen vegetal (Vargas-López *et al.*, 2012); precursor de una generación de plaguicidas ecológicamente amigables con el entorno (Ogbuewu *et al.*, 2011). Este aceite es generalmente extraído de las semillas del fruto por extrusión mecánica (prensado en frío), o bien empleando solventes (Girish y Shankara-Bhat, 2008).

En años recientes, las nuevas tecnologías de extracción entre las que destaca la extracción con solventes asistida por ultrasonicación, han sido

desarrolladas (Li *et al.*, 2014). Los tratamientos de ultrasonificación empleados durante la extracción con solventes aumentan la eficiencia debido a que favorecen la transferencia de masa y energía por efecto de cavitación (Rathod y Rathod, 2014); fenómeno responsable de la disrupción de paredes celulares, disminución de tamaños de partícula e incremento en la superficie de contacto entre las fases sólido y líquido (Zhu *et al.*, 2015). Si bien los tratamientos de ultrasonificación han demostrado mayor eficiencia de extracción para algunos productos, para otros es necesario evaluar y validar su eficiencia.

III. Objetivos y Metas

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del solvente, proporción sustrato:solvente, tiempo y temperatura de ultrasonificación, en el contenido de azadiractina del aceite de neem extraído del germen de sus semillas y de sus hojas.

La meta, identificar las condiciones para la obtención del mayor contenido de Azadiractina en el aceite de neem, extraído a partir del germen de las semillas y de las hojas.

IV. Materiales y Métodos

Se utilizaron hojas y semillas obtenidas de frutos de neem (*Azadirachta indica* A. Juss); ambos materiales colectados de los árboles de neem localizados en el área de Plantaciones, perteneciente al Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía, de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Sulfato de sodio anhidro, grado analítico, adquirido de Sigma, así como los solventes éter de petróleo, hexano y acetona de Teqsiquim (CDMX).

Obtención del aceite de neem por el método de extracción con solventes

asistida por ultrasonificación. El aceite se obtuvo, para ambos materiales, por el método de extracción con solventes asistida por ultrasonificación, empleando para ello un equipo ultrasónico de la marca Cole-parmer, modelo cpx-956-217r. Las semillas se separaron manualmente de los frutos frescos, maduros, se secaron a temperatura ambiente, a la sombra y posteriormente se les extrajo de forma manual, el germen. El germen se secó también a temperatura ambiente, a la sombra y fue molido entonces para extraer el aceite. Se utilizaron éter de petróleo, hexano y acetona como solventes de extracción, a una relación de germen:solvente de 1:10 (p:v). El material se extrajo a diferentes temperaturas y tiempos de ultrasonificación.

Las hojas frescas se secaron a temperatura ambiente, a la sombra, posteriormente se molieron para llevar a cabo la extracción del aceite. Se utilizó hexano como solvente de extracción, a diferentes proporciones de hoja seca:solvente, temperaturas y tiempos de ultrasonificación. Las mezclas de extracción (aceite de neem:solvente) se separaron de los materiales (hojas o germen de las semillas) por filtración sobre sulfato de sodio anhidro; el solvente fue separado del aceite de neem extraído con ayuda de un rotaevaporador.

Determinación del contenido de azadiractina en el aceite por cromatografía líquida de alta resolución. El contenido de azadiractina en los aceites extraídos a partir de las hojas y el germen de las semillas del neem se determinó por cromatografía líquida de alta resolución, de acuerdo con la metodología descrita por Kaushik (2002). Se utilizó un cromatógrafo de líquidos de alta resolución equipado con un automuestreador Waters717plus, una bomba binaria HPLC Waters 1525, un detector UV-Visible Waters 2487, una columna Alltech de 150 x 3.9 mm empacada con alphaBond C18 tamaño de partícula de 10 μ y tamaño de poro de 125 Å. La fase móvil consistió en agua-acetonitrilo (60:40) a un flujo isocrático de 1 mL/min por 20 min. La detección de azadiractina se llevó a cabo por absorbancia a una longitud de onda de 217 nm. El pico correspondiente a la azadiractina se detectó a los 3.8 minutos y fue validado con un estándar con

pureza de 95 %, certificado de Sigma-Aldrich.

Diseño experimental y análisis estadístico. Para evaluar el efecto del tiempo de ultrasonicación, la temperatura y el tipo de solvente sobre el rendimiento de extracción de aceite a partir del germen de las semillas de neem, se planteó un diseño factorial 3^3 considerando como factores al tiempo de ultrasonicación (10, 20 y 30 min), la temperatura de extracción (20, 30 y 40 °C) y el tipo de solvente empleado (éter de petróleo, hexano y acetona). Los tratamientos evaluados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos propuestos para evaluar el contenido de Azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las semillas de neem

Tratamiento	Solvente	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	Éter de petróleo	20	10
2	Éter de petróleo	20	20
3	Éter de petróleo	20	30
4	Éter de petróleo	30	10
5	Éter de petróleo	30	20
6	Éter de petróleo	30	30
7	Éter de petróleo	40	10
8	Éter de petróleo	40	20
9	Éter de petróleo	40	30
10	Hexano	20	10
11	Hexano	20	20
12	Hexano	20	30
13	Hexano	30	10
14	Hexano	30	20
15	Hexano	30	30
16	Hexano	40	10
17	Hexano	40	20
18	Hexano	40	30
19	Acetona	20	10
20	Acetona	20	20
21	Acetona	20	30
22	Acetona	30	10
23	Acetona	30	20
24	Acetona	30	30
25	Acetona	40	10
26	Acetona	40	20
27	Acetona	40	30

Se utilizó también un diseño factorial 3^3 para evaluar el efecto de las diferentes proporciones de hoja seca:solvente (1:2, 1:4 y 1:6, p/v), temperatura (30, 40 y 50 °C) y tiempo de extracción (10, 20 y 30 min), sobre el rendimiento en la extracción de aceite a partir de las hojas del árbol de neem. Los tratamientos se muestran en el Cuadro 2. Todos los experimentos se realizaron por triplicado; los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza, con posterior análisis de comparación de medias. Se empleó para ello una prueba de Tukey a una $P < 0.05$. El paquete estadístico utilizado fue STATISTICA V. 6.0.

Cuadro 2. Tratamientos propuestos para evaluar el contenido de Azadiractina en el aceite extraído a partir de las hojas del árbol de neem

Tratamiento	Proporción hoja seca:solvente (p/v)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	1:2	30	10
2	1:2	30	20
3	1:2	30	30
4	1:2	40	10
5	1:2	40	20
6	1:2	40	30
7	1:2	50	10
8	1:2	50	20
9	1:2	50	30
10	1:4	30	10
11	1:4	30	20
12	1:4	30	30
13	1:4	40	10
14	1:4	40	20
15	1:4	40	30
16	1:4	50	10
17	1:4	50	20
18	1:4	50	30
19	1:6	30	10
20	1:6	30	20
21	1:6	30	30
22	1:6	40	10
23	1:6	40	20
24	1:6	40	30
25	1:6	50	10
26	1:6	50	20
27	1:6	50	30

V. Resultados

Los resultados obtenidos para el contenido en azadiractina del aceite de neem, en mg/g de aceite extraído, a partir del germen de las semillas y a partir de las hojas del árbol de neem, para cada uno de los tratamientos evaluados, se presentan en los Cuadros 3 y 4, respectivamente.

Cuadro 3. Contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las semillas de neem, para cada uno de los tratamientos evaluados

Solvente	Condiciones empleadas para la extracción		Azadiractina (mg/g de aceite extraído)	
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Promedio	DS
Éter de petróleo	20	10	39.98	5.42
Éter de petróleo	20	20	103.46	3.83
Éter de petróleo	20	30	157.03	34.58
Éter de petróleo	30	10	128.28	14.82
Éter de petróleo	30	20	157.63	24.08
Éter de petróleo	30	30	191.99	42.46
Éter de petróleo	40	10	278.51	71.14
Éter de petróleo	40	20	284.41	46.53
Éter de petróleo	40	30	208.21	10.66
Hexano	20	10	184.37	18.73
Hexano	20	20	164.46	4.56
Hexano	20	30	155.19	5.75
Hexano	30	10	164.59	7.13
Hexano	30	20	154.98	12.16
Hexano	30	30	164.03	4.35
Hexano	40	10	131.75	12.49
Hexano	40	20	52.11	6.48
Hexano	40	30	141.77	8.78
Acetona	20	10	91.49	1.74
Acetona	20	20	211.59	15.35
Acetona	20	30	245.07	57.10
Acetona	30	10	168.65	16.54
Acetona	30	20	218.82	11.23
Acetona	30	30	219.95	13.79
Acetona	40	10	117.69	37.71
Acetona	40	20	213.71	16.74
Acetona	40	30	217.05	9.68

Cuadro 4. Contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las hojas del neem, para cada uno de los tratamientos evaluados

Condiciones empleadas para la extracción				Azadiractina (mg/g de aceite extraído)	
Proporción seca:solvente (p/v)	hoja	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Promedio	DS
1:2		30	10	144.63	13.83
1:2		30	20	157.69	5.78
1:2		30	30	559.36	180.64
1:2		40	10	253.30	217.69
1:2		40	20	358.73	116.38
1:2		40	30	580.34	34.27
1:2		50	10	678.08	129.50
1:2		50	20	632.68	68.12
1:2		50	30	470.20	122.88
1:4		30	10	782.16	84.56
1:4		30	20	620.94	80.43
1:4		30	30	825.17	114.20
1:4		40	10	396.29	69.47
1:4		40	20	448.65	103.49
1:4		40	30	619.62	71.15
1:4		50	10	506.85	160.13
1:4		50	20	590.09	122.02
1:4		50	30	551.77	51.21
1:6		30	10	175.54	54.85
1:6		30	20	674.87	73.27
1:6		30	30	772.75	130.67
1:6		40	10	233.11	51.16
1:6		40	20	499.07	55.73
1:6		40	30	560.47	10.86
1:6		50	10	231.10	81.39
1:6		50	20	366.73	96.52
1:6		50	30	410.50	45.08

VI. Discusión

Al evaluar el efecto del tiempo de ultrasonicación, la temperatura y el tipo de solvente sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las semillas de neem (Cuadro 5), se observa un efecto significativo de los tres factores, de todas sus interacciones dobles, así como de su interacción triple.

Cuadro 5. Análisis de Varianza que describe la influencia de los diferentes factores evaluados sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las semillas de neem

Factores	Grados de libertad (GL) debidos al factor	Suma media de cuadrados (SMC) debida al factor	GL debidos al error	SMC debida al error	F	Valor de P
S	2	12910.447	54	665.334	19.4045	0.00000
TE	2	7677.726	54	665.334	11.5396	0.00000
TI	2	13379.105	54	665.334	20.1088	0.00000
S x TE	4	29758.498	54	665.334	44.7272	0.00000
S x TI	4	10585.497	54	665.334	15.9101	0.00000
TE x TI	4	2760.468	54	665.334	4.1489	0.00529
S x TE x TI	8	4589.475	54	665.334	6.8981	0.00000

El efecto de cada factor (S, solvente; TE, temperatura; TI, tiempo de extracción), así como de sus interacciones dobles y triple, es significativo si el valor de P < 0.05.

En la Figura 1a se presenta el efecto del tipo de solvente sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las semillas; en ésta se observa que la acetona fue el solvente que permitió la obtención del mayor contenido de azadiractina en el aceite, seguida por el éter de petróleo; mientras que el menor contenido de azadiractina fue para los aceites obtenidos con hexano.

La temperatura también mostró un efecto significativo sobre el contenido de azadiractina en el aceite, observando que al aumentar ésta de 20 a 30 °C, el contenido del principio activo en el aceite aumentó; no obstante, su incremento de 30 a 40 °C no mostró diferencia significativa en el contenido de azadiractina (Figura 1b). El tiempo de ultrasonificación presentó también un efecto significativo sobre el contenido de azadiractina en el aceite, siendo mayor su contenido con 20 y 30 minutos de extracción, en comparación con los tratamientos de 10 min (Figura 1c).

En la Figura 2 se muestra el gráfico de valores medios obtenidos para la interacción triple; observando, para el éter de petróleo, un incremento en el

contenido de azadiractina en el aceite extraído a medida que se incrementa la temperatura de ultrasonicación; no así para el hexano o la acetona.

Para el aceite extraído a partir del germen de las semillas de neem, el mayor contenido de azadiractina se alcanzó, utilizando éter de petróleo como solvente, a una temperatura de 40 °C y un tiempo de ultrasonicación de 20 min (284.41 ± 46.53 mg por g de aceite extraído). Un contenido de azadiractina de 278.51 ± 71.14 mg por g de aceite se obtuvo al utilizar las mismas condiciones de temperatura y tipo de solvente, pero con un tiempo de ultrasonicación de 10 min. Las extracciones con acetona, a los tiempos de ultrasonicación de 20 y 30 min, a las tres diferentes temperaturas, rindieron en todos los casos arriba de 200 mg de azadiractina por g de aceite.

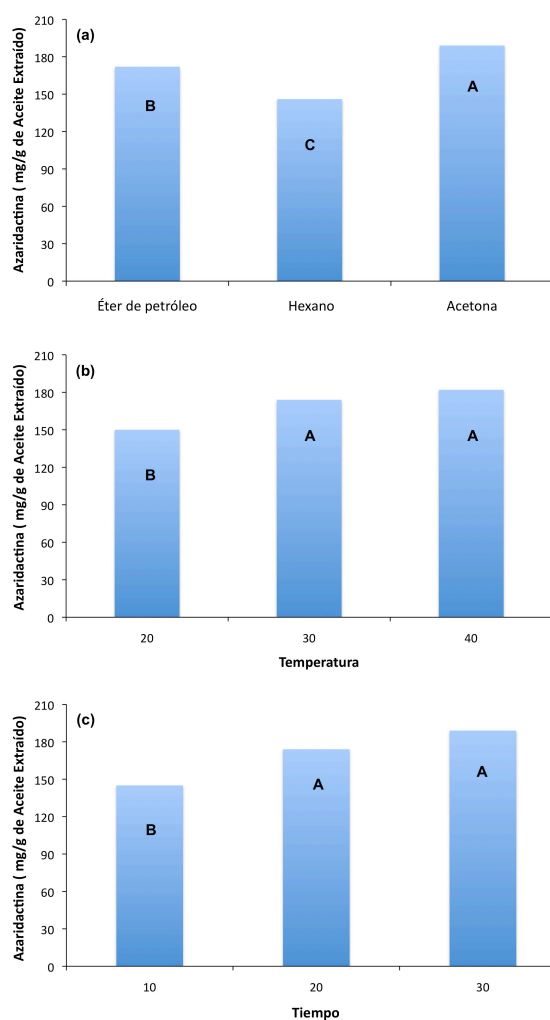


Figura 1. Gráficos de valores medios obtenidos para los efectos principales, (a) tipo de solvente, (b) temperatura y (c) tiempo de ultrasonicación, sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las semillas de neem.

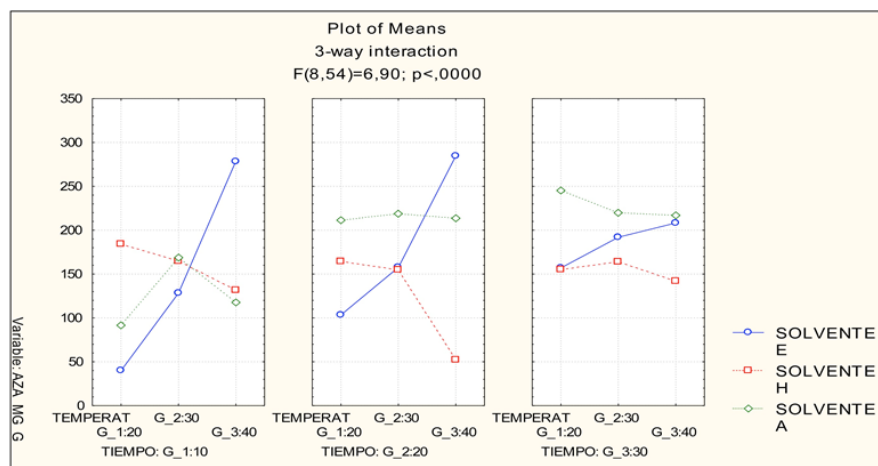


Figura 2. Gráfico de valores medios obtenido para la interacción triple entre el tiempo de ultrasonicación, la temperatura y el tipo de solvente (A, acetona; E, éter de petróleo; H, hexano), sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir del germen de las semillas de neem.

Al evaluar el efecto de los factores proporción hoja seca:solvente, tiempo y temperatura de ultrasonicación, sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir de las hojas del neem, se observa también un efecto significativo de los tres factores, sus interacciones dobles e interacción triple (Cuadro 6).

En la Figura 3a se presenta el efecto de la proporción hoja seca:solvente sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir de las hojas; en ésta se observa que la proporción 1:4 permitió la obtención del mayor contenido de azadiractina en el aceite; no encontrándose diferencia significativa en el contenido de azadiractina entre los aceites extraídos a las proporciones 1:2 y 1:6. En relación con el efecto de la temperatura, la extracción a 30 °C indica el mayor contenido de azadiractina en el aceite; mientras que la temperatura de 40 °C mostró el contenido más bajo (Figura 3b). El tiempo de ultrasonicación presentó

también un efecto significativo sobre el contenido de azadiractina en el aceite, siendo mayor su contenido a medida que se incrementa el tiempo de ultrasonicación (Figura 3c).

Cuadro 6. Análisis de Varianza que describe la influencia de los diferentes factores evaluados sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir de las hojas del árbol de neem

Factores	Grados de libertad (GL) debidos al factor	Suma media de cuadrados (SMC) debida al factor	GL debidos al error	SMC debida al error	F	Valor de P
HS	2	238147.125	54	10042.731	23.71338	0.00000
TE	2	49844.9023	54	10042.731	4.96328	0.01050
TI	2	316671.125	54	10042.731	31.53237	0.00000
HS x TE	4	210248.2656	54	10042.731	20.93536	0.00000
HS x TI	4	73782.5938	54	10042.731	7.34686	0.00000
TE x TI	4	86886.2344	54	10042.731	8.65165	0.00000
HS x TE x TI	8	38488.8594	54	10042.731	3.83251	0.00125

El efecto de cada factor (HS, proporción hoja seca:solvente; TE, temperatura; TI, tiempo de extracción), así como de sus interacciones dobles y triple, es significativo si el valor de P < 0.05.

En la Figura 4 se muestra el gráfico de valores medios obtenidos para la interacción triple; observando, para la proporción hoja seca:solvente de 1:4, a la temperatura de 30 °C y a los 30 minutos de ultrasonicación, el mayor contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir de las hojas (825.18 ± 114.20 mg/g de aceite extraído); seguido por las mismas condiciones de proporción hoja seca:solvente y temperatura, pero con 10 minutos de ultrasonicación (782.17 ± 84.56 mg/g de aceite extraído).

Cabe destacar que, a pesar de haber extraído una menor cantidad de aceite de las hojas de neem en comparación con el aceite extraído del germen de sus semillas, el contenido de azadiractina en el aceite de las hojas de neem, en 21 de los 27 tratamientos evaluados, resultó ser mayor que el más alto contenido de

azadiractina obtenido en los tratamientos para la extracción de aceite a partir del germen de sus semillas. En este sentido, solo un investigador reporta una concentración de azadiractina similar entre el aceite obtenido de las hojas de neem y el aceite obtenido de sus semillas (Arias *et al.*, 2009).

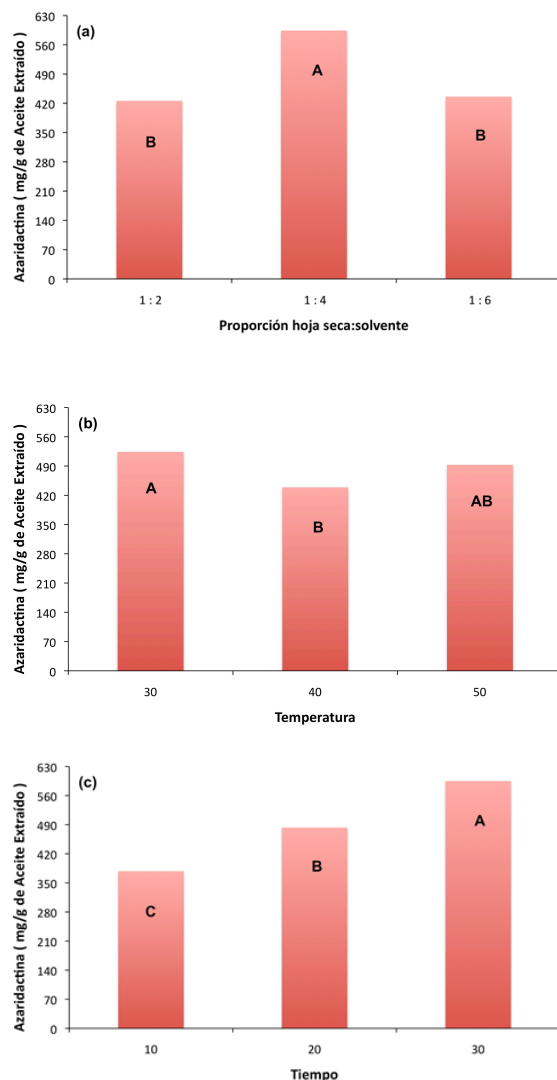


Figura 3. Gráficos de valores medios obtenidos para los efectos principales, (a) proporción hoja seca:solvente, (b) temperatura y (c) tiempo de ultrasonicación, sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir de las hojas del árbol de neem.

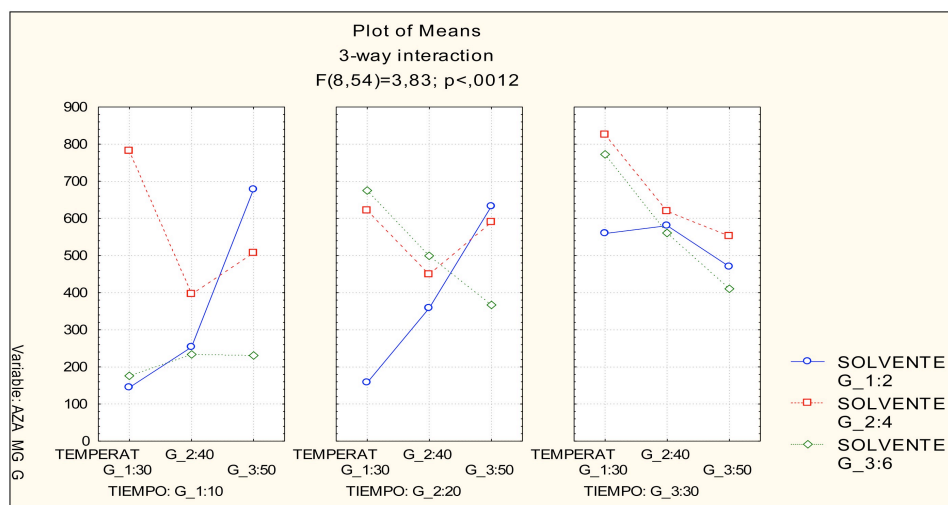


Figura 4. Gráfico de valores medios obtenido para la interacción triple entre el tiempo de ultrasonicación, la temperatura y la proporción hoja seca:solvente (1:2, 1:4, 1:6), sobre el contenido de azadiractina en el aceite extraído a partir de las hojas del árbol de neem.

VII. Conclusiones

La extracción de aceite de neem por el método de extracción con solventes asistida por ultrasonicación, probada a las diferentes condiciones experimentales de acuerdo con los diseños propuestos 3^3 , rindió una máxima concentración de azadiractina en el aceite, obtenido a partir del germen de sus semillas y a partir de sus hojas, de 284 y 825 miligramos por gramo de aceite extraído, respectivamente.

VIII. Referencias

Alzohairy, M.A. (2016). Therapeutics role of Azadirachta indica (Neem) and their active constituents in diseases prevention and treatment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016:1-11.

- Arias, D., Vázquez, G., Acosta, W., Montañez, L., Álvarez, R. y Pérez, V. (2009). Determinación del azadiractina de los aceites esenciales del árbol de neem (*Azadirachta indica*). *Revista Ingeniería UC*, 16(3):22-26.
- Bagle, A.V., Jadhav, R.S., Gite, V.V., Hundiwale, D.G. y Mahulikar, P.P. (2013). Controlled Release Study of Phenol Formaldehyde Microcapsules Containing Neem Oil as an Insecticide. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric*, 62:421-425.
- Dayan, F.E., Cantrell, C.L. y Duke, S.O. (2009). Natural product in crop protection. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17:4022-4034.
- Girish K, Shankara-Bhat S. (2008). Neem—A Green Treasure. *Journal of Biology*, 4:2-11.
- Juárez-Becerra, G.P., Sosa-Morales, M.E. y López-Malo, A. (2010). Hongos fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 4:14-23.
- Kaushik, N. (2002). Determination of azadirachtin and fatty acid methyl esters of *Azadirachta indica* seeds by HPLC and GLC. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 374:1199-1204.
- Li, Y., Zhang, Y., Sui, X., Zhang, Y., Feng, H. y Jiang, L. (2014). Ultrasound-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from perilla (*Perilla frutescens* L.) seeds. *CyTA-Journal of Food*, 12(1):16–21.
- Narváez-Valderrama, J.F., Palacio-Baena, J.A. y Molina-Pérez, F.J. (2012). Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad. *Revista Gestión y Ambiente*, 15:27-38.
- Ogbuewu, I.P., Odoemenam, V.U., Obikaonu, H.O., Opara, M.N., Emenalom, O.O., Uchegbu, M.C., Okoli, I.C., Esonu, B.O. y Iloeje, M.U. (2011). The growing importance of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) in agriculture, industry, medicine and environment: A review. *Research Journal of Medicinal Plants*, 5:230-45.
- Pankaj, S., Lokeshwar, T., Mukesh, B. y Vishnu, B. (2011). Review on neem (*Azadirachta Indica*): thousand problems one solution. *International Research Journal of Pharmacy*, 2:97-102.

- Rathod, S.S. y Rathod, V.K. (2014). Extraction of piperine from Piper Longum using ultrasound. *Industrial Crops and Products*, 58:259-264.
- Saxena, L. (1996). Manual de insecticidas, fungicidas y fitofortificantes ecológicos. Argentina: Ecotenda.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F. y Valero, D. (2005). The use of the natural antifungal compounds improves the beneficial effect oh MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6:115-123.
- Tripathi, P. y Dubey, N.K. (2004). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 32:235-245.
- Vargas-López, J. M., Canett-Romero, R., Robles-Sánchez, M., and Morales-Castro, R. (2012). Aplicación de neem en la conservación de alimentos y salud pública. In Aguilar, G. A. G., Editor, *Nuevas Tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Chapter 13, pages 360–382. Trillas.
- Zhu, C.P., Zhai, X.C., Li, L.Q., Wu, X.X. y Li, B. (2015). Response surface optimization of ultrasound-assisted polysaccharides extraction from pomegranate peel. *Food Chemistry*, 177:139-146.

DETERMINACIÓN DE COBRE, CROMO Y PLOMO EN EL OSTIÓN *Crassostrea virginica* EN TRES BANCOS OSTRÍCOLAS DE LA LAGUNA MACHONA EN TABASCO, MÉXICO

*Julio Miramontes Flores*¹

*Nancy Brito-Manzano*¹

*Perla Vargas-Falcón*¹

*Armando Gómez Vázquez*¹

*Dalila Aldana Aranda*²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*autor de correspondencia: nancy.brito@ujat.mx

I. Resumen

Se determinó el contenido de Cobre (Cu), Cromo (Cr) y Plomo (Pb) en el ostión *Crassostrea virginica*, que es uno de los productos más importantes en la pesquería tradicional del estado de Tabasco. El tejido blando del organismo completo, se procesó bajo los criterios de la NOM-117, en una digestión ácida con HNO₃ y fue analizado con el Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Los resultados demuestran que el ostión presenta altos niveles de Cu, Cr y Pb. Las concentraciones de metales pesados detectados durante los seis meses, se encuentran por arriba de los límites que establecen la NOM-129-SSA1-1995 y por la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos). El banco Don Hermelindo presentó las mayores concentraciones de metales, seguido por el banco Shishal y al último Los Jiménez, siendo el cobre el metal que presentó el mayor contenido a lo largo del estudio (132.06 a 217.67 µg/g⁻¹). Este trabajo refleja la problemática que existe actualmente en el medio ambiente debido principalmente a las actividades industriales, al crecimiento poblacional acelerado y al mal manejo de desechos y descargas de uso doméstico no tratadas.

II.-Introducción

Entre los factores que contribuyen que ingresen al ambiente, de manera continua un número apreciable de sustancias tóxicas, podemos mencionar el desarrollo tecnológico, el crecimiento poblacional y la industrialización, dichos contaminantes tóxicos son aquellas formas de materia que exceden las concentraciones naturales en un sistema y causa impactos negativos en el medio ambiente, entre estos contaminantes tenemos los pesticidas, aceites y grasas, y los metales pesados (1). De estos contaminantes los metales pesados son elementos químicos que el hombre no crea ni destruye, son constituyentes naturales de la corteza terrestre, de rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y del agua. Sin embargo, el papel que el hombre ha desempeñado en la presencia ambiental de metales es, por una parte, introducir en el medio ambiente estos elementos como consecuencia de las distintas actividades humanas y, por otra, alterar la forma química o bioquímica en que se encuentran (2). El impacto que generan estos elementos limita el uso y la explotación de los recursos naturales, debido a que su acumulación sugiere una amenaza a largo plazo para el medio ambiente y la salud pública. Recientemente las investigaciones sobre metales pesados en ecosistemas acuáticos han sido de gran interés debido a la preocupación de proteger el medio ambiente y a causa del papel que algunos de estos elementos juegan en los seres vivos. Existe la imperiosa necesidad de profundizar las investigaciones que permitan conocer el origen y destino de estos elementos para así poder determinar y cuantificar los efectos ecotoxicológicos que tienen sobre toda la biota que habita en estos medios. (3, 4, 5). Los metales pesados han sido identificados como contaminantes de los más peligrosos en ecosistemas acuáticos debido a su persistencia y elevada toxicidad, los de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica son: Hg, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn ya que para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser perniciosa (6).

Es muy probable que el efecto tóxico de muchos metales pesados se deba a su gran afinidad por unirse a los residuos de cisteína de las proteínas, aunque sus consecuencias fisiológicas varían de un metal a otro. Alcanzan niveles altos de toxicidad y se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas por su elevada afinidad química por el grupo sulfidrilo de las proteínas. (7). La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación. La ingesta de metales pesados en los organismos acuáticos puede depender del hábitat y hábitos alimenticios. Las especies filtradoras y organismos planctónicos están más expuestos a los metales pesados disueltos en el agua, o asociados a partículas. Por lo cual, el conocimiento de la distribución de los metales en los sedimentos, permite determinar su disponibilidad en el sistema marino (8), ya que su inclusión en esta matriz ambiental representa un importante reservorio de metales que, eventualmente pueden retornar a la columna de agua por procesos de difusión y mezcla, actividad de los organismos bentónicos y resuspensión (9). Adicionalmente, la biodisponibilidad de metales en los sedimentos tiene una acción directa sobre algunas especies acuáticas, muchas de las cuales acumulan altas concentraciones con efectos crónicos en sus poblaciones (10). Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo determinar las concentraciones Cobre, Cromo y Plomo en el ostión *Crassostrea virginica* que se captura en las aguas costeras de Machona, Tabasco.

III. Objetivos y Metas

Objetivo General

Determinar la concentración de metales pesados (Cu, Cr y Pb) en el ostión *Crassostrea virginica* de la laguna Machona en Tabasco.

Objetivos Específicos

Registrar las concentraciones de metales pesados en el ostión *Crassostrea virginica* provenientes de la laguna Machona en Tabasco.

Comparar las concentraciones de metales pesados presentes en los bancos ostrícolas muestreados.

Meta

Realizar estudios para evaluar el contenido de metales pesados (Cu, Cr y Pb) en el ostión *Crassostrea virginica*.

IV. Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo de septiembre de 2017 a febrero de 2018 en tres bancos ostrícolas (Don Hermelindo, Los Jiménez y Shishal) seleccionados en la laguna Machona en Tabasco (Figura 1), debido a características como su permanencia y abundancia a lo largo de todo el año. Cada mes se recolectaron al azar por medio de buceo autónomo 20 ostiones, las muestras fueron etiquetadas y transportadas en neveras con hielo, a fin de mantenerlas frescas para su posterior fijación y análisis. Los ostiones se desconcharon y el tejido blando fue colocado en crisoles para secarlos en una estufa bacteriológica a 70°C por 48 h. Una vez concluido este periodo, se dejaron enfriar aproximadamente por 2 horas y después las muestras fueron almacenadas en bolsas herméticas dentro de un recipiente cerrado. Una vez secas las muestras se homogenizaron en morteros de porcelana de manera que se obtuviera aproximadamente 25 g para su posterior análisis. Todo el material que se utilizó para el análisis de metales se lavó previamente con HCl 2N y HNO₃ 2N y posteriormente se enjuagó con agua tridestilada (11, 12).

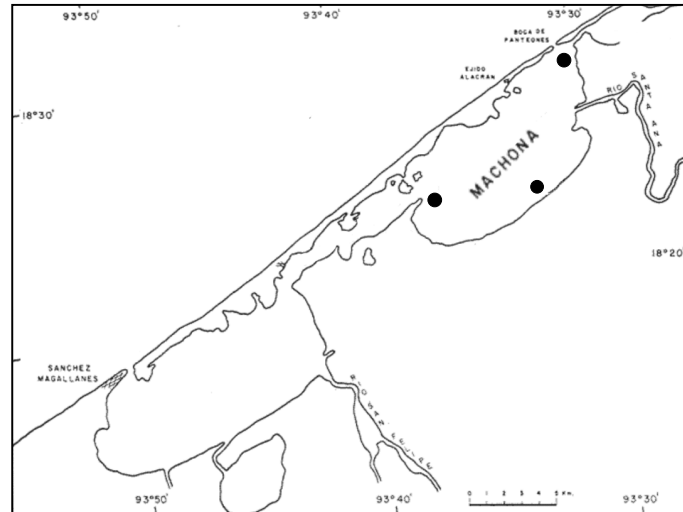


Figura 1.- Ubicación de los bancos ostrícolas seleccionados (marcados con círculos negros) en la laguna de Machona, Tabasco.

Métodos analíticos para metales

La preparación del material empleado en el laboratorio, se realizó bajo las especificaciones para el análisis de metales pesados NOM-117-SSA1-1994 y NOM-242-SSA1-2009 (13), que establece el método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, cromo, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

Para la extracción de metales totales en los ostiones, se pesó 1 g de peso seco en una balanza analítica, colocándolas en matraces micro kjeldahl de 30 ml a los cuales se le agregó ácido nítrico (HNO₃) y ácido perclórico (HClO₄) en una proporción de 6:3 dejándolos tapados con papel parafilm mínimo 12 h a temperatura ambiente para la pre-digestión, con el fin de destruir la muestra orgánica por oxidación. Transcurrido el tiempo, las muestras se colocaron en un digestor iniciando con una temperatura a 100°C rotando el matraz para lavar las paredes de todo residuo orgánico, la temperatura se fue aumentando poco a poco hasta llegar a los 210°C de manera que la mezcla llegue a estado de ebullición, el proceso duró aproximadamente 2 h, tiempo en el que finalmente se obtuvo una

solución clara. Una vez concluido el digestado, los matraces se dejaron enfriar a temperatura ambiente y luego las muestras fueron transferidas a matraces aforados de 25 ml lavándolas con agua desionizada para posteriormente aforar a 25 ml. Las muestras de los matraces aforados fueron homogeneizadas y después transferidas a frascos ámbar de vidrio previamente rotulado. Finalmente, se colocó parafilm Millipore ® en la boca de los frascos ámbar y fueron conservados en refrigeración a 4° C aproximadamente, hasta su lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica (14, 15 y 16). Adicionalmente, fue realizada la optimización de especificaciones instrumentales como; flujo de aire, gas de acetileno, longitud de onda de la lámpara para cada metal y altura de quemador. Pasado el tiempo de estabilización se procedió a introducir los estándares certificados, los cuales se elaboran a concentraciones conocidas con el fin de obtener las curvas de calibración. En éste proceso, por cada cinco muestras se analizó un blanco reactivo y cuatro repeticiones. Para la lectura de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica se utilizaron estándares certificados marca High Purity Standards, para realizar la curva de calibración a cada uno de los metales analizados.

Análisis estadístico. Un análisis de varianza (ANOVA) fue usado para determinar si las concentraciones promedio de metales pesados durante los meses seleccionados fueron diferentes significativamente. La prueba de Cochran's fue usada para probar la homogeneidad de las varianzas; *A posteriori* fue realizada la prueba de comparaciones múltiples de *Tukey* para determinar la diferencia significativa de los datos. El programa estadístico STATISTICA fue empleado para los análisis estadísticos. El nivel de significancia empleado fue $P < 0.05$ (17).

V. Resultados

La mayor concentración de metales pesados obtenida en el organismo del ostión, correspondió al banco Don Hermelindo, seguida por Los Jiménez y Shishal

($P < 0.01$); con una mayor concentración de Cu, después Cr y Pb (Figura 2). La presencia de Cu, Cr y Pb, fue detectada en todas las muestras analizadas de los tres bancos ostrícolas seleccionados en la Laguna Machona. En el Cuadro 1 se presenta el contenido de metales pesados obtenido. Las máximas concentraciones de Plomo, en los bancos ostrícolas, presentaron la siguiente distribución Shishal < Los Jiménez > Don Hermelindo, mientras que el contenido de Cromo fue mayor en Don Hermelindo y en Shishal que en Los Jiménez.

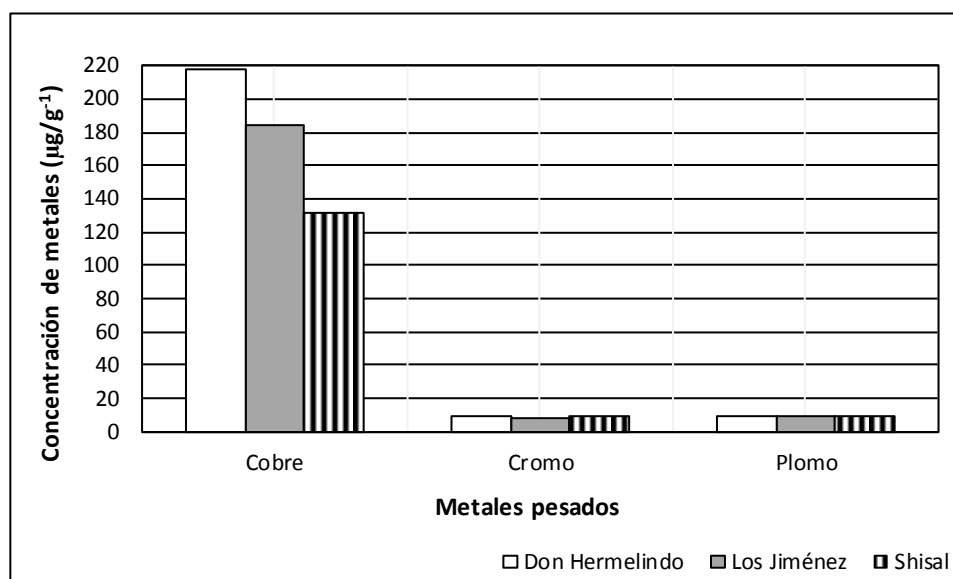


Figura 2.- Concentración de metales obtenida en el ostión *Crassostrea virginica* proveniente de tres bancos ostrícolas de la laguna Machona, Tabasco

Cuadro 1.- Contenido medio y desviación estándar de metales pesados en el ostión *C. virginica* en tres bancos ostrícolas de la laguna Machona, Tabasco.

Bancos ostrícolas	Metales pesados (µg/g ⁻¹)		
	Cobre	Cromo	Plomo
Don Hermelindo	217.67 ± 1.12	9.68 ± 1.97	8.96 ± 1.07
Los Jiménez	183.91 ± 1.35	8.66 ± 1.04	9.90 ± 0.93
Shishal	132.06 ± 1.03	9.63 ± 0.88	9.64 ± 0.96

Al realizar la comparación del contenido de metales en los tejidos del ostión durante los seis meses muestreados, se encontró que de manera general Don

Hermelindo presentó las mayores concentraciones de Cobre y Cromo y que fueron significativamente diferentes del contenido encontrado en Los Jiménez y Shishal ($P < 0.05$) (Figura 3), mientras que el contenido de Plomo fue Don Hermelindo < Shishal < Los Jiménez.

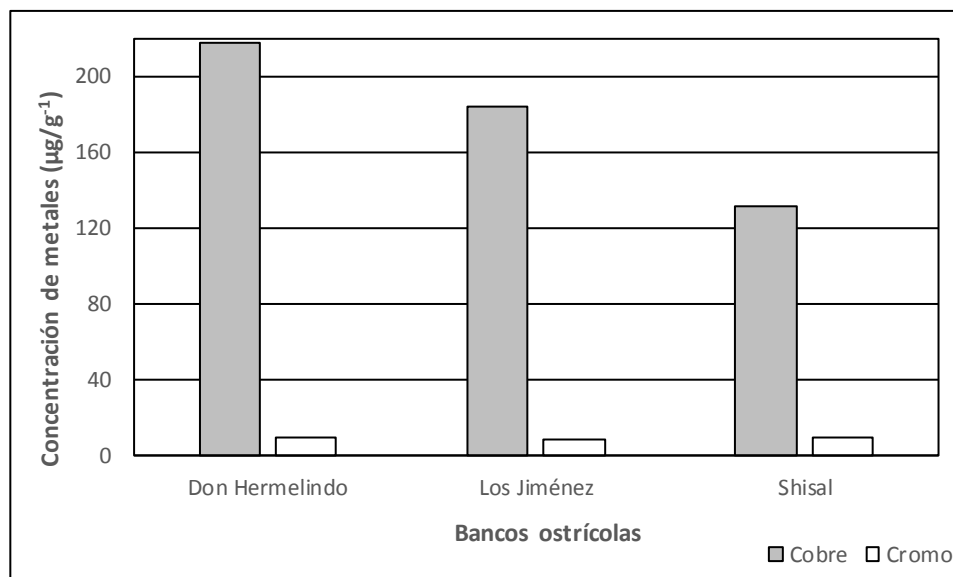


Figura 3.- Concentración de Cobre y Cromo en el ostión *Crassostrea virginica* proveniente de tres bancos ostrícolas de la laguna Machona, Tabasco.

VI. Discusión

Los problemas de contaminación de las zonas costeras, así como sus efectos nocivos han sido demostrados en organismos que habitan en estuarios, lagunas y humedales (18). La mayoría de las investigaciones sobre la evaluación de metales pesados en organismos han sido centradas en bivalvos como mejillones y ostiones, los cuales han recibido considerable vigilancia para el monitoreo de metales traza, debido a su capacidad para reflejar los niveles ambientales de los contaminantes en ecosistemas estuarinos y marinos (19).

Botello y colaboradores (20), consideran la existencia de una tendencia al aumento en la contaminación por metales en las zonas costeras del Golfo de

México, particularmente por la presencia de Plomo, Cadmio, Cobre y Cromo, los cuales se ha comprobado que pueden producir efectos toxicológicos adversos en los organismos que habitan zonas costeras mexicanas, como la laguna Machona.

Los niveles de metales obtenidos en *C. virginica* para la laguna Machona se encuentran por arriba del límite de lo estipulado por la NOM- 242-SSA1-2009, la cual fija un valor de Pb $1.0 \mu\text{g g}^{-1}$; Sin embargo, el Cobre y el Cromo son de los metales que se encuentran sin normar en la legislación nacional en organismos de importancia comercial como moluscos, crustáceos y peces; por lo cual se tiene que recurrir a legislaciones internacionales para poder conocer cómo están los contenidos de esos metales en nuestro país.

En *C. virginica* procedente de las lagunas de Alvarado, Mandinga y Tamiahua (21), se obtuvieron valores de cobre de $278.00 \pm 264.3 \mu\text{g g}^{-1}$, $165.75 \pm 133.7 \mu\text{g g}^{-1}$, $202.43 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente; que fueron similares a los obtenidos en éste trabajo, mientras que para el ostión *C. corteziensis*, se registraron valores de Cu $166.36 \pm 38.70 \mu\text{g g}^{-1}$ (22) que son inferiores a los de este estudio. El estudio más reciente realizado en la laguna Carmen (23), reporta valores de cobre de $126.23 \mu\text{g g}^{-1}$ para *C. virginica*, los cuales son más bajos que los encontrados aquí.

Con relación al contenido de Plomo, en el sistema lagunar Carmen-Machona-Pajonal (24), se registró un valor de $1.0 \mu\text{g g}^{-1}$, el cual es 8 veces más bajo que el que encontramos en la laguna Machona (8.96 a $9.90 \mu\text{g g}^{-1}$); sin embargo, el trabajo realizado en la laguna Carmen (23), reporta valores entre 8.62 y 9.43 que son similares a los reportados en el presente trabajo. En trabajos realizados en lagunas de otros estados, los valores son similares o inferiores a los obtenidos para el ostión *C. virginica* (0.86 a 9.40 mg/L) proveniente de diversas lagunas del estado de Veracruz: Alvarado, La Mancha, Tamiahua y de la laguna San Andrés en Tamaulipas, así como también en valores reportados para peces y crustáceos, en la laguna El Yucateco en el estado de Tabasco en estudios

realizados de 1994 al 2013. Guzmán-Amaya *et al.* (21), reportan que las concentraciones promedio de plomo en ostión de las lagunas de Alvarado, Mandinga y Tamiahua, Veracruz, estuvieron por encima del límite máximo permisible promedio de $32.5 \mu\text{g g}^{-1}$ de la FAO y de $1.7 \mu\text{g g}^{-1}$ de la FDA, respectivamente, así como también excedieron los límites de $1.0 \mu\text{g g}^{-1}$, que marca la NOM-031-SSA1-1993 (13).

En cuanto al contenido de Cromo, son relativamente pocos los trabajos que reportan éste metal en ostiones, Guzmán-García *et al.* (25) en la laguna Mandinga, Veracruz registraron valores de $6.43 \mu\text{g g}^{-1}$ que son inferiores a los encontrados en el presente estudio (8.66 a $9.68 \mu\text{g g}^{-1}$). El trabajo de Guzmán Amaya *et al.* (21) reportan valores de éste metal, de 10.60, 21.06 y 33.66 ppm en las lagunas de Alvarado, Mandinga y Tamiahua, Veracruz, respectivamente, superiores a los encontrados en esta investigación. Villanueva y Botello (26), trabajando con diferentes especies de peces (mojarra blanca, robalo, liseta, castarrica jurel, ronco, entre otros) y con la jaiba azul en la laguna El Yucateco, Tabasco, reportan valores de 0.05 a 0.57 ppm en peces y de 0.05 a 0.46 ppm en la jaiba azul, valores muy inferiores a los registrados en este trabajo. Estos son los únicos trabajos reportados en relación con la concentración de Cromo en organismos acuáticos en México.

Los altos contenidos de metales pesados en el ostión *C. virginica*, se pueden deber a fuentes de contaminación eventuales o permanentes que fueron observadas durante los meses del trabajo, tales como los asentamientos humanos irregulares observados a lo largo de la laguna Machona, a los escurrimientos pluviales debido a su acarreo de zonas de cultivo de caña, piña, tamarindo y sandía donde se emplean fertilizantes además de plaguicidas; así como aguas residuales domésticas sin tratamiento que son vertidas directamente a la laguna y cuyo volumen a la fecha no ha sido calculado.

Existe también una abundante dispersión de residuos sólidos que son generados por las casas que se encuentran presentes en las orillas e inmediaciones de la laguna, tiraderos a cielo abierto y desechos generados por las actividades pesqueras (pescaderías y cooperativas pesqueras que vierten restos de pescado, vísceras y escamas directamente a la laguna), agrícolas, ganaderas, residuos de la construcción, productos electrónicos y vehículos automotores; debido, tal vez al mal manejo de desechos o un ineficiente sistema en la recolección de basura (24).

En nuestro país hace falta realizar pruebas estandarizadas, así como establecer programas de vigilancia para que puedan ser determinados los umbrales de los metales pesados que no están normados; aunado a lo anterior, también es recomendable la evaluación y seguimiento de las potenciales fuentes de metales para vincularlos con el área de captura de las especies pesqueras de interés comercial y /o diseñar una estrategia de tratamiento para evitar en un grado mayor la contaminación de las lagunas costeras, así como el daño a la salud pública por el consumo de organismos contaminados.

VII. Conclusión

Los niveles de Cobre, Cromo y Plomo registrados en el ostión *Crassostrea virginica* se encuentran por arriba de los límites permisibles establecidos por la NOM-031SSA1-1993 y por la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos), por lo que se considera que pueden representar un riesgo para la salud humana.

VIII. Referencias

- 1.- Hart, C. y Fuller, S. (1974). *Pollution Ecology of Freshwater invertebrates*. New York: Academic Press Inc.

- 2.- Moreno, M. (2003). *Toxicología Ambiental "Evaluación de riesgos para la salud humana"*. Madrid: Mc Graw-Hill Interamericana.
- 3.- Morse, J., Presley, B., Taylor R., Benoit, G. y Santschi, P. (1993). Trace metal chemistry of Galveston Bay: water, sediments and biota. *Mar. Envir. Res*, 36, 1-37.
- 4.- Rainbow, P. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Mar. Poll. Bull*, 31 (4 – 12), 183 -192.
- 5.- Rainbow, P (1993). *The significance the trace metal concentration in marine invertebrates*. En: Lewis, P. (Ed.). *Ecotoxicology of metals in invertebrates*. (pp. 3-23). Boca Raton: Musa.
- 6.- Martínez-Tabche, I., Gómez-Oliván, I., Martínez, M., Castillo, C. y Santiago, A. (2000). Toxicity of nickel in artificial sediment on acetylcholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, *Moina macrocopa*. *J. Environm. Hid*, 8 (4),1-10.
- 7.- Thomas, G., Spiro, W. y Stigliani, M. (2006). *Química medioambiental* (2ª ed.). Barcelona: Narcea.
- 8.- Cosma, B.R., Frache, F., Baffi, N. y Dadone, A. (1982). Trace metals in sediments from the Ligurian coast, Italy. *Mar. Poll. Bull*, 13, 127-132.
- 9.- Meyerson, A., Luther, G., Krajewski, J. y Hires, E. (1981). Heavy metals distribution in Newark bay sediments. , 12, 244-250.
- 10.- Acosta, V., Lodeiros, C. y Senior, W. (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, 27, 686-690.
- 11.- Bertini, K.K., Martin, J.H. y Teal, J.M. (1976). *Aids to analysis of seawater*. En: Goldberg, E.D. (Ed.). *Strategies for marine pollution monitoring* (pp. 217-253). Chicago: J. Wiley and Sons.
12. Moody, J.R. y Lindstrom, R.M. (1977). Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace elements samples. *Analytical Chemistry*, 49, 2264-2267.
- 13.- Diario Oficial de la Federación. (1996). Norma Oficial Mexicana Bienes y Servicios NOM-129-SSA1-1995. Productos de la pesca: secos-salados,

- ahumados, moluscos cefalópodos y gasterópodos frescos-refrigerados y congelados. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México: Autor.
- 14.- Loring, D.H. (1976). Geochemistry of cobalt, nickel, chromium and vanadium in the sediments of the Estuary and Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal Earth Science*; 16, 1196-1209.
 - 15.- Páez-Osuna, F. (1988). *Geoquímica de los metales pesados en los sedimentos del Mar de Cortés*. México: UNAM.
 - 16.- Agemian, H. y Chau, ASY. (1976). Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. *Analyst*, 101 (1207), 761-767.
 17. Prieto Valiente, L. y Herranz, Tejedor I. (2010). *Bioestadística sin dificultades matemáticas*. Madrid: Díaz de Santos.
 - 18.- Vázquez, S.M.L., Aguirre, G.G., Pérez, C.R., Rábago, C.J. y Genaro, S.J. (2005). Contenido de cadmio y plomo en agua, ostión y sedimento de la laguna de San Andrés, Aldama, Tamaulipas. *Ciencia y Desarrollo*, IX (27), 3 - 9.
 - 19.- Villanueva, F.S. y Páez, O.F. (1996). *Niveles de metales en el Golfo de México: agua, sedimentos y organismos*. En: Botello, A.V., Rojas, G.L., Benítez, J.A., Zarate, L.D. (Eds.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias*. (pp. 309-347). Campeche: UAC-EPOMEX.
 - 20.- Botello, V.A., Villanueva, F.S. y Rosales, H.L. (2004). *Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México*. En: Caso, M., Pisanty, I. y Ezcurra, E. (Eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. (pp. 683-710). México: SEMARNAT-INE.
 - 21.- Guzmán Amaya, P., Villanueva, F.S. y Vásquez Botello, A. (2005). *Metales en tres lagunas costeras del estado de Veracruz*. En: Botello, A.V, Rendón von Osten, J., Gold Bouchot, G. y Agraz-Hernández, C. (Eds.). *Golfo de México contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. 2ª. Edición. (pp 361-372). México: UNAM.
 - 22.- Frías, E.M., Osuna, L.I., Bañuelos, G., López, V.I., Muy, L.G., Izaguirre, F.G., Rubio, C.W., Meza, G.P. y Voltolina, D. (2009). Cadmium, copper, lead and

- zinc contents of the mangrove oyster, *Crassostrea corteziensis*, of seven coastal lagoons of NW Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 83, 595-599.
- 23.- Vargas-Falcón, P., Brito-Manzano, N., Miramontes-Flores, J., Gómez-Vázquez, A. y Hernández Cruz, A. (2018). Determinación de Cadmio, Plomo y Zinc en el ostión *Crassostrea virginica* de la laguna El Carmen, Tabasco, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 70, 257-261.
- 24.- Navarrete-Rodríguez, G., Castañeda-Chávez, M.R. y Lango-Reynoso, F. (2013). *Metales pesados en pesquerías de las lagunas Carmen-Machona, Tabasco. Evaluación de metales pesados en recursos pesqueros del complejo lagunar Carmen-Machona-Pajonal, Tabasco.* Deutschland, Alemania: Académica Española.
- 25.- Guzmán-García, X., Botello, A.V., Martínez-Tabche, L. y González-Márquez, H. (2009). Effects of heavy metals on the oyster (*Crassostrea virginica*) at Mandinga Lagoon, Veracruz, Mexico. *Rev. Biol. Trop*, 57 (4), 955-962.
- 26.- Villanueva, F.S. y Botello, A.V. (2005). *Vigilancia y presencia de metales tóxicos en la laguna el Yucateco, Tabasco, México.* En: Botello, A.V., Rendón von Osten, J., Gold Bouchot, G. y Agraz-Hernández, C. (Eds.). *Golfo de México contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias.* 2ª. Edición. (pp 407-430). México: UNAM.

CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DEL GASTERÓPODO *Pomacea diffusa* (BLUME, 1957) CON TRES DIETAS DISTINTAS

*Nicolás Vite-García*¹

*Ernesto Sosa Fernández*²

*Lenin Rangel López*¹

*Serapio López Jiménez*¹

*Irma Gallegos Morales*¹

*Martha Alicia Perera-García*²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

I. Resumen

Los gasterópodos de la familia Ampullariidae presentan una importante plasticidad en cuanto a su alimentación, presentando tres principales modos de alimentación: macrofitófagos, micrófagos y zoófagos. Sin embargo, tiene preferencia por macrófitas y hojas verdes. En este trabajo se compara el crecimiento, sobrevivencia y morfometría de *Pomacea diffusa* alimentado con dos dietas de origen vegetal (lechuga y hojas de chaya) y una tercera dieta compuesta de alimento balanceado para peces ornamentales. La sobrevivencia en los 3 tratamientos fue superior al 93%. Al final del cultivo (100 días) los organismos del tratamiento del alimento balanceado alcanzaron el mayor crecimiento, tanto en altura (33.3 ± 1.8 mm), como en peso fresco (7.9 ± 1.2 g). No se presentaron diferencias significativas entre los caracoles de los dos tratamientos vegetales a lo largo de todo el cultivo, ni en altura ni en peso, alcanzando los del tratamiento de lechuga una altura final de 28.2 ± 2.2 mm y un peso final de 4.4 ± 0.9 g, y aquellos del tratamiento de chaya tuvieron una altura y peso finales de 26.9 ± 2.7 mm y 3.9 ± 1.1 g. Se realizaron análisis de regresión entre las variables de altura y peso fresco para los caracoles de los 3 tratamientos de dietas, siendo

la ecuación potencial la que presentó un mejor ajuste (r^2), con una pendiente significativamente mayor para los tratamientos de alimento balanceado y lechuga en comparación con los de chaya.

II. Introducción

Los caracoles del género *Pomacea* son gasterópodos prosobranquios miembros de la familia Ampullariidae que se caracterizan por tener un pie móvil carnoso y una concha con forma semi globosa de la cual adquieren su nombre común de caracoles manzana. Aunque se trata de organismos acuáticos, sus características les permiten tener una vida semi-terrestre (Seuffert y Martin 2010), y por lo tanto son considerados anfibios. La presencia de branquias y pulmones incrementa su resistencia y sobrevivencia, tanto en periodos húmedos como secos (Cowie 2002; Watanabe *et al.* 2015). Sin embargo, ellos necesitan acceso al aire durante los periodos de inundación ya que, sin este, puede haber efectos adversos en su actividad, alimentación y sobrevivencia (Seuffert y Martin, 2010). Los caracoles manzana también pueden hibernar por largos periodos (Cowie 2002; Burlakova *et al.* 2010; Bae 2015; Watanabe *et al.* 2015), permaneciendo inactivos o enterrados durante el invierno (Damborenea, 1996; Seuffert y Martin 2010; 2013; Watanabe *et al.* 2015) o en estaciones calientes y secas como las que ocurren en el Amazonas (Cowie, 2002). *Pomacea diffusa* es nativo de la Cuenca amazónica y su llanura de inundación (Simone 2006; Hayes *et al.* 2008) y se encuentra ampliamente distribuido alrededor del mundo, principalmente como resultado de su comercio para la acuariofilia (Horgan *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2017).

Los caracoles manzana tienen una importancia ecológica siendo parte de redes tróficas como consumidor primario y depredador, por lo que algunas especies se han convertido en plagas en diferentes regiones del mundo (Joshi y Sebastian 2006; Burkalova *et al.*, 2009; Kwong *et al.*, 2009; Baker *et al.*, 2010; Byers *et al.*, 2013). Pero no únicamente se trata de organismos consumidores y

depredadores, los caracoles *Pomacea* juegan un rol crucial en el ecosistema como presas de depredadores tales como el gavilán o milano caracolero (*Rosthramus sociabilis*) y el Caraú (*Aramus guarauna*), aves que tienen a los caracoles de este género como su principal alimento (Mapelli y Kittlein, 2011, Bergmann *et al.*, 2013, Hayes *et al.*, 2015). También son depredados por otras aves generalistas, peces, tortugas y lagartos.

En términos de su alimentación, los caracoles *Pomacea* se consideran organismos generalistas con una importante plasticidad en relación con su nicho trófico, teniendo tres principales modos de alimentación: 1) macrofitófagos o herbívoros cuando se alimentan de macrófitas u hojas verdes; 2) micrófagos cuyo se alimentan de microalgas adheridas a las superficies también llamado perifiton; y 3) zoófagos cuyo se alimentan de insectos, pequeños peces, otras especies de caracoles u otros animales, vivos o muertos (Baker *et al.*, 2010; Vázquez-Silva *et al.*, 2011; Hayes *et al.*, 2015). A pesar de que las macrofitas, el perifiton y los detritus de plantas se han considerado las principales fuentes de alimento para los caracoles manzana (Estebenet y Cazzaniga, 1992; Fellerhoff, 2002; Shuford *et al.*, 2005; Kwong *et al.*, 2010), existen trabajos que demuestran que el crecimiento se puede ver favorecido con el aporte de proteína animal en su dieta (Mendoza *et al.*, 1999; 2002; Iriarte y Carranza, 2007).

La acuicultura de los gasterópodos del género *Pomacea* puede constituir una actividad económica que represente ganancias con una inversión muy baja. Entre las ventajas de los caracoles manzana para la acuicultura se encuentran su naturaleza anfibia que le permite tolerar aguas con bajo contenido de oxígeno y soportar el hacinamiento. Además, poseen una fecundidad relativamente alta, un elevado porcentaje de eclosión, baja mortalidad, un periodo de desarrollo corto y un estado de eclosión avanzado, lo cual aumenta las perspectivas para su cultivo. La posibilidad de permanecer largos periodos fuera del agua, permite un mejor manejo y transportación al mercado (Mendoza *et al.*, 2002). Para que los proyectos de cultivo de *P. diffusa* tengan éxito, es importante determinar los

principales parámetros de su cultivo con el fin de obtener un crecimiento y sobrevivencia adecuados, en el menor tiempo posible. Hasta el día de hoy no existen trabajos relacionados con el cultivo de *Pomacea diffusa*, por lo tanto, es importante comenzar a generar información que sirva de base para futuros proyectos acuaculturales con esta especie. Debido a su plasticidad alimentaria, con una supuesta preferencia por alimentos vegetales, en el presente trabajo se evalúa el crecimiento y sobrevivencia de *Pomacea diffusa* con tres diferentes fuentes de alimento, dos de ellas vegetales (Chaya: *Cnidoscolus chayamansa* y Lechuga: *Lactuca sativa*) y una tercera constituida por alimento balanceado para peces ornamentales en forma de hojuelas.

III. Método.

Sistema de recirculación

Se instaló un sistema de recirculación de 9 acuarios de 40 L cada uno, conectados por medio de PVC hidráulico de 1" a un filtro reservorio de 70 L, conteniendo una etapa de filtración mecánica y otra con material para la filtración biológica. Se utilizó una bomba sumergible (Resun™ SP6000) para la recirculación del agua. No se agregó aireación ni filtración química. Una vez instalado el sistema, se rellenó con agua corriente y se dejó correr un mes en recirculación con el fin de lograr la estabilización del filtro biológico. Los parámetros de calidad del agua fueron medidos cada semana durante el cultivo y se mantuvieron en: Temperatura: 26-30 °C, pH: 7-7.4, O₂: > 4.0 mg/l, NO₃: > 5 mg/l, NO₂: 0.0 mg/l, NH₃: 0.0 mg/l.

Diseño experimental

En cada uno de los 9 acuarios, se introdujo un total de 10 caracoles al azar de una población total con una altura promedio de 20.7 ± 3.1 mm y peso promedio de 2.2 ± 0.8 g. Se utilizaron 3 acuarios para cada uno de los 3 tratamientos de

dieta (3 réplicas). Las dietas de los tratamientos fueron: 1) Alimento balanceado para peces ornamentales; 2) Lechuga: *Lactuca sativa*; y 3) hojas de Chaya: *Cnidoscolus chayamansa* (Tabla 1). Cada día (de lunes a sábado) se agregó una cantidad suficiente de cada dieta en los 9 acuarios, con el fin de alimentar a los caracoles a saciedad. Una vez al día, por las mañanas, cada acuario fue sifoneado y se extrajeron las hojas remanentes de las dietas vegetales y todo el alimento no consumido, y se reemplazó el agua extraída para mantener el mismo nivel. El experimento se llevó a cabo durante 100 días dentro de los cuales se realizaron 6 muestreos para mediciones biométricas.

Mediciones biométricas

Para las mediciones biométricas, cada uno de los caracoles en cultivo fue medido y pesado durante los muestreos. Como medida de su altura se consideró desde el ápice hasta el margen inferior del peristoma de la concha, y se midió utilizando un vernier electrónico con precisión de 0.2 mm. Para el registro del peso fresco se retiró el exceso de humedad con una toalla de papel y se utilizó una balanza Scout^R Pro (Ohaus) con precisión de 0.01 g.

Análisis de datos

Se realizó un análisis exploratorio de datos, tanto para la altura como para el peso, durante cada uno de los 6 muestreos. Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre las réplicas de los tratamientos durante cada muestreo. Una vez verificado su carácter de réplicas, los 30 datos de cada tratamiento fueron agrupados. Para cada muestreo, se realizó un análisis de varianza de una vía para determinar diferencias significativas en altura o peso fresco (variables dependientes) entre los 3 tratamientos de dietas (variable independiente). Para cada tratamiento, se calculó una tasa de crecimiento para los periodos entre muestreos, así como para el periodo completo del experimento.

Análisis morfométrico

Se realizaron análisis de regresión entre las mediciones de longitud y peso fresco para todos los datos de los tres tratamientos de acuerdo con el Modelo II de regresión, en el cual ambas variables son aleatorias (Steel y Torrie 1988). Se probaron tres tipos de modelo de regresión:

Modelo Lineal: $PF = a + Ab$

Modelo potencial: $PF = a A^b$

Modelo exponencial: $PF = a e^{Ab}$

Siendo PF el peso fresco en gramos, A la altura de los caracoles en milímetros, a la ordenada al origen y b el valor de la pendiente. Se utilizó el parámetro r^2 (coeficiente de determinación) para determinar el tipo de modelo (lineal, potencial o exponencial) que mejor se ajusta a los datos.

El valor de la pendiente determina la tasa de aumento de peso en relación con el aumento de longitud, lo cual es un reflejo de la capacidad de los organismos de asimilación y acumulación de materia orgánica e inorgánica, principalmente proveniente de la dieta. Por lo tanto, se realizaron pruebas de pendiente b , entre las regresiones obtenidas de los tres diferentes tratamientos, con el fin de determinar diferencias significativas entre éstas (Glantz, 1997). El procedimiento para comparar dos pendientes es una extensión directa del hecho de que las pendientes observadas siguen la distribución t . Para probar la hipótesis de que los caracoles de dos tratamientos provienen de poblaciones con la misma pendiente de su línea de regresión, se calculó:

$$t = \frac{\text{difference of regresion slopediferencia de las pendientes de la regresión}}{\text{error estándar de la diferencia de pendientes}}$$

O, en términos matemáticos

$$t = \frac{b_1 - b_2}{S_{b_1 - b_2}}$$

Dónde los subíndices 1 y 2 se refieren a los datos de la primera y segunda línea de regresión. Este valor de t fue comparado con el valor crítico de la distribución t con $v = n_1 + n_2 - 4$ grados de libertad (Glantz, 1997).

Cuadro 1. Contenido nutricional de las tres dietas utilizadas para el experimento (g per 100 g).

	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Cnidocolus chayamansa</i>	Dieta Balanceada
Calorias	<13	64	--
Grasa total (g)	<0.2	1	5
Proteinas (g)	1.2	6	42
Carbohidratos totales (g)	2.3	11	6

IV. Resultados

En relación con la sobrevivencia, únicamente se presentaron 2 organismos muertos en el tratamiento de alimento balanceado y 1 organismo en cada uno de los dos tratamientos vegetales, por lo que la sobrevivencia resultó de 93.3% para los caracoles del alimento balanceado, y de 96.6 % para los dos tratamientos vegetales.

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis no mostraron diferencias significativas entre las réplicas de los tratamientos en ningún muestreo, por lo que los datos de cada tratamiento fueron agrupados para realizar los análisis de varianza. Durante los análisis de varianza, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en altura (20.66 ± 3.1 mm) y peso fresco (2.2 ± 0.8 g) entre los caracoles de los diferentes tratamientos al inicio del experimento ($F= 0.44$ y $F = 0.20$, respectivamente). Durante el primero muestreo (15 días después de iniciado el experimento) no hubo diferencias significativas en altura (21.7 ± 3.2) ($F= 0.44$), pero sí hubo diferencias en cuanto al peso ($F = 2.31$), teniendo los caracoles alimentados con balanceado un peso significativamente mayor (2.8 ± 1.2) que los caracoles del tratamiento de chaya (2.3 ± 0.6) (Fig. 1).

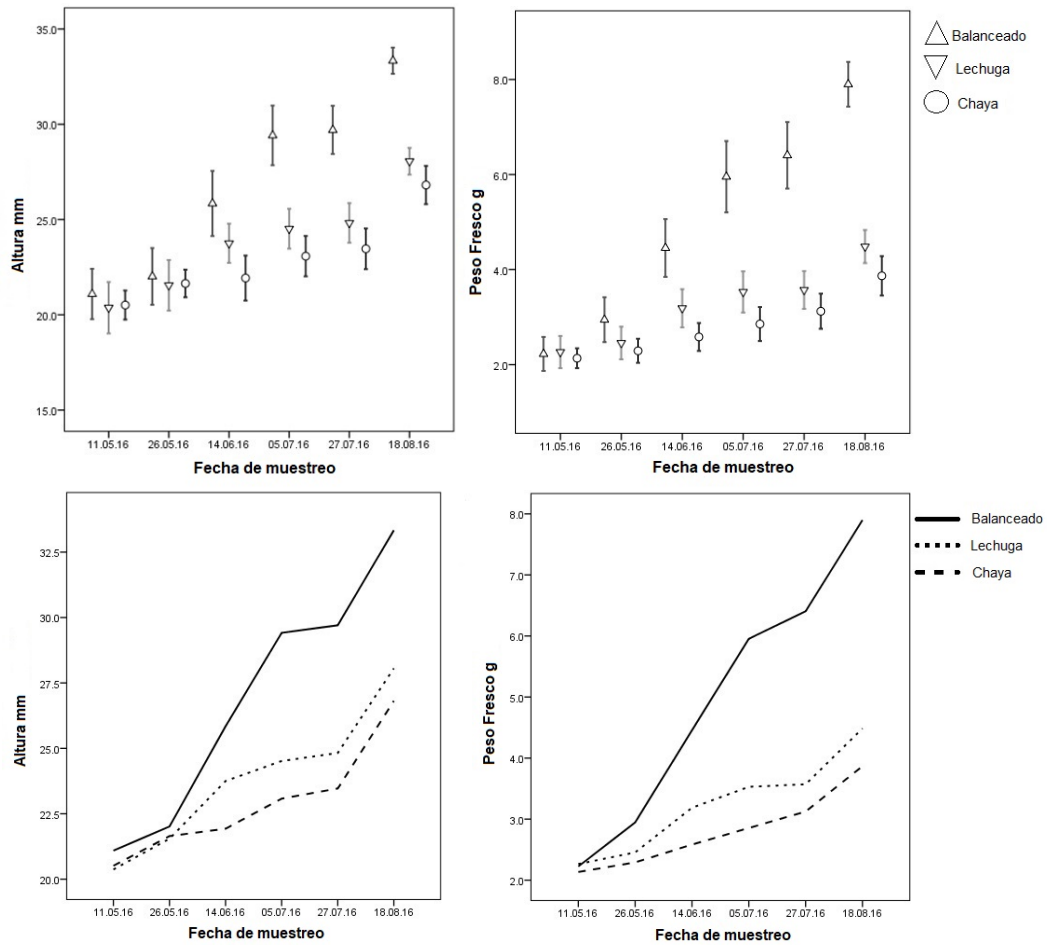


Figura 1. Crecimiento en altura (mm) y peso (g) de *Pomacea diffusa* con los tres tratamientos de dietas.

Durante el segundo muestreo, 34 días después de comenzado el experimento, los caracoles alimentados con balanceado tuvieron la mayor altura (25.8 ± 4.4 mm), sin diferencias significativas con relación a los caracoles alimentados con lechuga (23.7 ± 2.8 mm) y significativamente distintos de aquellos alimentados con chaya (21.9 ± 3.1 mm) ($F = 8.97$).

Considerando el peso, los caracoles alimentados con balanceado (4.5 ± 1.6 g) presentaron un mayor crecimiento que los de los otros dos tratamientos (lechuga: 3.2 ± 1.1 g; chaya: 2.6 ± 0.8 g), con diferencias significativas ($F = 18.46$). Desde ese muestreo hasta el final del experimento, los caracoles del tratamiento de alimento balanceado crecieron más, tanto en altura (altura final de 33.3 ± 1.8

mm), como en peso (peso final de 7.9 ± 1.2 g). No se presentaron diferencias significativas entre los caracoles de los dos tratamientos vegetales a lo largo de todo el cultivo, ni en altura ni en peso, alcanzando los del tratamiento de lechuga una altura final de 28.2 ± 2.2 mm y un peso final de 4.4 ± 0.9 g, y aquellos del tratamiento de chaya tuvieron una altura y peso finales de 26.9 ± 2.7 mm y 3.9 ± 1.1 g, respectivamente.

En cuanto a las tasas de crecimiento en altura, en el tratamiento de alimento balanceado, ésta fluctuó entre 0.01 y 0.2 mm/d, con un promedio de 0.12 ± 0.08 mm/día; para el tratamiento de lechuga la tasa de crecimiento osciló entre 0.01 y 0.14 mm/día, con un promedio de 0.08 ± 0.05 mm/día; finalmente el tratamiento de Chaya arrojó tasas de crecimiento entre 0.01 y 0.14 mm/día, con un promedio para todo el periodo de 0.06 ± 0.05 mm/día. Las tasas de crecimiento en peso, para el tratamiento de balanceado tuvieron un promedio de 0.6 ± 0.04 g/día, y para los dos tratamientos de chaya la tasa de crecimiento en peso fresco fue de 0.02 ± 0.02 g/día.

Dentro del análisis morfométrico, el tipo de ecuación que ajustó mejor a los datos es la ecuación potencial, de acuerdo con el coeficiente de determinación r^2 , por lo tanto las comparaciones entre pendientes se realizaron utilizando las regresiones potenciales (Cuadro 2).

En la Figura 2 se pueden observar las líneas de regresión del análisis morfométrico para *P. diffusa* alimentados con los 3 tratamientos de dietas, junto con la ecuación potencial que mejor ajustó a los datos. Al realizar la comparación entre pendientes el valor crítico de $t_{0.05, n_1+n_2-4} = 1.65$, fue mayor para la comparación entre las pendientes de balanceado vs lechuga ($t = 0.93$), por lo que no hay diferencia en la relación entre la incorporación de biomasa y el crecimiento en altura con estos dos alimentos. Sin embargo, al comparar las pendientes entre balanceado vs chaya ($t = 13.02$) y lechuga vs chaya ($t = 12.9$), si se presentó diferencia estadísticamente significativa, lo cual indica que la incorporación de

biomasa con relación al incremento en altura es menor con chaya que con balanceado o lechuga.

Cuadro 2. Análisis de regresión lineal, potencial y exponencial de caracoles bajo tres tratamientos de dietas: balanceado, lechuga y chaya.

	Lineal		Potencial		Exponencial	
	Ecuación	r ²	Ecuación	r ²	Ecuación	r ²
Balanceado	y = 0.425x - 6.445	0.94	y = 0.0005x ^{2.738}	0.97	y = 0.218e ^{0.110x}	0.94
Lechuga	y = 0.311x - 4.155	0.91	y = 0.0005x ^{2.726}	0.94	y = 0.1422e ^{0.127x}	0.92
Chaya	y = 0.299x - 4.068	0.88	y = 0.0009x ^{2.549}	0.90	y = 0.1879e ^{0.114x}	0.89

y = Peso Fresco en g.; x = Altura en mm.

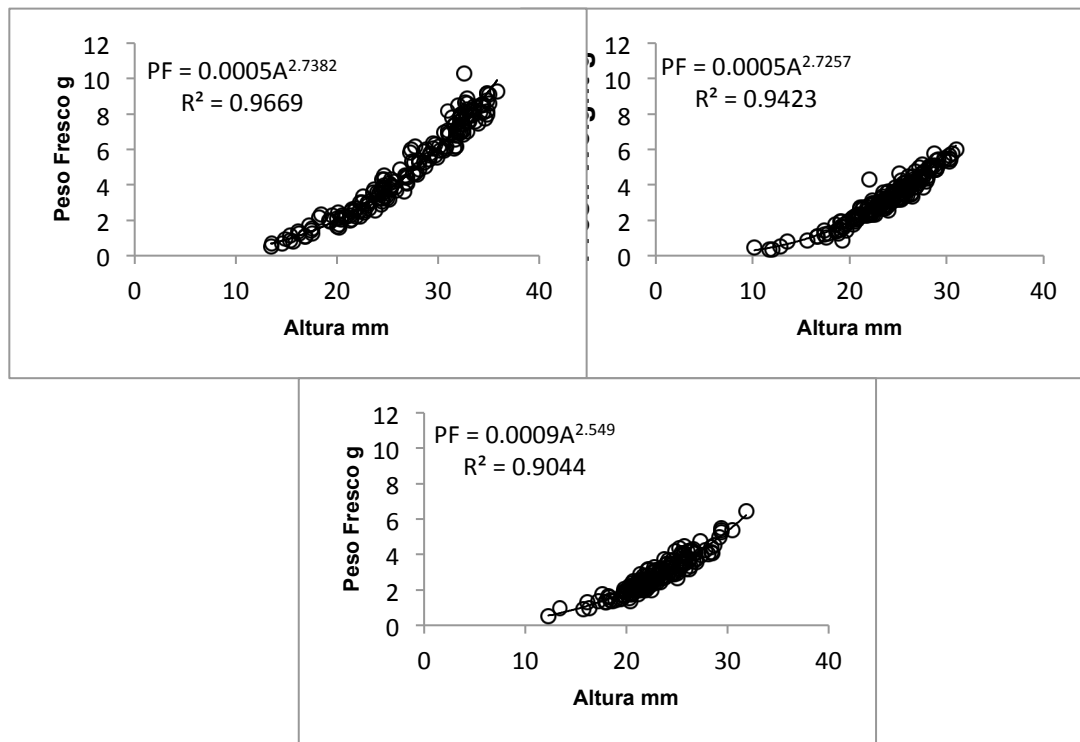


Figura 2. Análisis de regresión para los tratamientos de alimento balanceado (A), lechuga (B) y chaya (C), se agrega en la gráfica la ecuación potencial que es la que mostró mejor ajuste (r²).

V. Discusión

Al finalizar los 100 días de experimento, los caracoles de los tres tratamientos de dietas presentaron una sobrevivencia por encima del 93%, y en los tres tratamientos se presentó crecimiento, aunque a un ritmo significativamente distinto. Los caracoles que menos crecieron fueron los del tratamiento de chaya, aunque sin diferencias significativas en relación a los de la lechuga. Los caracoles del tratamiento de alimento balanceado fueron los que presentaron mayor crecimiento en todas las variables analizadas. Se ha demostrado que algunas especies de *Pomacea* consumen grandes cantidades de vegetales, aunque tienen preferencia por algunas especies de plantas (Burlakova *et al.*, 2009). Estebenet y Cazzaniga (1992), obtienen un mayor crecimiento de caracoles recién eclosionados de la especie *Pomacea canaliculata* alimentándolos con lechuga fresca, que con alimentos compuestos conteniendo proteína animal. Sin embargo, en este trabajo queda en evidencia que el crecimiento de *P. diffusa* se ve favorecido por una dieta compuesta de alimento balanceado, en comparación con dietas vegetales monoespecíficas, en este caso lechuga y chaya. En el presente estudio, el mayor crecimiento se encuentra con el alimento balanceado que contiene tanto proteínas de origen animal como vegetal, lo cual está en concordancia con lo encontrado por Mendoza *et al.* (1999, 2002), quienes demuestran que en *P. bridgesii* el crecimiento es significativamente más acelerado con dietas compuestas entre más se aumenta la proporción de proteína animal con respecto a la vegetal, y todas las dietas compuestas presentan mayor crecimiento que las dietas que contienen únicamente proteína vegetal o únicamente proteína animal. De manera similar, Iriarte y Carranza (2007) evaluaron el crecimiento de *P. flagellata* comparando la utilización de dos alimentos balanceados (para tilapia y para pollos) y uno vegetal (chaya), encontrando, al igual que en este trabajo, que el alimento balanceado para peces es el que más favorece el crecimiento de caracoles de este género.

En cuanto a las tasas de crecimiento Iriarte y Carranza (2007) y Mendoza *et al.* (1999, 2002) encontraron valores superiores (0.34 a 0.54 mm/día) a los reportados en este estudio que fueron de 0.12 mm/día en el tratamiento de alimento balanceado a un mínimo de 0.06 mm/día en los caracoles alimentados con chaya. Esto puede deberse, en parte, al hecho de que *P. diffusa* alcanza tallas máximas mucho menores a las que alcanza *P. flagellata* y *P. bridgesii*, por lo tanto debe corresponderle un ritmo de crecimiento menor.

En los análisis de regresión entre el peso fresco y la altura, para los tres tratamientos de dietas, no se observaron diferencias entre las pendientes de las curvas de regresión potencial entre los tratamientos de alimento balanceado y lechuga, pero ambas pendientes fueron significativamente mayores que la pendiente de la curva de regresión potencial de los caracoles del tratamiento de chaya. Esto quiere decir que los caracoles de los primeros dos tratamientos mencionados tienen un ritmo similar de incorporación de biomasa en relación con su altura, en comparación con los caracoles del tratamiento de chaya, que incorporan la biomasa de manera más lenta a medida que crecen en altura.

VI. Conclusiones

Los caracoles de la especie *P. diffusa* pueden sobrevivir y crecer con los tres tratamientos de dietas utilizados en este trabajo, tanto con la dieta de alimento balanceado para peces, como con dos dietas vegetales monoespecíficas.

De los tres tratamientos de dietas utilizados, el alimento balanceado para peces en forma de hojuelas presentó mejores resultados de crecimiento que las dos dietas vegetales monoespecíficas.

Este resultado, junto con otros comentados en la discusión, demuestra que una dieta compuesta de proteína animal y proteína vegetal, es aprovechada de mejor manera por caracoles de este género que dietas únicamente con proteína vegetal.

Estos resultados deben ser tomados en cuenta en la planeación futura de proyectos de cultivo de esta especie.

VII. Referencias bibliográficas

- Bae, M. J., Chon, T. S., & Park, Y. S. (2015). Modeling behavior control of golden apple snails at different temperatures. *Ecological modelling*, 306, 86-94.
- Baker, P., Zimmanck, F., & Baker, S. M. (2010). Feeding rates of an introduced freshwater gastropod *Pomacea insularum* on native and nonindigenous aquatic plants in Florida. *Journal of Molluscan Studies*, 76(2), 138-143.
- Bergmann, F. B., Amaral, H. L. C., Pinto, D. P., Chivittz, C. C., & Tozetti, A. M. (2013). Foraging activity of the snail kite, *Rostrhamus sociabilis* (Aves: Accipitridae) in wetlands of southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2), 245-252.
- Burlakova, L. E., Karatayev, A. Y., Padilla, D. K., Cartwright, L. D., & Hollas, D. N. (2009). Wetland restoration and invasive species: apple snail (*Pomacea insularum*) feeding on native and invasive aquatic plants. *Restoration Ecology*, 17(3), 433-440.
- Burlakova, L. E., Padilla, D. K., Karatayev, A. Y., Hollas, D. N., Cartwright, L. D., & Nichol, K. D. (2010). Differences in population dynamics and potential impacts of a freshwater invader driven by temporal habitat stability. *Biological Invasions*, 12(4), 927-941.
- Byers, J. E., McDowell, W. G., Dodd, S. R., Haynie, R. S., Pintor, L. M., & Wilde, S. B. (2013). Climate and pH predict the potential range of the invasive apple snail (*Pomacea insularum*) in the southeastern United States. *PLoS One*, 8(2), e56812.

- Costa, K. S., Hattori, G. Y., & Sant'Anna, B. S. (2017). Fecundity of the gastropod *Pomacea diffusa* (Blume, 1957) in the Amazon region. In *Amazonian apple snails*, edited by Sant'Anna, B. S. and Hattori, G. Y., 109-126. Nova Science Publishers.
- Cowie, R. H. (2002). Apple Snails (Ampullariidae) as Agricultural Pests: their Biology, Impacts and Management. In *Molluscs as crop pests*, edited by Barker, Gary M., 145-192, GABI.
- Damborenea, M. C. (1996). Patrones de distribución y abundancia de *Temnocephala iheringi* (Platyhelminthes, Temnocephalidae) en una población de *Pomacea canaliculata* (Mollusca Ampullariidae). *Gayana, Zoología*, 60, 1-12.
- Estebenet A. L. & Cazzaniga N.J. (1992) Growth and Demography of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda : Ampullariidae) under laboratory conditions. *Malacological Review*, 25:1-12.
- Fellerhoff, C. (2002). Feeding and growth of apple snail *Pomacea lineata* in the Pantanal wetland, Brazil—a stable isotope approach. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 38(4), 227-243.
- Glantz, S. A. (1997). Primer of biostatistics. 4th.
- Hayes, K. A., Joshi, R. C., Thiengo, S. C., & Cowie, R. H. (2008). Out of South America: multiple origins of non-native apple snails in Asia. *Diversity and distributions*, 14(4), 701-712.
- Hayes, K. A., Burks, R. L., Castro-Vazquez, A., Darby, P. C., Heras, H., Martín, P. R., ... & Yusa, Y. (2015). Insights from an integrated view of the biology of apple snails (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Malacologia*, 58(1–2), 245-302.
- Horgan, F. G., Felix, M. I., Portalanza, D. E., Sánchez, L., Rios, W. M. M., Farah, S. E., ... & Espin, E. B. (2014). Responses by farmers to the apple snail invasion of Ecuador's rice fields and attitudes toward predatory snail kites. *Crop Protection*, 62, 135-143.

- Iriarte-Rodríguez, F. V., & Mendoza-Carranza, M. (2007). Validación del cultivo semi-intensivo de caracol Tote (*Pomacea flagellata*), en el trópico húmedo. *Revista AquaTIC*, 27, 16-30.
- Joshi, R. C., & Sebastian, L. S. (2006). *Global advances in ecology and management of golden apple snails*. Philippine Rice Research Institute (PhilRice).
- Kwong, K. L., Chan, R. K., & Qiu, J. W. (2009). The potential of the invasive snail *Pomacea canaliculata* as a predator of various life-stages of five species of freshwater snails. *Malacologia*, 51(2), 343-356.
- Kwong, K. L., Dudgeon, D., Wong, P. K., & Qiu, J. W. (2010). Secondary production and diet of an invasive snail in freshwater wetlands: implications for resource utilization and competition. *Biological Invasions*, 12(5), 1153-1164.
- Mapelli, F. J., & Kittlein, M. J. (2011). Prey selection by the Snail Kite (*Rostrhamus sociabilis*) in permanent and temporary wetlands of Central Argentina. *Ornitología Neotropical*, 22, 281-293.
- Mendoza, R., Aguilera, C., Montemayor, J. E. S. Ú. S., & Rodríguez, G. A. B. I. N. O. (1999). Utilization of artificial diets and effect of protein/energy relationship on growth performance of the apple snail *Pomacea bridgesi* (Prosobranchia: Ampullariidae). *The Veliger*, 42(1), 109-119.
- Mendoza, R., Aguilera, C., Hernández, M., Montemayor, J., & Cruz, E. (2002). Elaboración de dietas artificiales para el cultivo del caracol manzana (*Pomacea bridgesi*). *Revista AquaTIC*, 16, 1-14.
- Seuffert, M. E., & Martín, P. R. (2010). Dependence on aerial respiration and its influence on microdistribution in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae). *Biological Invasions*, 12(6), 1695-1708.
- Seuffert, M. E., & Martín, P. R. (2013). Juvenile growth and survival of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) reared at different constant temperatures. *SpringerPlus*, 2(1), 312.

- Shuford III, R. B., McCormick, P. V., & Magson, J. (2005). Habitat related growth of juvenile Florida applesnails (*Pomacea paludosa*). *Florida Scientist*, 11-19.
- Simone, L. R. L. D. (2006). Land and freshwater molluscs of Brazil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1996). Bioestadística, principios y procedimientos. McGraw-Hill. México. 622 p.
- Vázquez-Silva, G., Castro-Barrera, T., Castro-Mejía, J., & Mendoza-Martínez, G. D. (2011). Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *ContactoS*, 81, 28-33.
- Watanabe, T. T., Hattori, G. Y., & Sant'Anna, B. S. (2015). Activity, substrate selection, and effect of a simulated Amazon flood regime on the behaviour of the apple snail, *Pomacea bridgesii*. *Marine and Freshwater Research*, 66(9), 815-821.

COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN UN SISTEMA DE CULTIVO DE TILAPIA *Oreochromis niloticus* EN JAULAS EN EL RÍO USUMACINTA

Est. INRA Luis Eduardo Capacete Casillas¹

Carolina Esther Melgar Valdes¹

Alfonso Castillo Domínguez¹

Carlos Alberto Cuenca Soria¹

Martha Alicia Perera García¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

I. Resumen

El movimiento cíclico del planeta, provoca variaciones ambientales periódicas (en las estaciones del año, los ciclos luz/oscuridad o las mareas. A lo largo de la evolución, los peces han desarrollado y mantenido mecanismos capaces de generar ritmos biológicos y una organización temporal interna, que le confiere la capacidad de anticipar estos cambios cíclicos ambientales y adaptar su fisiología. Estos ritmos sincronizan funciones tales como el reposo y la actividad, la temperatura del cuerpo, el latido cardiaco, el consumo de oxígeno o la secreción de glándulas endocrinas. En el presente trabajo se determinó la calidad del agua en un cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en el río Usumacinta en Tenosique, Tabasco considerando un ritmo circadiano. El oxígeno disuelto varió en las jaulas (7.2 a 10.7 mg/L, 5.9 a 10.8 mg/L y 6.2 a 9.7 mg/L), la temperatura osciló (27.6 a 30.5 °C, 27.9 a 29.4 °C y 27.9 a 29.8 °C) con una disminución entre las 3:00 a 6:00 am. Los valores de pH se mantuvieron alcalinos, debido principalmente al origen de las aguas del río Usumacinta que son calcáreas. Los parámetros de la calidad del agua se mantuvieron mayormente dentro de los intervalos recomendados para el cultivo de la especie.

II. Introducción

La influencia de los factores abióticos en peces ha sido investigada extensamente en acuicultura para controlar variables en cultivo. Entre los principales factores a controlar están la temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y la salinidad. Sin embargo, existen otras variables ambientales, como el fotoperiodo, que pueden tener influencia sobre el desarrollo de los peces en cultivo (Aragón-Flores *et al.*, 2014). El fotoperiodo, ya que este puede condicionar la capacidad de visualización del alimento, el uso de la energía derivada de la alimentación e incluso el comportamiento social de los peces en cultivo, lo cual influye tanto en el crecimiento como en la supervivencia (Aragón-Flores *et al.*, 2014).

En ese sentido, Boyd (1998) ha mencionado que la adquisición de los conocimientos básicos sobre los parámetros de la calidad del agua es necesario para el mantenimiento de la especie cultivada y para la toma de decisiones, con la finalidad de evitar problemas con el crecimiento y desarrollo de los organismos. En este sentido, diversos autores mencionan algunos parámetros fisicoquímicos de principal interés para monitorear la calidad del agua, entre los cuales se encuentran la temperatura, el pH, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amonio, alcalinidad, dureza y salinidad (según la especie) (Summerfelt, 1998; Macswiney *et al.*, 2015, Melgar *et al.*, 2018).

No obstante, el monitoreo del agua en un cultivo comercial se ha establecido sobre bases científicas, pero también considerando las experiencias de los productores, estableciéndose específicos horarios matutinos y vespertinos. Sin embargo, cuando han cambiado las condiciones del entorno (geográficas, climatológicas, edafográficas, hidrológicas) en donde se encuentra la unidad de producción, se ha sugerido establecer monitoreos que permitan elucidar futuros comportamientos de las variables fisicoquímicas y su efecto en la fisiología de la especie cultivada (Summerfelt, 1998).

Por su parte, la calidad del agua se ha relacionado intimamente con los diversos criterios sobre el comportamiento alimenticio de los organismos acuáticos y en muchas ocasiones hacen que las técnicas de alimentación utilizadas discrepen entre productores, ocasionando en muchos casos elevadas tasas de conversión alimenticia y por ende una menor rentabilidad (Heilman & Spieler, 1999).

Teóricamente, los ritmos o ciclos circadianos son las variaciones fisiológicas que sufren los seres vivos de forma repetida cada día de forma sincronizada con los ciclos ambientales. Normalmente estos ciclos son de repetición diaria, pero pueden ajustarse en periodos de 20 a 28 horas (Molina et al, 2000). Es por esta razón, que en el presente trabajo se evalúa el comportamiento de las variables fisicoquímicas en un sistema de cultivo en jaulas de la especie tilapia *Oreochromis niloticus* variedad gift localizado en la cuenca media del río Usumacinta, Tenosique, Tabasco, México.

III. Objetivo

Caracterizar los parámetros fisicoquímicos durante un ritmo circadiano en un sistema de engorda de tilapia *Oreochromis niloticus* variedad gift en jaulas en la cuenca media del río Usumacinta, Tenosique, Tabasco.

IV. Materiales y Métodos

Área de estudio

La cuenca media del río Usumacinta en México se localiza entre 16° 2' y 17° 30' latitud Norte y los 90° 27' y 92° 02' longitud Oeste. Solo el 5% de la cuenca media se encuentra distribuido entre los municipios de Tenosique y Emiliano Zapata en el estado de Tabasco (Saavedra *et al*, 2016). El sistema de cultivo se localiza en la margen del río usumacinta, en el ejido El Recreo del municipio de

Tenosique, este sistema cuenta con cinco jaulas de engorda de tilapia *Oreochromis niloticus* variedad gift.

Desarrollo experimental

Las crías se obtuvieron de la Piscigranja el Usumacintae, con 1.3 gramos peso, posteriormente fueron trasladados a un sistema de jaulas, con un medidas de 4x4x1.20 m, con un area de total por jaula de 19.2 m³, las crías fueron sembradas a una densidad de 78 org/m³. Las jaulas que se emplearon para el presente estudio fueron construidas con malla alquitranada calibre 8 con una abertura de malla de 0.6 cm, recubiertas con un doble fondo de malla mosquitero. Los peces fueron alimentados con pellet formulado de la marca Silver Cup® conforme a las indicaciones sugeridas por la marca para cada una de las diferentes etapas del ciclo del cultivo (1.5, 2.5,3.5 y 5 pellet).

Monitoreo de calidad de agua

Se realizó un muestreo dirigido de los parámetros fisicoquímicos en el agua de tres jaulas (J1, J2 y J3), considerando que estas jaulas fueron sembradas el mismo día, con la misma densidad de siembra y con los mismos pesos en promedio de la crías. Los parámetros fueron determinados a una profundidad de 15 cm y se midió; el oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), pH (H⁺), transparencia (cm) con un Disco de *Secchi* y alcalinidad (mg/L) según los criterios (Melgar *et al*, 2012). Se utilizaron equipos multiparámetros marca Hanna HI93710, HI98130 y HI9829 durante un ritmo circadiano (24 horas) en intervalos de tres horas por triplicado, los datos obtenidos fue registrados en bitácoras y posteriormente fueron capturados en formato Excel 2016 para su análisis.

Análisis de datos

Se realizó una Análisis de Varianza (ANDEVA) entre las variables el oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), pH (H⁺), transparencia (cm) y alcalinidad (mg/L) entre jaulas. El análisis se realizó con el programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007).

V. Resultados

Durante el monitoreo de la calidad del agua se observaron cambios en los diferentes parámetros fisicoquímicos determinados durante el ritmo circadiano en el sistema de cultivo en jaulas. En la figura 1, se presenta el comportamiento de los valores del oxígeno disuelto de cada una de las jaulas. Las variaciones en las jaulas 1, 2 y 3 fueron las siguientes: 7.2 a 10.7 mg/L, 5.9 a 10.8 mg/L y 6.2 a 9.7 mg/L, respectivamente. El análisis de varianza no evidenció diferencias significativas entre jaulas en relación a la concentración de oxígeno disuelto ($F=3.4>0.05$). Los horarios en los que se presentó una tendencia a la disminución de éste parámetro fue entre 6:00 y 9:00 am, y después a las 21:00 h. Mientras que los valores de temperatura mostró variaciones de 27.6 a 30.5 °C (J1), 27.9 a 29.4 °C (J2) y 27.9 a 29.8 °C (J3). La disminución de la temperatura se registró entre las 6:00 y 9:00 am. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre las jaulas en relación a la temperatura ($F=3.6>0.05$).

El comportamiento del pH (H⁺) y de la alcalinidad (mg/L), se presentan en la (Figura 2). En la jaula 1, el pH osciló entre 7.7 a 8.5, mientras que en la jaula 2 fue de 7.9 a 8.5 y finalmente, en la jaula 3 fue de 7.8 a 8.2. En las tres jaulas, la disminución de este valor se encontró durante la 15:00 h. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre jaulas y su concentración de hidrogeniones ($F=1.57>0.05$).

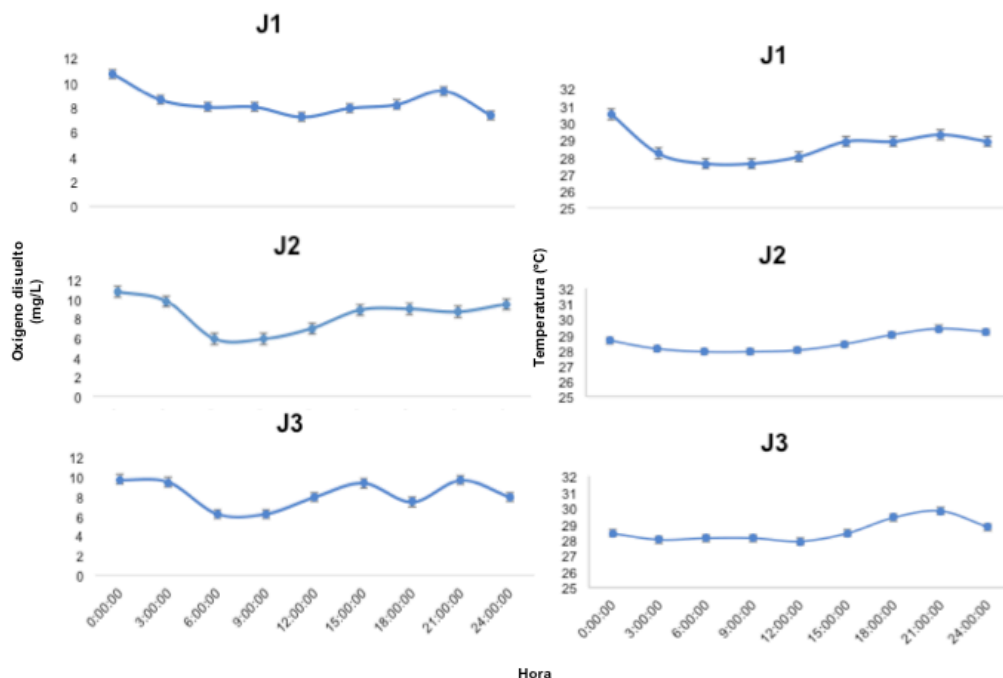


Figura 1. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) y la temperatura (°C) en el cultivo de tilapia bajo sistema de jaulas durante el ritmo circadiano. (J1= Jaula 1; J2= Jaula 2; J3= Jaula 3).

Por otra parte, la alcalinidad mostró fluctuación en sus valores, los cuales estuvieron en (130 a 160 mg/L) para la jaula 1, y (125 a 165 mg/L) para la jaula 2 y (120 a 160 mg/L) para la jaula 3. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre jaulas en relación a la alcalinidad ($F=0.30 < 0.05$).

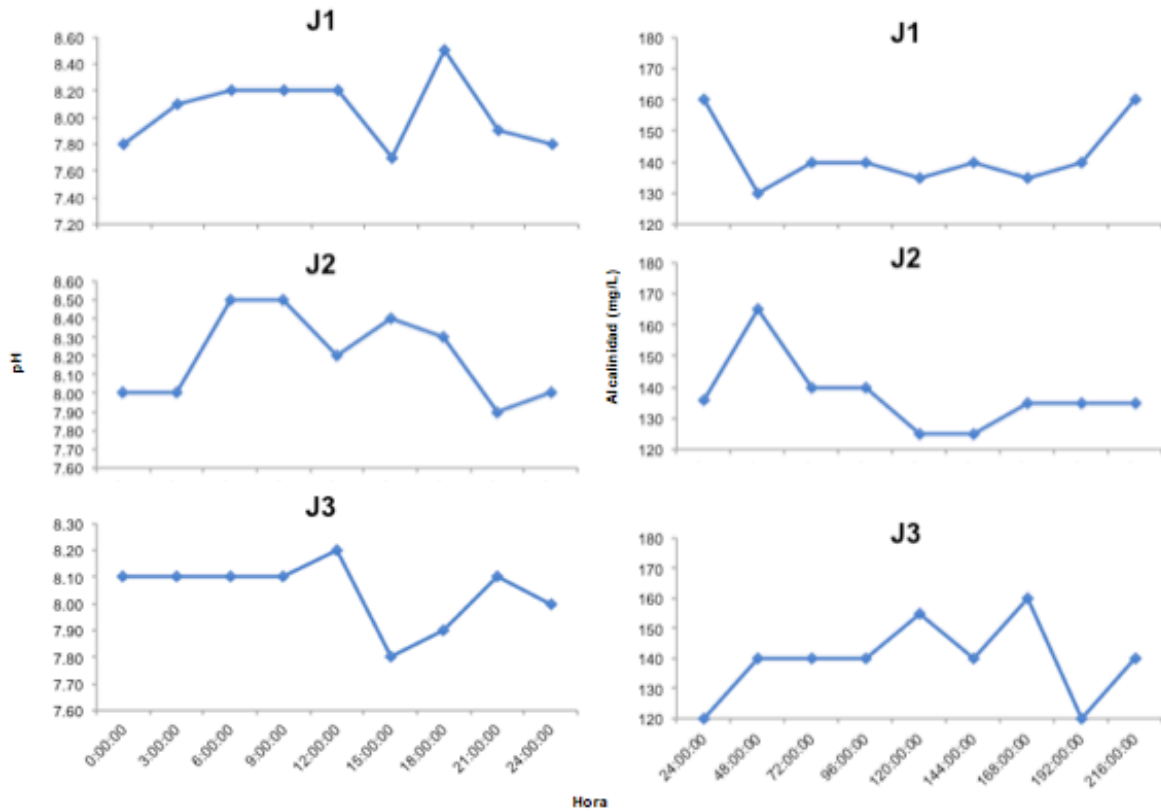


Figura 2. Variación del pH y la alcalinidad (mg/L) en el cultivo de tilapia bajo sistema de jaulas durante el ritmo circadiano. (J1= Jaula 1; J2= Jaula 2; J3= Jaula 3).

El muestreo de 24 h , en el sistema de cultivo en jaulas evidenció pequeñas variaciones en la transparencia del agua (Figura. 3). Los valores determinados fueron: 26 a 39.5 cm para la jaula 1, y de 21.5 a 45 cm para la jaula 2 y de 24 a 59 cm en la jaula 3. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre las jaulas en relación a este parametro ($F=0.37>0.05$).

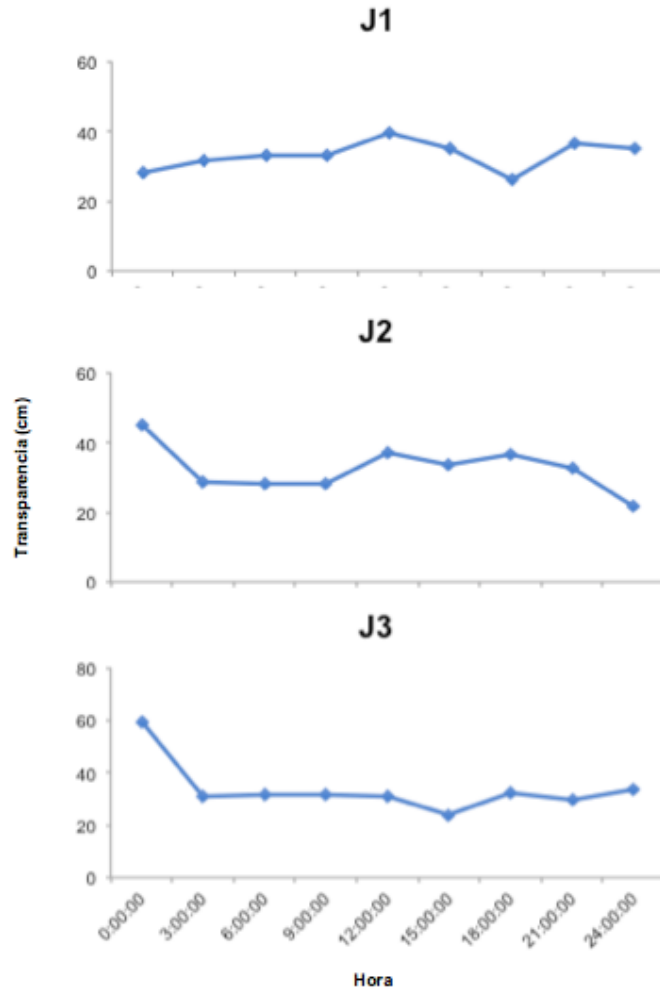


Figura 3. Variación de la transparencia (cm) en el cultivo de tilapia bajo sistema de jaulas durante el ritmo circadiano. (J1= Jaula 1; J2= Jaula 2; J3= Jaula 3).

VI. Discusión

Los parámetros ambientales que se han estudiado principalmente en relación con los ciclos circadianos son la luz y la temperatura. Esto es debido a que los peces son organismos poiquilothermos, esto se refiere a que dependen de la temperatura del medio para realizar sus procesos metabólicos (Robaina & Schuchardt, 2009). Las variaciones del fotoperiodo influyen en el comportamiento social y uso de energía de los peces, así como la disponibilidad y consumo de alimento. Las tilapias presentan un crecimiento óptimo en un rango de 28 a 32°C, pueden sobrevivir a temperaturas inferiores a los 28°C por lapsos cortos de

tiempo; sin embargo, temperaturas entre 10-11°C afectan sus procesos fisiológicos llevándolas hasta la muerte. Las temperaturas que se registraron en el monitoreo del ritmo circadiano estuvieron dentro de los intervalos recomendados para el cultivo de tilapia (Saavedra, 2006). Además, un sistema abierto y caudaloso, como es el río Usumacinta, permite un flujo de renuevo de agua debido al constante movimiento (Bautista & Ruiz, 2011). Se ha mencionado que los ríos tropicales mantienen una relación directa con la incidencia solar que es mayor en estas zonas geográficas, por lo que, en los horarios matutinos el agua se encuentra menos cálida (Meyer, 2004). Lo anterior, concuerda con los valores encontrados para el oxígeno disuelto, que de igual manera, se encontraron dentro de los parámetros sugeridos para la especie (Melgar *et al*, 2018). El oxígeno disuelto puede ser considerado como el parámetro más importante en la acuicultura (Boyd, 1998).

La interacción de los diferentes parámetros ambientales afectan a otros procesos y reacciones, como es el caso de la fotosíntesis llevada a cabo por el fitoplacton. Una medida para conocer el comportamiento es la transparencia, que se refiere al contenido de partículas suspendidas en el agua, estas partículas interfieren con el paso de la luz a través de la columna de agua (Boyd, 1998), si esta turbidez restringe el paso de la luz a 30 cm o menos, impide que el plancton realice su proceso fotosintético. En el muestreo se encontró que la transparencia determinada en el agua cambio en función de las horas. Biológicamente, los organismos fotosintéticos realizan dos etapas de acuerdo a la cantidad de luz, la fase diurna y nocturna. También debe de tomarse en cuenta que las jaulas se encuentran en un sistema abierto por lo que el material aluvial interfiere en la transparencia con la escorrentía en el río (Ruelas & Ochoa, 2016).

Por otro lado, el pH mantiene una estrecha relación con los niveles de gases disueltos y su disponibilidad. Las tilapias no son los únicos organismos vivos presentes en el agua, con lo cual se incrementa la respiración y se libera dióxido de carbono propiciando una disminución en el pH. El rango óptimo para el

cultivo de la tilapia se reporta entre 5 a 8 (Barbosa *et al*, 2014). A su vez, el origen térreo del agua es un factor que también determina el pH en el agua. Las aguas del río Usumacinta se han clasificado como aguas alcalinas debido a que se mantiene en contacto directo con las rocas calcáreas, encontrándose concentraciones altas de carbonatos y bicarbonatos. A nivel de los organismos el pH influye en el crecimiento. Según Ladino-Orjuela 2011 los animales crecen mejor en aguas alcalinas que en aguas ácidas. Los niveles adecuados de alcalinidad son de 20 a 300 mg/L y las concentraciones determinadas estuvieron en estos intervalos. Evidentemente existen factores externos como los parámetros ambientales que pueden regular e incluso alterar los ritmos circadianos de un organismo, algunos de ellos son la intensidad lumínica y los cambios bruscos de temperatura durante la madrugada-noche.

VII. Conclusiones

La calidad del agua determinada por los parámetros ambientales durante un período de 24 horas en un sistema de cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* variedad gift en jaulas fluctúa en función del ritmo circadiano, especialmente, con los efectos de la luz-oscuridad del fotoperiodo y de la temperatura. Sin embargo, dichos cambios no afectaron la capacidad de visualización del alimento, el uso de la energía derivada de la alimentación e incluso el comportamiento social de los peces en el sistema del cultivo, lo cual podría influir en el crecimiento de los peces. Es importante monitorear los parámetros de la calidad del agua en relación a las temporadas del año, es decir, épocas de lluvias y secas para poder conocer su comportamiento de las mismas y así seleccionar áreas más adecuadas para la instalación de las jaulas y así obtener un buen rendimiento en biomasa durante el ciclo de cultivo.

VIII. Referencias

- Aragón-Flores, E. A., Martínez-Cárdenas, L., & Valdez-Hernández, E. F. (2014). Photoperiod effect on commercial fishes cultured in different types of experimental systems Efecto del fotoperiodo en peces de consumo cultivados en distintos tipos de sistemas experimentales. *Revista Bio Ciencias*, 3(1), 17-27.
- Contraloría General de la República de Panamá. (2015). *Piscicultura*. From Contraloria.gob:
<https://www.contraloria.gob.pa/inec/Archivos/P2051PISCICULTURA.pdf>
- Barbosa Nobre, M. K., dos Santos Lima, F. R., Batista Magalhaes, F. B., & do Carmo e Sá, M. V. (2014). Alternative liming Blends for fish culture. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 11-16.
- Bautista Covarrubias, J. C., & Ruiz Velazco Arce, J. M. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente* (8), 10-14.
- Boyd, C. E. (1998). *Water Quality for Pond Aquaculture*. Alabama: International Center for Aquaculture and Aquatic Enviroments.
- FAO. (1999). *Desarrollo de la acuicultura*. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion.
- FAO. (2009). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Galli Merino, O., & Sal, F. M. (2007). *Sistemas de Recirculación y Tratamiento de agua*. Santa Ana: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimenttos.
- Gutierrez, N. (18 de 07 de 2014). *Sevretaria de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Jalisco*. From seder.Jalisco.gob:
<https://seder.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>
- Heilman, M., Spieler, R.E., (1999). The daily feeding rhytm to demand feeders and the effects of timed meal-feeding on the growth of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *Aquaculture* 180, 53-64

- Ladino-Orjuela, G. (2011). Dinámica del Carbono en estanques de peces. *Orinoquia*, 15 (1), 48-61.
- Macswiney, R., Yoshio, I., Martínez Cortes, B. A., Marcos, A. R., & Santamaría Llano, J. (2015). Principales parásitos en la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Estado de Michoacán. *Divulgación Acuicola* (23), 4-6.
- Martínez, L.R. (2006). Ecología de los sistemas acuáticos. México: AGT Editor S.A.
- Melgar Valdes, C.E. (2012). Evaluación de la Tecnología EM en granjas acuícolas comerciales en Tabasco, México. El Colegio de la Frontera Sur.
- Melgar Valdes, C.E., Castillo Domínguez, A., Cuenca Soria, C.A., Perera García, M. A., Hernández Gómez, R.E. (2018). Diseño de un modelo ecológico aplicado a un sistema acuícola. En: Producción y Manejo de los Recursos Acuáticos en el Trópico. Perera García, M.A., Vega Pérez, M.H., Gómez Díaz-Durán, L.M. Colección José N. Rovirosa. Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo.
- Meyer, D. E. (2004). *Introducción a la Acuicultura*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Millán, F., Mathison, J., Alvares, M., & Jarbough, W. (2003). Estudio comparativo de la dureza del agua en el estado de Mérida y algunas localidades del centro y occidente de Venezuela. *Revista Ciencias e Ingeniería*, 4 (1), 39-46.
- Molina, C., Cadena, E., & Orellana, F. (2000, November). Alimentación de camarones en relación a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda. In *Avances en Nutrición Acuicola. Memorias V Simposio internacional de Nutrición Acuicola, Mérida, Yucatán, México* (pp. 358-380).
- Robaina, L., & Schuchardt, D. (2009). Proteínas en dietas para peces. In F. Sanz, S. Zamora Navarro, V. C. Rubio Fernández, M. Jover Cerdá, L. E. Robaina Robaina, C. Rodríguez, et al., *La nutrición y alimentación en piscicultura* (pp. 100-101). Madrid: Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la fundación observatorio español de Acuicultura.

Ruelas Escarrega, P. C., & Ochoa Solano, J. L. (2016). *Manual para el cultivo de Tilapia en el valle de Mexicali*. Mexicalo: SAGARPA.

Rietved, W.J. (1982). The circadian network are feedback loops to the circadian oscillator of any functional importance to its control function. *J. Interd. Cycles*. 23:140-142

Saavedra Guerrero, A., López López, D. M., & Castellanos Fajardo, L. A. (25 de Mayo de 2016). *Bibliotecanatura*. From *Natura Mexicana*: <http://www.bibliotecanatura.org/conservacion-y-desarrollo-sustentable-en-la-selva-lacandona/index.php/sec1/sec1-cap1/sec1-cap1-1>

Saavedra Marínez, M. A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Managua: CIDE.

Summerfelt, R. C. (1998). *Water Quality Considerations For Aquaculture*. Iowa: Summerfelt.

Taylor, M.H (1984). Lunar Synchronization of Fish Reproduction. *Transactions of the American Fisheries Society*. 113: 484-493

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA MOJARRA PALETA *Paraneetroplus synspilus* (Hubbs, 1935), EMPLEANDO CUATRO DIFERENTES TASAS DE ALIMENTACIÓN

A. Carrera Patricio¹

M. H. Pérez Vega^{1*}

L. M. Gómez Díaz Duran¹

S. López Jiménez¹

F. Herrera Cordero¹

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*autor de correspondencia: hilda308mar@gmail.com

I.- Resumen

Se evaluó el crecimiento de alevines de *Paraneetroplus synspilus* (Hubbs, 1935) un cíclido nativo del estado de Tabasco, en un sistema cerrado de recirculación continua. La unidad experimental contó de tinas de capacidad de 15 L colocando 10 alevines de peso promedio inicial de 0.025 g, las condiciones de oxigenación y temperatura fueron uniformes en todas las tinas. Se alimentó 3 veces al día con 42% de proteína y 16% de lípidos durante 12 semanas. Con cuatro diferentes tasas de alimentación; "A" 8%, "B" 10%, "C" 12%, "D" 14%, contando con tres repeticiones por tratamiento. Se realizaron biometrías cada 15 días. De acuerdo a los resultados es una especie resistente al manejo no hubo mortalidad durante el ensayo, la tasa de alimentación del 8% en el tratamiento "A" fue la mejor, siendo la ración más baja. El ANOVA de los parámetros productivos tuvieron un valor mayor de $p > 0.05$, no se encontró diferencias significativas.

II.- Introducción

En acuicultura una de las características deseables de una especie con potencial de cultivo es tener un crecimiento rápido obteniendo una buena

conversión alimenticia. La alimentación juega un papel fundamental en la acuicultura comercial, es decir, el consumo de alimento, es uno de los elementos principales en los costos de la producción y podría llegar a constituir el 60% o más de la inversión, determinando así la sustentabilidad y rentabilidad de dicha actividad, por lo que el principal objetivo de la nutrición y alimentación acuícola es el desarrollo de dietas que permitan el mayor crecimiento en determinado tiempo para alcanzar el peso deseable según la etapa del cultivo al menor costo posible (Pillay, 1997).

A la familia Cichlidae pertenece *Paraneetroplus synspilus* (Hubbs, 1935) conocida localmente como “mojarra Paleta” que ya no se captura en gran parte del territorio estatal. Su distribución se ha reducido y las tallas de captura son pequeñas, teniendo en cuenta que la población ha sido diezmada por varios factores, existe en el mercado de Tabasco y Chiapa hay demanda de esta especie (García ,2017).

Se han estudiado algunos aspectos del ciclo de vida, de esta mojarra, como características morfológicas, zonas de localización, tipo de alimentación, épocas de reproducción. Chávez, *et al.* (1989), describieron para aquel entonces que la mojarra paleta era abundante en zonas de vegetación emergente, es decir, en zonas de inundación y en las orillas de los ríos, mientras que Miller, *et al.* (2009), mencionan que son más abundantes en ríos y arroyos y lagunas, en agua ligeramente salobre a dulce.

Así también se han realizado trabajos para el manejo de cíclidos por Álvarez-González, *et al.* (2011). Sobre el crecimiento de la paleta, Mendoza, *et al.* (1992) ensayaron con alimentos de bajo contenido proteico, y Olvera *et al.* (1996), con alto contenido proteico para tallas grandes. Sin embargo, aun falta mucha información para el manejo de la especie. El objetivo de este estudio es conocer el porcentaje de alimentación requerido en la etapa de iniciación en la alimentación exógena lo cual ayudará a optimizar los recursos del acuicultor para hacer de

esta especie nativa un cultivo viable y un manejo adecuado hacia una acuicultura sustentable, así como contribuir a su conservación.

III.- Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el “Módulo de producción de cíclidos nativos”, del Laboratorio de Acuicultura de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Las crías de *P. synspilus* fueron producidas en condiciones controladas y seleccionadas aleatoriamente con organismos provenientes de un desove con un peso promedio de 0.025 g.

El diseño experimental consistió en establecer cuatro diferentes tratamientos con porcentajes de alimentación diaria: “A”: 8%, “B”: 10%, “C”: 12% y “D”: 14% de la biomasa total de cada grupo, con tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó alimento balanceado comercial de iniciación, marca “Silver Cup”, que contenía 42% de proteína y el 16% de lípidos. La alimentación se suministró tres veces al día durante siete días a la semana.

Las unidades experimentales consistieron en 12 tinas de plástico con una capacidad de 15 l, c/u. En cada tina se colocaron 10 crías de mojarra Paleta. Se utilizó un sistema de recirculación de agua, conformado por un filtro biológico y una bomba sumergible de ¼ hp marca Little giant, que conducía el flujo de agua del filtro a las tinas, a través de tubería de PVC hidráulica de ½ pulgada. El agua de cada tina pasaba por un mecanismo de succión continua hacia una tubería de 2” para su retorno al filtro biológico. De esta forma se garantizó que todos los tratamientos estuvieran sometidos a la misma calidad de agua.

Se llevó a cabo un registro de la temperatura con un termómetro de mercurio. Los muestreos del peso de los organismos se realizaron cada 15 días

con una balanza semi-analítica, con capacidad 600 g con una precisión 0.01 g marca Tecnocor modelo Pen-600PG.

El crecimiento de los peces se evaluó bajo los siguientes criterios:

Tasa de crecimiento específica (SGR):

$$\text{SGR} = ((\text{LN Pf} - \text{LN Pi}) / \text{días}) \times 100$$

Donde:

Pf = peso final (g)

Pi = peso inicial (g)

LN = logaritmo natural

Factor de conversión alimenticia (FCA):

$$\text{FCA} = \text{Pa} / \text{Pg}$$

Donde:

Pa = alimento consumido (g).

Pg = Incremento en biomasa

Tasa de eficiencia alimenticia (TEA)

$$\text{TEA} = (\text{Gp} / \text{Ac}) \times 100$$

Donde: Gp = ganancia en peso (g).

Ac = alimento consumido (g).

Los resultados obtenidos se analizaron en Excel y las diferencias entre tratamiento y sus repeticiones se determinaron a través de un análisis de varianza de un factor (ANOVA), previo a la comprobación de la normalidad y la homocedasticidad de los datos.

IV.- Resultados

El ensayo tuvo una duración de 42 días. El registro de temperatura mostró que existió poca variación a lo largo del periodo de ensayo, manteniendo un valor

promedio de 29.5 °C, con un rango de °28 C a 31 °C. La sobrevivencia de los organismos fue del 100 % en todos los tratamientos.

El peso final alcanzado al final del ensayo fue muy similar en todos los tratamientos, siendo menor en el tratamiento de 14 % con 0.313 g y mayor en el de 8 %, con 0.377 g (cuadro 1). El ANOVA no mostró diferencias significativas. En este mismo cuadro se presentan los resultados de tasa de crecimiento específica (SGR), la cual estuvo en un rango de 5.86 a 6.28, la tasa de eficiencia alimentaria (TEA), que varió de 57 % a 86 % en los tratamientos de 14 % y 8 %, respectivamente y el factor de conversión alimenticia (FCA), cuyos resultados son consistentes con la TEA en el sentido de que el valor más alto se obtuvo en el tratamiento de 14 % y el más bajo en el de 8%.

Cuadro 1.- estadísticas de los resultados de la SGR, TEA y FCA, al final de periodo de 43 días

Tratamiento	PI (g)	PF (g)	SGR	TEA (%)	FCA
8 %	0.026	0.377	6.19	86.13	1.12
10 %	0.029	0.356	5.86	66.57	1.44
12 %	0.024	0.362	6.28	82.86	1.17
14 %	0.022	0.313	6.14	57.03	1.70

PI= peso inicial, PF= peso final, SGR= tasa de crecimiento específico, TEA= tasa de eficiencia alimentaria y FCA= tasa d

Por otra parte, en la Figura 1 se presenta la evolución a lo largo del estudio del crecimiento en peso de *P. synspilus* para los diferentes tratamiento. Se observa que la tendencia en la ganancia de peso fue similar en todos los ensayos, siendo siempre más alta en el tratamiento de 8 %. En la parte final del ensayo se observa que los organismos empiezan a lograr un crecimiento exponencial. En la Figura 2 se presentan los cambios en la tasa de crecimiento específico de *P. synspilus* entre biometrías. Se observa que los organismos de los tratamientos de 8 % y 14 % presentaron una mayor SGR al inicio del ensayo, sin embargo ésta fue disminuyendo hasta alcanzar una SGR de 5 %, aproximadamente. Lo contrario ocurrió con los organismos del tratamiento de 12 %, los cuales fueron

incrementando su tasa de crecimiento de 6 % a 8 %, para después disminuir a 6.3 %.

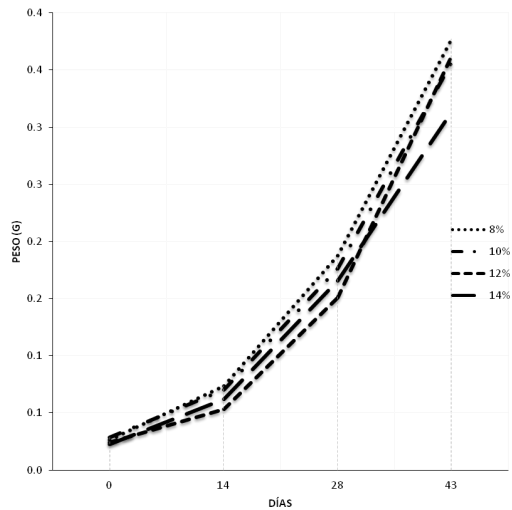


Figura 1. Evolución del crecimiento en peso de *P. synspilus* por tratamiento. El ANOVA no muestra diferencias significativas.

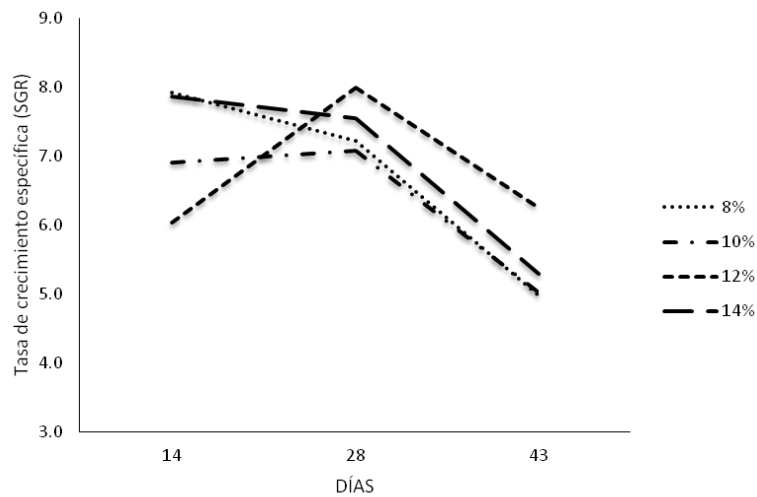


Figura 2. Cambios entre biometrías en la tasa de crecimiento específico (SGR) de *P. synspilus* por tratamiento, durante un periodo de 43 días. El ANOVA no muestra diferencias significativas.

Los resultados de la tasa de eficiencia alimentaria y el factor de conversión alimenticia se presentan en las Figuras 3 y 4. En términos generales se puede apreciar que la TAE disminuye conforme pasan los días y lo contrario ocurre con el FCA. Se obtuvo una eficiencia alimentaria máxima de 180 % (en el tratamiento de 8 %) y mínima de aproximadamente 30 % en el tratamiento de 14 %. Los mejores factores de conversión alimenticia, por biometría, se obtuvieron en el tratamiento de 8% (de 0.5 a 1.1) y el más alto se obtuvo en el tratamiento de 14 %, con 2.2.

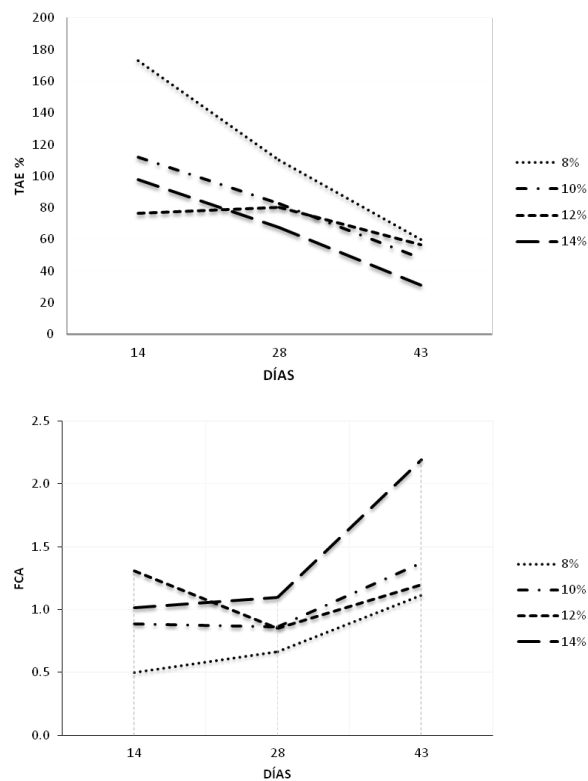


Figura 3 y 4. Cambios en la tasa de eficiencia alimentaria (TAE) y factor de conversión alimenticia (FCA) de *P. synspilus* por tratamiento. El ANOVA no muestra diferencias significativas.

V. Discusión

La resistencia al manejo de la especie quedó demostrada al no tener mortalidad en ninguno de los tratamientos. Estadísticamente no hubo diferencias significativas en los cuatro tratamientos, lo que de manera general nos conduce a decir que la ración de 8% es la óptima por ser la de menor gasto de alimento.

En el SRG los tratamientos de 12% y 10% presentaron una tendencia ascendente en los primeros 28 días, los otros dos tratamientos 8% y 14% mostraron una ligera tendencia descendente y en los últimos 15 días los cuatro tratamientos tuvieron una clara disminución en este parámetro. Al analizar la TAE observamos que el tratamiento de 8% tuvo una notoria eficiencia sobre los demás tratamientos en los primeros 28 días, los últimos 15 días los cuatro tratamientos atenuaron visiblemente la eficiencia.

En cuanto al FCR, el tratamiento con 8% demostró ser el mejor teniendo muy cerca en segundo lugar el tratamiento con 12% de dieta. La dieta más alta de 14% obtuvo el más pobre factor de conversión, atribuimos el bajo rendimiento a la posibilidad de que esta ración rebasó los requerimientos de la especie desperdiciando el alimento no necesario, además de que una sobre alimentación produce el paso del alimento en el tracto digestivo sin ser asimilado (Madrid, *et al.*, 2009). Sabemos que las tallas pequeñas requieren una mayor ración alimenticia (NICOVITA, 2015; Frías *et al.*, 2016), sin embargo, cada especie tiene un óptimo en función de sus necesidades energéticas totales y la influencia que tienen los demás parámetros como lo mencionan Madrid, *et al.* (2009); González y Wills (2003) y Luna-Figueroa y Torres., (2003).

Se han hecho muchos trabajos tratando de obtener la mejor ración para cada etapa de desarrollo., Mendoza, *et al.*, (1992) y Olvera *et al.* (1996) probaron diferentes niveles de proteína y los mejores resultados obtenidos fueron con el alimento a 40 %. Nosotros utilizamos un porcentaje de 42% manteniendo peces sanos. Es claro que el comportamiento del crecimiento de los peces tuvo una

respuesta coherente en los primeros 28 días, lo que nos lleva a considerar que después de este periodo se deberá ensayar nuevos porcentajes acordes con el desarrollo de la especie.

VI. Conclusiones

Consideramos que esta investigación aporta información importante para establecer la ración alimenticia de *P. synspilus*, la cual se estimó en 8 %, ya que a este porcentaje se obtuvo un mayor peso y una mejor tasa de conversión alimenticia. Así mismo, es necesario realizar ensayos alrededor de la ración óptima encontrada para establecer en un futuro una tabla de alimentación.

VII. Referencias

- Álvarez-González, C.A., Márquez-Couturier G., Ramírez-Martínez y Jesús-Ramírez F. (2011). Manual para el cultivo de mojarra nativas: tenguyaca (*Petenia splendida*) y castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*). UJAT-FOMIX CONACYT, Gobierno del Estado de Tabasco. Natura y Ecosistemas Mexicanos, AC y Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 66p. ISBN 978-607-433-717-4.
- Chávez L., M.O., Mattheeuws A.E. y Pérez V M.H. (1989). Biología de los peces del río San Pedro en vista de determinar su potencial para la piscicultura. Inst. Nac. Invest. Recursos Bióticos, Villahermosa, México. 140 p.
- Frías-Quintana, C. A., Domínguez-Lorenzo J., Álvarez-González C. A., Tovar R.D. y Martínez G. R. (2016). Using corn starch in microparticulate diets for larvicultured tropical gar (*Atractosteus tropicus*) Fish Physiol Biochem 42:517–528 DOI 10.1007/s10695-015-0156-4
- García, F.E.P. (2017). Composición de peces en la pesquería de la Presa Hidroeléctrica Nezahualcóyotl, Chiapas, México. Lacandonia, 7(1), 81-90.

- González, R. A., y Wills A. (2003). Evaluación del desempeño de los alevinos del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) Steindachner, 1878 sometidos a dos tipos de dieta. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 50(2), 50-56.
- Luna-Figueroa, J., y Torres, J. F. (2003) Crecimiento de juveniles de la Mojarra Criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae): alimento vivo versus alimento comercial. CIVA 2003, pp. 48-54.
- Madrid, J. A., Sánchez-Vázquez, F. J., y Martínez, F. J. (2009). La energía en la nutrición de los peces. (2009). En: F. Sanz (Coordinador). La Nutrición y Alimentación en Piscicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid, pp. 697-753.
- Mendoza, A., Paramo, S., Osegura, J.A., Vazquez, C.A., Macias, J., y Bravo, G. (1992). Efecto de la densidad de carga y el nivel de proteína sobre el crecimiento de *Cichlasoma synspilum* (Pisces: Cichlidae) bajo cultivo experimental en un sistema cerrado. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 9(17).
- Miller, R.R., Minckley W.L., y Norris, W. L. (2009). Peces dulceacuícolas de México. Editorial: CONABIO, Sociedad Ictiológica Mexicana, ECOSUR, Consejo de Peces del Desierto. México, D.F. 559 pp.
- NICOVITA (2015), Manual de crianza de Tilapia. Recuperado de : <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>. accesadp 48 pp.
- Olvera, M. A., E. Gasca-Leyva y C. A. Martínez- Palacios, (1996). The dietary protein requirements for *Cichlasoma synspilum* (Hubbs, 1935) (Pisces:Cichlidae) fry. Aquaculture Research, 27: 167-173.
- Pillay, T.V.R. (1997). Acuicultura. Principios y prácticas. México. D.F. Editorial Limusa. Pp. 61 – 63.

PREFERENCIA DE CONSUMO DE TRES ESPECIES VEGETALES EN CONEJOS DE ENGORDA

Campos Rodríguez Felipe de Jesús¹

Cruz-Bacab Luis Eliezer¹

Zapata-Campos Cecilia Carmela²

Miguel Ángel Medina Morales²

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*autor de correspondencia: lecb82@gmail.com

I. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la preferencia de tres especies vegetales con potencial para la alimentación animal, disponibles en el estado de Tabasco: Tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), Kudzú (*Pueraria phaseloides*) y Hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) en veintiocho conejos Nueva Zelanda x California, de ocho semanas de edad y 1 kg de peso aproximadamente, durante 14 días. Cincuenta gramos de los forrajes fueron ofrecidos suspendidos en el techo de las jaulas. El diseño experimental fue completamente al azar y los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva, análisis de varianza y correlación mediante el software estadístico STATGRAPHICS 5.0. El resultado de este experimento mostró que Kudzú (*Pueraria phaseloides*) y Tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*) fueron los forrajes con consumo mayor ($P < 0.05$) en comparación con la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*). Así mismo el consumo de materia seca, proteína cruda, FDA y FDN fue mayor con Kudzú (*Pueraria phaseloides*) y Tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*) ($P < 0.05$). En conclusión los forrajes de Kudzú (*Pueraria phaseloides*) y Tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*) fueron preferidos por conejos de engorda.

II. INTRODUCCION

En el trópico existen recursos forrajeros que poseen un gran potencial en la alimentación de conejos y, además, pueden ser encontrados en grandes cantidades (Gastón 2015). La búsqueda de alternativas de alimentación que consideren el uso de recursos locales, constituye un elemento importante en la generación de formas de producción adecuadas para el trópico (Nieves *et al.*, 2010). El uso de especies vegetales locales como parte de la alimentación de los conejos representa una alternativa, para mejorar los índices productivos, cubrir los requerimientos nutricionales y mejorar el rendimiento productivo a bajo costo (Asar *et al.*, 2010). El potencial del tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) para la alimentación del conejo ha sido demostrado (Martínez *et al.* 2010; García *et al.* 2013; Cárdenas 2016; Kimsé *et al.* 2017); sin embargo, no han sido evaluados con respecto a la preferencia en conejos. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la preferencia de tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) ofrecidos a conejos de engorda.

III. OBJETIVOS Y METAS

Evaluar la preferencia de consumo de tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) en conejos de engorda.

Medir el consumo de nutrientes en conejos de engorda alimentados con tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*).

Evaluar la relación entre la composición química de tulipán (*Hibiscus*), kudzú (*Pueraria phaseloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) y el consumo en conejos de engorda.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y alojamiento. Veintiocho conejos machos de la raza Nueva Zelanda blanco, de 8 semanas edad y con un peso inicial de 1.00 ± 0.05 kg fueron alojados de forma aleatoria e individual en jaulas de 60 x 40 x 80 cm, equipadas con comedero de plástico y bebederos automáticos tipo chupón, durante 14 días (7 de adaptación y 7 de evaluación) de acuerdo a Somers (2008).

Tratamientos. Los animales fueron provistos con 40 gramos de alimento comercial (para cubrir el requerimiento de energía digestible para mantenimiento) y facilitar el consumo de los forrajes de tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*). Cada animal recibió 50 gramos en materia verde de forraje de tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) simultáneamente, suspendidos del techo de las jaulas mediante bandas elásticas al mismo tiempo, una vez al día (10:00 am) diariamente; al alcanzar un consumo del 85% de la cantidad ofrecida de forraje, se incrementó en 10 gramos la cantidad de forraje ofrecida diariamente. Los forrajes estudiados fueron analizados de acuerdo a la AOAC (1990) y el análisis de las fracciones de fibra propuesto por Van Soest (1963a, 1963b; Van Soest & Wine, 1968) para conocer su composición química, en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Variables. Las variables estudiadas fueron: consumo de materia seca y consumo de nutrientes: proteína cruda, fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) en gramos. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva, análisis de varianza y correlación, mediante el software estadístico STATGRAPHICS 5.0.

V. RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presenta la composición química de los forrajes de de tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*).

Cuadro 1. Composición química de los forrajes estudiados (g/kg).

	Tulipán	Kudzú	Plátano
Materia seca (MS)	223	390	251
Proteína cruda (PC)	182	267	148
Fibra detergente ácido (FDA)	139	283	347
Fibra detergente neutro (FDN)	400	540	450

En el Cuadro 2 se presenta la preferencia de consumo y el consumo de nutrientes en conejos de engorda alimentados con tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*), se observa mayor consumo de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en comparación con tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*) y hoja de plátano (*Musa paradisiaca*).

Cuadro 2. Preferencia de consumo de nutrientes de Tulipán (*Hibiscus rosa sinensis*), Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y Plátano (*Musa paradisiaca*)

Consumo total	Tulipán	Kudzú	Plátano	EEM	Valor P
MS (g)	3440.36b	5403.68a	2609.31c	9.05	0.0001
PC (g)	638.24b	1379.83a	374.46c	1.97	0.0001
FDA (g)	445.08c	1467.21a	969.32b	2.47	0.0001
FDN (g)	1273.33b	2396.64a	1043.75c	4.36	0.0001

Literales diferentes en la misma línea P<0.05

En el Cuadro 3 se presenta la correlación entre el contenido de proteína cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro con el consumo observado de tulipán (*H. rosa sinensis*), kudzú (*P. phaseoloides*) y hoja de plátano (*M.*

paradisiaca). El contenido de proteína cruda en los forrajes estudiados mostró alta correlación con el consumo en conejos de engorda ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre consumo y composición química de forrajes tropicales en conejos de engorda

Nutriente	n	r	R2	Valor P
PC	28	0.99	99.9	0.0055
FDA	28	-0.07	0.55	0.9527
FDN	28	0.79	62.98	0.4164

VI. DISCUSIÓN

En el presente estudio se utilizó el método de presentación simultánea de los forrajes (cafetería), encontrando que Tulipán (*H. rosa sinensis*) y Kudzú (*P. phaseloides*) fueron los forrajes con mayor consumo con respecto a Hoja de plátano (*M. paradisiaca*) ($P < 0.05$). Ozakwe y Ekwe (2017) señalan que la preferencia medida a través de la palatabilidad de los forrajes en conejos, es un fenómeno que se ve influenciado por factores de la dieta, así como del medio ambiente; sin embargo, Cheeke (1986) menciona que los conejos prefieren materiales que han consumido previamente y materiales nuevos, que complementen los sabores y el contenido de macronutrientes de la dieta basal. En cuanto a la relación entre el consumo y la composición química de las dietas, de acuerdo con Franz *et al.* (2011) los conejos son consumidores selectivos, Somers *et al.* (2008) señalan que tienen preferencia por componentes de alto valor proteico ya que, en estado salvaje, el consumo de las partes ricas en proteína asegura mayor valor nutricional a partir de una dieta pobre en energía. En este sentido, los resultados de Ozakwe y Ekwe (2017) indican que existe una relación entre el contenido de proteína cruda y la preferencia de los conejos en cuanto al consumo; los autores encontraron que los forrajes *Centrosema pubescence*, *Calopogonium mucunoides* y *Elaeis guinensis*, los cuales presentaron los mayores valores de proteína cruda entre los forrajes evaluados, fueron los más consumidos

en la prueba de cafetería realizada, no obstante, Abubakar *et al.* (2015), Medugu *et al.* (2012) y Safwat *et al.* (2014) encontraron una gran variabilidad en la respuesta de los animales a la suplementación con forrajes, sin embargo algunos de los forrajes estudiados han sido ampliamente adoptados en la alimentación del conejo; en el presente estudio, el contenido de PC tuvo relación significativa ($P>0.05$) con respecto al consumo de los mismos, lo cual favoreció el consumo del forraje de Kudzú (*P. phaseoloides*) y Tulipán (*H. rosa sinensis*) con respecto a la hoja de plátano. Lo anterior coincide con Ulappa *et al.* (2014), quienes señalan que las posibilidades de que un forraje sea consumido incrementa 1.64 veces por cada 1% de incremento en el contenido de proteína cruda, y por su parte DeGabriel *et al.* (2009) señalan que las proteínas de las plantas ha sido asociada al uso del hábitat, éxito reproductivo y supervivencia en distintas especies de herbívoros; De acuerdo con Somers *et al.* (2008) la selección de dietas de mayor calidad nutricional, es una adaptación conductual a través de la cual los herbívoros maximizan su consumo de nutrientes seleccionando plantas con alto contenido de proteína cruda, Sorensen *et al.* (2005) señalan que los herbívoros minimizan el consumo de metabolitos secundarios, mediante selección de plantas con bajo contenido de los mismos.

VII. CONCLUSIONES

Los forrajes de Kudzú (*P. phaseoloides*) y Tulipán (*H. rosa sinensis*) fueron preferidos por conejos de engorda. Los forrajes de Kudzú (*P. phaseoloides*) y Tulipán (*H. rosa sinensis*) representan una alternativa viable para la alimentación de conejos en el trópico. El contenido de proteína cruda en los forrajes estudiados afectó la preferencia de consumo en conejos de engorda.

VIII. REFERENCIAS

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.

- Abubakar, M., Ibrahim, U., Yusuf, A. U., Muhammad, A. S., & Adamu, N. (2015). Growth performance, carcass and organ characteristics of growing rabbits fed graded levels of *Moringa oleifera* leaf meal in diets. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 8(2), 7-9.
- Asar, M., Osman, M., Yakout, H., & Safoat, A. (2010). Utilization of corn-cob meal and faba bean straw in growing rabbits diets and their effects on performance, digestibility and economical efficiency. *Egypt. Poultry Sci*, 30(2), . 415-442.
- Cheeke, P. R. (1986). Potentials of rabbit production in tropical and subtropical agricultural systems. *Journal of Animal science*, 63(5), 1581-1586.
- DeGabriel, J. L., Moore, B. D., Foley, W. J., & Johnson, C. N. (2009). The effects of plant defensive chemistry on nutrient availability predict reproductive success in a mammal. *Ecology*, 90(3), 711-719.
- Franz, R., Kreuzer, M., Hummel, J., Hatt, J. M., & Clauss, M. (2011). Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*), on a hay-only diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95(5), 564-570.
- García, A., Camino, Y., & Ly, J. (2013). Comportamiento de cerdos jóvenes alimentados con harina de residuos foliares de plátano (*Musa spp.*) incluida en concentrados. Nota técnica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(1) 51-53.
- Kimsé, M., Yapi, M. Y., Karamoko, M., Gidenne, T., Zongo, M., Gnanda, B. I., ... & Otchoumou, A. (2017). Effect of tropical green forage *Pueraria phaseoloides* addition to a pelleted complete feed on rabbit growth performance and digestion. *World Rabbit Science*, 25(3), 225-231.
- Martínez Yáñez, R., Santos Ricalde, R., Ramírez Aviles, L., & Sarmiento Franco, L. (2010). Utilización de Ramón (*Brosimum alicastrum Sw.*) y Cayena (*Hibiscus rosa-sinensis L.*) en la alimentación de conejos. *Zootecnia Tropical*, 28(2), 153-162.

- Medugu, C.I., Mohammed, G., Raji, A. O., Barwa, E. and Andi Zhinma, A. 2012. Utilization of different forages by growing rabbit. *Int. J Adv. Biol. Res.* 2, 375–381.
- Nieves, D., Terán, O., Silva, L., & González, C. (2010). Digestibilidad in vivo de nutrientes en dietas en forma de harina con niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* para conejos de engorde. *Revista Científica*, 12 (2) 408 -411.
- Osakwe I.I. & Ekwe O. O. (2017). Variation in relative palatability of different forages fed to rabbits. *Animal Research International*, 4(1) 608 – 610.
- Safwat, A. M., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R. H., & Nieves, D. (2014). Determination of tropical forage preferences using two offering methods in rabbits. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(4), 524-529.
- Somers, N., B. D’Haese, B. Bossuyt, L. Lens, and M. Hoffmann. 2008. Food quality affects diet preference of rabbits: experimental evidence. *Belgian Journal of Zoology*. 138:170-176.
- Sorensen, J. S., Heward, E., & Dearing, M. D. (2005). Plant secondary metabolites alter the feeding patterns of a mammalian herbivore (*Neotoma lepida*). *Oecologia*, 146(3), 415-422.
- Ulappa, A. C., Kelsey, R. G., Frye, G. G., Rachlow, J. L., Shipley, L. A., Bond, L., . & Forbey, J. S. (2014). Plant protein and secondary metabolites influence diet selection in a mammalian specialist herbivore. *Journal of mammalogy*, 95(4), 834-842.
- Van Soest, P. J. (1963a). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 1. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 46, 825-829.
- Van Soest, P. J. (1963b). Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. II. A Rapid Method for the Determination of Fiber and Lignin. *Journal of Association Official Analytical Chemists* 46: 829 – 835.
- Van Soest, P. J., & Wine, R. H. (1968). Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 51, 780-785.

EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS DE PLANTAS CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA EN SEMEN BOVINO Y OVINO CRIOPRESERVADO

Montesinos-De La Cruz A.E.¹

Luna-Palomera C.*¹

Velazquez-Martínez J.R.¹

Peralta-Torres J.A.¹

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

² Autor de correspondencia: carlos.luna@ujat.mx

I. Resumen

El objetivo fue evaluar la adición de 25 mg/mL extractos acuosos liofilizados de Albahaca (AL; *Ocimum micranthum* Mil.), Hoja de pimienta (HP; *Pimenta dioica*), Casnique (CAS; *Salvia serotina* L), Muste (MU; *Clerodendrum linguistrinum* Jacq), Toronjil (TO; *Melissa officinalis* L) y Oreganón (OR; *Plectranthus amboinicus*) sobre la viabilidad espermática y la actividad antimicrobiana en semen de bovino y ovino criopreservado. Los controles fueron semen sin antibiótico (C-SA), con 1000 µg/ML de enrofloxacina (C+CA) y Tryladil (C+TRY). Se evaluó la motilidad masal (MM) a los 36 °C, 15 °C, 5 °C y 5 °C más dos horas de equilibrio (5 °C + 2h) y posdescongelamiento (PDesc). La actividad antimicrobiana se evaluó posdescongelado con base en el conteo estándar. El semen bovino tratado con los extractos acuosos de AL y HP desde los 15 °C observó disminución en la MM y se redujo a 0 al llegar a los 5 °C. Sin embargo, el semen tratado con los extractos de MU, CAS y OR fue viable hasta el posdescongelado similar al semen con TRY. El semen ovino adicionado con extractos acuosos registró reducción en la motilidad masal hasta los 5 °C. La sobrevivencia y motilidad espermática posdescongelado se redujo 5%, incluyendo los controles. No se observó crecimiento bacteriano importante al incorporar los extractos acuosos al semen procesado toda vez que se ubicó <250 UFC de acuerdo a la NOM. No se comprobó un efecto antimicrobiano contundente de los

extractos acuosos por lo que deben realizarse experimentos adicionales para descartar efectos negativos sobre la viabilidad espermática y actividad antimicrobiana de los extractos acuosos a diferentes concentraciones.

II. Introducción

El procesamiento de semen requiere de cuidados asépticos que garanticen la viabilidad y fertilidad espermática hasta su uso. Sin embargo, puede contaminarse durante la recolección, manejo y procesamiento con bacterias que son parte de la flora de mucosa y piel, tales como *Staphylococcus spp* y *Streptococcus spp* (Morrel, 2016).

La contaminación bacteriana del semen ocurre principalmente en la recolección donde frecuentemente es contaminado por bacterias que sobreviven a la temperatura de almacenamiento y que pueden adquirir resistencia a los antibióticos (Gloria et al., 2014). El efecto de bacterias contaminantes está asociado con baja motilidad, viabilidad espermática, aglutinación y por tanto, disminución de la fertilidad (Morrel, 2016).

La resistencia bacteriana a los antibióticos está provocando una preocupación considerable a nivel mundial, por lo que se están buscando tratamientos alternativos al uso de antibióticos (Viera, 2010; Ngu et al., 2013). En el trópico, numerosas plantas de uso medicinal han mostrado efecto bactericida como alternativa viable en sustitución de los antibióticos (Espinosa-Moreno et al., 2017); sin embargo no existe antecedentes de su uso en la criopreservación de semen, por lo que tampoco se conoce su efecto sobre la viabilidad espermática. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los extractos acuosos liofilizados de seis plantas de uso medicinal tradicional sobre la viabilidad espermática y la actividad antimicrobiana en semen de bovino y ovino criopreservado.

III. Materiales y Métodos

Ubicación. La obtención de los extractos acuosos y evaluación de la actividad antimicrobiana se realizaron en el Laboratorio de Productos Bióticos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA). El procesamiento de semen y la criopreservación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Reproducción Animal de la DACA. Ambos Laboratorios se encuentran ubicados en el km 25 carretera Villahermosa-Teapa. La evaluación se llevó a cabo en las siguientes etapas:

Tratamientos

Los experimentos se realizaron bajo un diseño de dos factores, como efecto principal se incluyeron los seis extractos acuosos en la criopreservación de semen: Albahaca (AL; *Ocimum micranthum* Mil.), Hoja de pimienta (HP; *Pimenta dioica*), Casnique (CAS; *Salvia serotina* L), Muste (MU; *Clerodendrum lingustrinum* Jacq), Toronjil (TO; *Melissa officinalis* L) y Oreganón (OR; *Plectranthus amboinicus*). Se incluyeron tres controles: diluyente Triladyl (C+TRY), diluyente TRIS adicionado con enrofloxacin (C+CA) y diluyente TRIS sin antibiótico (C-SA). Un segundo factor considerado fue temperatura en la curva de enfriamiento: 36 °C, 15 °C, 5 °C y 5 °C más dos horas de equilibrio (5 °C + 2h) y posdescongelamiento (PDesc). El experimento se realizó en tres etapas.

Etapa 1. Purificación y liofilización de extractos acuosos de plantas con actividad antimicrobiana

Se obtuvieron extractos acuosos de Albahaca, Hoja de pimienta, Casnique, Muste, Toronjil y Oreganón.

Procesamiento de plantas. Se siguieron los procedimientos de acuerdo a Espinosa *et al.*, (2017). Se colectó el material vegetal, cortando el tallo lo más cercano posible al suelo. La planta cortada se colocó en bolsas de papel estraza

para transportarlas al laboratorio de Productos Bióticos de la DACA, donde, realizó el proceso de selección y eliminación de materias extrañas, otras especies de plantas e impurezas. Se separaron las hojas de los tallos, las hojas se lavaron dos veces con agua potable y una vez con agua purificada, se secaron a temperatura ambiente extendidas sobre papel estraza y protegidas de la luz solar durante siete días con el apoyo de un deshumidificador. Posteriormente se trituraron en una licuadora industrial Osterizer y se tamizaron en malla No.60. Los polvos recuperados se guardaron en obscuridad y a 4°C hasta la obtención de los extractos.

Obtención de extractos acuosos de plantas. Se mezcló 5 % del material vegetal con agua bidestilada y se sometió a baño maría a 90 °C por 10 min con agitación constante. La mezcla después del tratamiento térmico se centrifugó por 10 min a 3000 rpm, se recuperó el sobrenadante y se filtró con membrana Millipore de nitrocelulosa con diámetro de poro de 0.45 µm. El extracto crudo obtenido se liofilizó y se conservó en oscuridad a 4 °C para posteriores determinaciones y aplicaciones.

Fenoles totales. Adicionalmente se determinó el contenido de fenoles usando el método descrito por Singleton *et al.*, (1999). El extracto fue diluido convenientemente para ajustar la lectura del espectrofotómetro. Se mezclaron 125 µL de muestra con 625 µL de reactivo Folin-Ciocalteu diluido (1:10) y 500 µL de carbonato de sodio (7.5 %), se agitó por 10 seg y se dejó reaccionar por 45 minutos en oscuridad. Pasado ese tiempo se leyeron los extractos a una longitud de onda de 760 nm. El contenido fenólico se calculó con una curva patrón usando ácido gálico como estándar (10-100 µg mL⁻¹) y los resultados se reportaron como equivalentes de ácido gálico por g de extracto (mg EAG g⁻¹).

Liofilización de extractos acuosos de plantas. Antes de comenzar la deshidratación las muestras fueron previamente congeladas en los diferentes compartimentos del liofilizador (SCIENTZ-10N), charolas y frascos, en un ultra

congelador a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los extractos acuosos de plantas congelados se colocaron en la liofilizadora, cuando alcanzó los $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ se inició el proceso de deshidratación de las muestras al vacío 10 pa (el ultravacío se obtiene cuando la presión es muy baja 10^{-7} pa es la unidad del sistema internacional). Finalmente se almacenó en recipiente de vidrio bien tapado en refrigeración a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Etapa 2. Colecta, dilución y criopreservación de semen

La criopreservación de semen incluye la colecta del semen, la dilución con diluyentes (conteniendo nutrientes y crioprotectores), empajillado, enfriado, congelado y almacenamiento en nitrógeno líquido.

Colección del semen. La muestra de semen se obtuvo de sementales 5/8 Holstein \times Cebú ($n=2$) y Pelibuey ($n=3$) por electroeyaculación. De las muestras de semen colectadas por especie se hizo un pool y al aplicar los tratamientos, se homogenizaron con el extracto acuso para eliminar las diferencias individuales. Los pasos realizados fueron los siguientes:

Evaluación clínica reproductiva del semental.

Colecta de semen con electroeyaculador, posteriormente se determinó el volumen del eyaculado, apariencia/consistencia y concentración espermática.

Dilución del semen con diluyente a 37° C .

Evaluación de la motilidad espermática y morfología usando el microscopio de contraste de fases con platina caliente. La morfología espermática se evaluó en un frotis teñido con Eosina-Nigrosina y fijado en solución salina buferada.

Se determinó la concentración espermática usando un hemocitómetro.

Se agregó el diluyente restante en base a la concentración deseada por pajilla.

Preparación de diluyentes con extractos de plantas con actividad antimicrobiana. Con la finalidad de evaluar la actividad antimicrobiana de extractos acuosos de plantas y su efecto sobre la viabilidad espermática, se prepararon los

diluyentes con base en TRIS-yema de acuerdo a las necesidades en cada tratamiento:

Diluyente TRIS–yema con antibiótico sintético comercial.

Solución TRIS	10.08 mL
Yema de huevo	3.00 mL
Glicerol	0.96 mL
Enrofloxacin	1000.00 µg/mL
H ₂ O desionizada c.b.p	15 mL

Ajustar el PH a 7

Diluyente TRIS-yema con extractos acuoso con actividad antimicrobiana

Solución TRIS	10.08 mL
Yema de huevo	3.00 mL
Glicerol	0.96 mL
Extractos de plantas	25 µg
H ₂ O desionizada c.b.p	15 mL

Ajustar el pH a 7

Control negativo: Diluyente TRIS-yema sin antibiótico

Control positivo: Diluyente comercial Triladyl

Curva de enfriamiento, empajillado y congelación del semen. Se realizaron los siguientes pasos:

Enfriar el semen diluido hasta 5 °C a una tasa de 0.1-0.3 °C por minuto.

Estabilizar el semen en la dilución final a 5 °C por 1:30-2:00 h.

Empajillar, sellar y congelar a vapor de nitrógeno (10 cm encima del espejo de nitrógeno por 8 min) y finalmente verter en nitrógeno líquido.

Colocar las pajillas en Gobelets y almacenar en termo criogénico.

Descongelar un par de pajillas para ver el resultado final evaluando la motilidad masal e individual.

Etapa 3. Evaluación de actividad antimicrobiana en cultivo bacteriológico. Con la finalidad de evaluar la actividad antimicrobiana del semen posdescongelado procesado con extractos acusosos se determinó la carga de bacterias mesófilas aerobias en placa se realizó conforme lo señala la Norma Oficial Mexicana, NOM- 092- SSA1- 1994b. Se utilizó como medio de cultivo Agar Cuenta Estandar con los siguientes ingredientes:

Peptona de caseína	5.0 g
Extracto de levadura	2.5 g
Dextrosa	1.0 g
Agar bacteriológico	15.0 g
Solución salina al 9% c.b.p	1000 mL

Se realizarón diluciones seriadas de las muestras con agua peptonada:



100 μ L de muestra 900 μ L de solución salina en cada tubo eppendorf®.

Se realizó la siembra de semen criopreservado con 100 μ L de las muestras y diluciones realizadas en cajas en de Petri identificadas con el tratamiento y las diluciones. Se mantuvieron a 37 °C por 24 h y posteriormente se realizó la lectura del crecimiento bacteriano. El mismo procedimiento se realizó usando solo el diluyente como referencia, sin semen procesado. Los resultados se expresarán como UFC/mL.

Variables de respuesta y análisis de la información. La sobrevivencia espermática fue evaluada a través de la motilidad masal (MM) durante la curva de enfriamiento a diferentes de temperaturas: 36°, 15°, 5°, 5° C + 2h y PDesc. La actividad antimicrobiana se evaluó a través del conteo estándar (UFC) en semen pos descongelado.

Se realizó estadística descriptiva para las variables asociadas con la viabilidad espermática del semen tratado con extractos acuosos de plantas, así como los controles. De la misma manera se presentan los promedios para cuenta estándar, expresado en UFC de acuerdo al tratamiento empleado.

IV. Resultados y Discusión

Los rendimientos de extractos acuosos y contenido fenólico se resumen en el Cuadro 1. Los rendimientos de extractos acuosos son superiores a los reportados por Voravuthikunchai *et al.* (2005) para verbena (*Spilanthes acnella* L.) Murray con 15.87 %. El contenido de fenoles son similares a los encontrados en estudios realizados con especies de la familia Lamiaceae (Lee *et al.*, 2011). Los fenoles exhiben una amplia variedad de propiedades entre ellas antimicrobianas y antioxidante (Puupponen-Pimiä *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Rendimiento del extracto acuoso y fenólico de diversas plantas con actividad antimicrobiana

Planta	Rendimiento de extracto, %	Contenido fenólico, mg EAG/g de extracto
Albahaca	23.01	255.34±10.21
Toronjil	28.92	239.59±6.02
Casnique	18.05	203.78±3.85
Muste	23.98	69.49± 1.47
Oreganón	34.52	88.95±1.43
Hoja de pimienta	3.46	415.70

Con relación a la evaluación del efecto de los extractos sobre la sobrevivencia espermática, el Cuadro 2 muestra el semen bovino tratado con AL y HP desde los 15 °C observó disminución en la motilidad masal y se redujo a 0 o cercano a 0 al llegar a los 5 °C, posiblemente la concentración usada tuvo un efecto espermicida.

Sin embargo, el semen tratado con los extractos de MU, CAS y OR presentaron un comportamiento similar al semen tratado con un diluyente comercial (Triladyl) después de dos horas de estabilizado a 5 °C. Incluso posterior al descongelado la motilidad masal fue similar al control TRY, excepto en el semen tratado con extracto acuoso de TR que disminuyó hasta 25% de motilidad masal.

El comportamiento del semen ovino adicionado con extractos acuosos registró reducción en la motilidad masal hasta los 5 °C. La sobrevivencia y motilidad espermática posdescongelado se redujo 5%, incluyendo los controles. Este comportamiento no es el deseado, por lo que deben realizarse más ensayos para descartar efectos espermicidas en el semen ovino.

La importancia de buscar alternativas en antibióticos naturales radica en el hecho que según Morrel (2014) con los antibióticos convencionales o sintéticos, se puede generar resistencia a los mismos, la cual puede ser transferida a otras bacterias en otras especies. Por otra parte, Aurich *et al.* (2007) reportan que ciertos antibióticos como la gentamicina (ampliamente utilizada para la criopreservación del semen) han presentado efectos negativos en la motilidad espermática durante un almacenamiento prolongado. Sin embargo, Madeira *et al.* (2014) no reportan efectos negativos de diversos antibióticos incluyendo la gentamicina y enrofloxacin, sobre la viabilidad espermática en semen ovino.

Con relación al efecto antimicrobiano de los extractos acuosos, de acuerdo al Cuadro 3 no se observó crecimiento bacteriano importante al incorporar los extractos acuosos al semen procesado toda vez que se ubicó <250 UFC de

acuerdo a la NOM. Cuando fue usado solamente en el diluyente el conteo se mantuvo en cero o cercano a cero (GA y OR). Sin embargo, ese mismo efecto se observó en el grupo control SA.

Cuadro 2. Motilidad masal de semen bovino y ovino fresco, refrigerado y criopreservado adicionando extractos acuosos de plantas con actividad antimicrobiana.

T, °C	EXTRACTOS ACUOSOS DE PLANTAS						CONTROLES		
	MOTILIDAD MASAL %						MOTILIDAD MASAL %		
	AL	MU	HP	CAS	TR	OR	C+ CA	C+ TRY	C- SA
SEMEN BOVINO									
36 °C	70	80	80	0	80	80	-	80	-
15 °C	20	60	20	80	80	70	-	70	-
5 °C	0	60	5	80	40	60	-	70	-
5 °C +2h	-	60	0	80	40	60	-	70	-
PDesc	-	40	-	40	25	35	-	40	-
SEMEN OVINO									
36 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 °C	60	65	60	60	60	68	50	60	50
5 °C	50	60	60	40	40	40	50	50	40
5 °C +2h	40	50	30	40	40	40	40	40	40
PDesc	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Cuadro 3. Conteo de unidades formadoras de colonia (UFC) para semen criopreservado y tratado con extractos acuosos de plantas con actividad antimicrobiana.

ENSAYO	EXTRACTO ACUOSO DE PLANTA						CONTROLES		
	AL	MU	HP	A	TR	OR	C+ CA	C+ TRI	C- SA
Semen procesado	<250	<250	<250	< 250	<250	<250	20200	<250	<250
Diluyente solo	0	0	0	200	0	100	0	0	0

Espinoza et al., (2017) refieren que al menos la HP presentó actividad antimicrobiana comprobada sobre *S. aureus* y *E. coli* similar a la Amikasina. De

igual manera Velazquez-Martínez (2018; comunicación personal) refiere actividad mínima inhibitoria de las demás extractos acuosos de las plantas evaluadas, lo cual concuerda con los resultados encontrados. Sin embargo, el control negativo tampoco registro crecimiento bacteriano importante. Esto se explica posiblemente a las condiciones de higiene durante la preparación del diluyente, colecta y procesamiento del semen.

V. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos no se puede afirmar un efecto contundente en la reducción del crecimiento bacteriano de los extractos acuosos de las plantas evaluadas, puesto que el control observo un comportamiento similar al de los controles positivos. Por lo anterior, se deben realizar más ensayos para descartar efectos negativos sobre la viabilidad espermática, así como confirmar el efecto antimicrobiano de los diferentes extractos acuosos a diferentes concentraciones.

VI. Referencias

- Aurich, C., & Spengler J. (2007). Influence of bacteria and gentamicin on cooled stored stallion spermatozoa. *Theriogenology* 67: 912-918
- Espinosa, M.J., Centurión, H.D., Mayo, M.A. & Velázquez, M.J.R. (2017). Plantas aromáticas y medicinales tropicales con potencial actividad antimicrobiana. Colección: José N. Roviroso. Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo. Villahermosa, Tabasco, México. 74 p.
- Gloria, A., Contri A., Wegher L., Vignola G., Dellamaria D., & Carluccio, A. (2014). The effects of antibiotic additions to extenders on fresh and frozen-thawed bull semen. *Anim. Reprod. Sci.* 150:15-23.
- Lee, C.J., Chen, L.G., Chang, L.G., Ke, W.M., Lo, Y F. & Wang, C.C. (2011). The correlation between skin-care effects and phytochemical contents in *Lamiaceae* plants. *Food Chemistry*, 124 (3): 833-841.

- Madeira, E.M., Goularte, K.L., Pradieé, J., Mondadori, R.G., Lucia, T.J., Bianchi, I., Vieira, A.D., & Leite, F.P. (2014). The Use of Antibiotics in Cryopreservation of Ram Sperm.
- Morrell, J.M. (2016) Antimicrobials in Boar Semen Extenders – A Risk/Benefit Analysis. *J Antimicro* 1:107. doi:10.4172/Antimicro.1000107
- Morrell, J.M., Wallgren, M. (2014). Alternatives to Antibiotics in Semen Extenders: A Review. *Pathogens*. 3: 934-946.
- Ngu, G. T., Etchu, K. A., Yongabi, K. A. & Woogeng, I. N. (2013). Herbal control of prevalent microorganisms in buck (male goat) semen in Bauchi State, Nigeria. *Afr. J. Microbiol. Res.* 7: 5213-5218.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R.M. (1999): Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299, 152-178
- Voravuthikunchai, S.P., Phongpaichit, S. & Subhadhrasakul A. (2005). Evaluation of antibacterial activities of medicinal plants widely used among AIDS patients in Thailand. *Pharmaceutical Biology.* 8: 701-706.

PRODUCTIVIDAD AL DESTETE DE OVEJAS PELIBUEY TROPICAL: EFECTO DE AÑO Y ÉPOCA DE NACIMIENTO

Tetumo Cano C.R.¹

*Luna Palomera C.*¹*

Sánchez Dávila F.²

Ojeda Robertos N.F.¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

²Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León

*Autor de correspondencia: carlos.luna@ujat.mx

I. Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del año y época de nacimiento sobre el PN, PD, PDA60d y GDP de corderos Pelibuey tropical. Se realizó un estudio retrospectivo con base en registros de producción de 324 ovejas, 2,685 crías nacidas provenientes de 19 sementales entre los años 2011 a 2017. Se encontró que el año de nacimiento ($P < 0.001$) pero no la época de nacimiento ($P > 0.05$) afectan el PN de los corderos. De igual manera cuando se consideran las interacciones entre estas dos variables ($P < 0.001$) y su interacción con el sexo del cordero afectan ($P < 0.01$) los PD, PD60d y la GDP. La variabilidad de factores ambientales que incluyen los efectos de año y época de año, contribuyen significativamente sobre el PN, PD, PDA60d y GDP. Por lo anterior es posible establecer estrategias de manejo que permitan disminuir la variabilidad atribuible a factores no genéticos a fin de las madres expresar su habilidad y aptitud materna que de manera importante se refleja en las ganancias de peso y corderos más pesados al destete.

II. Introducción

La selección y uso de líneas de animales adaptadas a las condiciones ambientales a partir de razas locales es una de las mejores alternativas a largo plazo (Nuñez-Domínguez *et al.*, 2005). La raza Pelibuey (PB) están bien adaptadas al medioambiente tropical y se ha encontrado que son animales fértiles, con alta eficiencia reproductiva, baja estacionalidad y excelente temperamento materno (Galina *et al.*, 1996).

Existen factores asociados tales como el manejo nutricional, año y época del año, lo cual impacta el desempeño reproductivo y la productividad, así como la ganancia de peso de sus corderos (Magaña-Monforte *et al.* 2013). Estos efectos se relacionan indirectamente con la disponibilidad de forraje y de nutrientes en los pastizales asociados con las precipitaciones pluviales e intensidad lumínica. Los estudios que caracterizan el desempeño productivo y los parámetros relacionados son escasos, y son necesarios a fin de establecer estrategias de selección y mejoramiento genético en ovejas Pelibuey tropical.

Por lo anterior, es importante determinar la magnitud del impacto del año y época de nacimiento sobre los pesos al nacimiento, al destete y ganancias de peso predestete con la finalidad de proponer estrategias de manejo que contribuyan a mejorar el desempeño productivo.

El objetivo fue evaluar el efecto año y época de nacimiento sobre el peso al nacimiento, peso ajustado a los 60 días y la ganancia diaria predestete de corderos Pelibuey de una línea tropical.

III. Material y Métodos

Ubicación del área de estudio. La información procede de una unidad de producción de ovejas con características raciales típicas del PB tropical nativo,

ubicada en el estado de Tabasco, México. El clima en la zona es cálido-húmedo (Am) con abundantes lluvias en verano, temperatura promedio anual de 26.1° C, precipitación media anual de 2332 mm y 9 msnm.

Análisis de la información. Se realizó un estudio retrospectivo para caracterizar al rebaño con base en información de los registros de producción de 324 ovejas y 2,685 corderos hijos de 19 sementales entre los años 2011 a 2017. Las variables evaluados en las crías fueron peso al nacer (PN, 1363 machos y 1339 hembras), peso al destete ajustado a 60 días (PDA60d, 973 machos y 996 hembras), ganancia diaria de peso predestete (GDP, 785 machos y 859 hembras). La información fue analizada considerando el año y época de nacimiento de los corderos como variables independientes principales y sus interacciones con el sexo del cordero. Se definieron tres épocas de acuerdo a los niveles de precipitación pluvial e intensidad lumínica: secas (marzo a mayo), lluvias (junio a octubre) y nortes (noviembre a febrero).

Análisis Estadístico. La información se ajustó bajo un modelo estadístico completamente al azar y se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS® (SAS, 1999) para las variables PN, PDA60d y GDP e incluyó los año de parto, época de parto, madre, padre, número y tipo de partos de la oveja, y las interacciones de segundo y tercer orden. Las interacciones que no resultaron significativas se excluyeron del modelo. Para los efectos principales significativos y de importancia se realizaron pruebas de comparación de medias por el método de Tukey.

IV Resultados y Discusión

Peso al nacimiento. Se encontró que el PN fue afectado significativamente ($P < 0.01$) por el año de nacimiento del cordero, siendo los más pesados ($P < 0.05$) los nacidos en los años 2015 y 2017 comparados con los de ovejas nacidos entre 2011 al 2014 y 2016. No hubo diferencias entre el PN de corderos de ovejas

nacidos en 2015 y 2017. La variable época de nacimiento no afectó el PN. Sin embargo, la interacción año de nacimiento por época de nacimiento afectó significativamente ($P < 0.0001$) el peso al nacimiento, siendo los corderos nacidos en el año 2016 en épocas de lluvias y los de 2014 en épocas de nortes los de menor peso al nacer (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del año y época de nacimiento sobre el PN en corderos Pelibuey Línea Tropical.

Año	Época del año		
	Lluvia	Norte	Seca
2011	2.68 ± 0.64 ^a	2.45 ± 0.59 ^{ab}	2.46 ± 0.34 ^a
2012	2.52 ± 0.73 ^{ab}	2.58 ± 0.87 ^{ab}	2.69 ± 0.64 ^a
2013	2.55 ± 0.62 ^{ab}	2.51 ± 0.73 ^{ab}	2.40 ± 0.72 ^a
2014	2.68 ± 0.68 ^a	2.20 ± 0.68 ^b	2.65 ± 0.65 ^a
2015	2.74 ± 0.78 ^a	2.72 ± 0.71 ^a	2.91 ± 0.74 ^a
2016	2.29 ± 0.85 ^b	2.73 ± 0.79 ^a	2.66 ± 0.56 ^a
2017	2.87 ± 0.82 ^a	2.87 ± 0.87 ^a	2.69 ± 0.78 ^a

^{a b} Literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticas significativas

Peso al destete y peso al destete ajustado a 60 días. El año y la época de nacimiento del cordero afectaron significativamente sobre el PDA60d ($P < 0.001$) y PDA60d ($P < 0.001$) siendo los corderos nacidos en los años 2013, 2015 y 2016 los más pesados ($P < 0.05$) al destete comparados con los nacidos en 2011, 2012, 2014 y 2017. De igual manera época de nacimiento resultó significativa sobre el PD y PDA60d ($P < 0.001$); los corderos nacidos en épocas de secas resultaron más pesados ($P < 0.05$) que los nacidos en épocas de lluvias y nortes. Las interacciones año de por época de nacimiento resultaron significativa sobre el PD y PDA60d ($P < 0.005$). La interacción año de nacimiento por época de nacimiento por sexo resultó significativa ($P < 0.03$) (Cuadros 2).

Cuadro 2. Efecto del sexo del cordero, año y época de nacimiento sobre el peso al destete ajustado a 60 días en corderos de una Línea de Pelibuey Tropical.

Sexo	Año	Época del año		
		Lluvia	Norte	Seca
Hembras	2011	10.30 ± 2.96 ^b	10.19 ± 3.03 ^{ab}	9.08 ± 3.96 ^b
	2012	10.87 ± 2.99 ^{ab}	9.98 ± 2.86 ^b	11.30 ± 2.62 ^{ab}
	2013	12.05 ± 3.05 ^{ab}	10.29 ± 2.75 ^{ab}	11.36 ± 2.56 ^{ab}
	2014	11.16 ± 2.62 ^{ab}	9.35 ± 2.48 ^b	10.89 ± 2.46 ^{ab}
	2015	12.02 ± 1.99 ^{ab}	11.31 ± 2.39 ^{ab}	13.40 ± 2.97 ^a
	2016	11.37 ± 2.98 ^{ab}	10.69 ± 3.05 ^{ab}	12.86 ± 2.72 ^{ab}
	2017	10.83 ± 3.13 ^{ab}	9.83 ± 3.23 ^b	11.31 ± 2.85 ^{ab}
Machos	2011	11.84 ± 1.97 ^{ab}	12.27 ± 0.79 ^a	9.33 ± 3.06 ^b
	2012	11.84 ± 3.50 ^{ab}	10.62 ± 3.85 ^{ab}	11.62 ± 4.08 ^{ab}
	2013	12.73 ± 2.55 ^a	11.30 ± 2.93 ^{ab}	13.39 ± 3.26 ^a
	2014	11.65 ± 3.28 ^{ab}	10.23 ± 2.56 ^{ab}	11.28 ± 2.95 ^{ab}
	2015	12.89 ± 3.07 ^a	12.56 ± 3.22 ^a	15.01 ± 3.01 ^a
	2016	11.86 ± 3.35 ^{ab}	11.97 ± 3.34 ^{ab}	14.64 ± 3.41 ^a
	2017	12.17 ± 3.66 ^{ab}	9.91 ± 3.12 ^b	12.43 ± 3.09 ^{ab}

Ganancia diaria de peso predestete. Las GDP de los corderos en los años 2015, 2013 y 2016 fueron los que mejor GDP comparados con los de 2011, 2012, 2014 y 2017. De igual manera las interacciones año de por época de nacimiento resultaron significativa sobre la GDP ($P < 0.007$). La interacción año de nacimiento por época de nacimiento por sexo resultó significativa ($P < 0.01$) (Cuadro 3). Estos datos contrastan con los presentados por otros autores, quienes reportan que los corderos nacidos durante la temporada de lluvias tuvieron mayor peso de destete y aumento de peso diario promedio en comparación con los corderos nacidos en la estación seca (Teklebrhan *et al.*, 2014), podrían estar asociadas con la variación en el manejo nutricional y disponibilidad de forraje.

Además, el manejo de los animales está sujeto a variaciones ambientales y financieras dentro del sistema de producción (Magaña-Monforte *et al.*, 2013;

Nasrat *et al.*, 2016). Las diferencias observadas podrían deberse a efectos marcados que dio como resultado mejoras en la disponibilidad de alimento, los métodos de manejo, el estado corporal de madres y las habilidades del administrador agrícola durante los años sucesivos (Teklebrhan *et al.*, 2014).

Cuadro 3. Efecto del sexo del cordero, año y época de nacimiento sobre el la ganancia de peso predestete en corderos de una Línea de Pelibuey Tropical.

Sexo	Año	Época del año		
		Lluvia	Norte	Seca
Hembras	2011	0.12 ± 0.04 ^b	0.12 ± 0.04 ^b	0.10 ± 0.06 ^b
	2012	0.13 ± 0.04 ^{ab}	0.12 ± 0.04 ^b	0.14 ± 0.03 ^{ab}
	2013	0.15 ± 0.04 ^a	0.12 ± 0.03 ^b	0.15 ± 0.04 ^{ab}
	2014	0.14 ± 0.03 ^{ab}	0.11 ± 0.03 ^b	0.14 ± 0.03 ^{ab}
	2015	0.15 ± 0.03 ^a	0.14 ± 0.03 ^a	0.17 ± 0.04 ^a
	2016	0.14 ± 0.04 ^{ab}	0.13 ± 0.04 ^{ab}	0.16 ± 0.04 ^{ab}
	2017	0.13 ± 0.04 ^{ab}	0.11 ± 0.04 ^b	0.14 ± 0.04 ^{ab}
Machos	2011	0.15 ± 0.03 ^a	0.15 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.04 ^b
	2012	0.15 ± 0.05 ^a	0.13 ± 0.06 ^{ab}	0.14 ± 0.06 ^{ab}
	2013	0.16 ± 0.03 ^a	0.14 ± 0.04 ^a	0.17 ± 0.05 ^a
	2014	0.14 ± 0.04 ^{ab}	0.13 ± 0.03 ^{ab}	0.13 ± 0.04 ^b
	2015	0.16 ± 0.04 ^a	0.15 ± 0.04 ^a	0.19 ± 0.04 ^a
	2016	0.15 ± 0.05 ^a	0.15 ± 0.05 ^a	0.19 ± 0.50 ^a
	2017	0.15 ± 0.05 ^a	0.11 ± 0.04 ^b	0.15 ± 0.04 ^{ab}

V. Conclusiones

La variabilidad de factores ambientales que incluyen los efectos de año y época de año, contribuyen significativamente sobre el PN, PD, PDA60d y GDP. Por lo anterior es posible con el tiempo ajustar estrategias de manejo que permitan disminuir la variabilidad atribuible a factores no genéticos a fin de las madres

expresar su habilidad y aptitud materna que de manera importante se refleja en las ganancias de peso y corderos más pesados al destete.

VI. Referencias

- Galina, M.A., Morales, R., Silva, E. & López, B. (1996). Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in Mexico. *Small Rumin Res.* 22: 31-37.
- Magaña-Monforte, J.G., Huchin-Cab, M., Ake-López, J.R & Segura-Correa, J.C. (2013). A field study of reproductive performance and productivity of Pelibuey ewes in Southeastern Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 45 (8):1771-1776.
- Nasrat, M.M., Segura Correa, J.C. & Magaña Monforte, J.G. (2016). Breed genotype effect on ewe traits during the pre-weaning period in hair sheep under the tropical Mexican conditions. *Small Ruminant Research.* 137: 157 - 161
- Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R., Saavedra-Jiménez, L. & García-Muñiz, J. 2016. La adaptabilidad de los recursos zoogenéticos Criollos, base para enfrentar los desafíos de la producción animal. *Archivos de Zootecnia.* 65 (251): 461-468
- Teklebrhan, T. Urge, M., Mekasha, Y. & Baissa, M. (2014). Pre-weaning growth performance of crossbred lambs (Dorper × indigenous sheep breeds) under semi-intensive management in eastern Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production.* 46(2): 455.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO EN EL ESTADO DE CHIAPAS

Yuliana Izquierdo Camacho¹
Alma Catalina Berumen Alatorre¹
Santiago Ramírez Vera¹
*Jorge Alonso Peralta Torres*¹*

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Corresponding author: japt83@hotmail.com

I. RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar los costos y la utilidad que genera un sistema de producción bovina de doble propósito del estado de Chiapas. Se realizó un estudio de costos de producción de una unidad pecuaria de doble propósito bajo condiciones tropicales en la cual se tiene como principal ingreso la venta de leche con un 48.8%, seguido de la venta de pie de cría (27.45%), machos al destete (19.8%) y vacas de desecho (3.85%). Del total de costos los insumos fijos representaron un 73.2% de los que la mano de obra (30.55%) y el agotamiento de pie de cría (18.82%) fueron los costos más altos. Dentro de los costos variables la alimentación representa el 15.74% de los costos totales de producción. La utilidad obtenida respecto del total de costos representa un 0.87%. En conclusión, los costos fijos representaron la mayor proporción en la UPP, siendo la mano de obra la que generó mayor gasto. La utilidad fue baja considerando los costos totales, sin embargo, incrementó si solo son considerados los costos desembolsables.

II. INTRODUCCIÓN

La leche de bovino es uno de los productos más importantes en la alimentación del hombre, los principales 20 países productores de leche a nivel

mundial aportan el 73%, al respecto, México ocupa el lugar 15 con tan solo el 1.8% de la producción mundial y cuenta con baja proporción de ganado especializado (LACTODATA, 2011). La producción de las zonas tropicales, donde se practica más el pastoreo y la ganadería de doble propósito, se ha estancado o ha crecido muy poco, por ende, su aportación en la producción total ha disminuido, para el año 2017 la producción de leche en el trópico fue del 14.7% (LACTODATA, 2018).

Los sistemas de producción doble propósito son caracterizados por contar con niveles bajos de eficiencia y de innovación tecnológica asociada a las condiciones agroclimáticas de las regiones tropicales con ganado criollo y sus cruza con ganado especializado en producción de leche con bajos valores de productividad expresados como litros de leche producidos por animal con alto nivel de diversificación y complementariedad con las restantes actividades lo cual le permite soportar cambios de índole climáticos y económicos debido a su bajo nivel de inversión (González, Gómez y Galindo, 2015).

Si se toman como referencia la viabilidad económica, la autonomía financiera, la transferibilidad y la eficiencia en los procesos productivos los sistemas de producción doble propósito en el país se consideran en una escala baja como consecuencia de factores relacionados a las prácticas de manejo y al bajo o nulo valor agregado o leche producida (Salas, Arriaga, Rebollar, García y Albarrán, 2015).

El costo de producción en ganadería se puede definir como el valor del conjunto de bienes económicos, materiales (tierra, ganado, maquinaria, equipo, infraestructura, etc.) y de tiempo, que utiliza un productor pecuario para obtener un producto determinado ya sea leche o carne, bajo los requerimientos que lo solicita su mercado (FIRA, 2010). El cálculo de costos de producción de una unidad de producción pecuaria (UPP) es importante para tomar decisiones y ajustar futuros en la producción y comercialización de leche y carne. Con el fin de obtener un

beneficio, toda unidad de producción debe vender el producto obtenido a un precio superior al costo total de producción, el cual incluye desde la adquisición del alimento, salarios, animales, terreno etc., para convertir todos esos gastos en un producto vendible en un determinado mercado.

De manera general en las UPP con poca o escasa tecnificación la mayoría de los productores no llevan registros de los gastos que incurren en la producción ya sea de carne, leche o doble propósito, o no contemplan el costo inicial o depreciación de su inversión, de esta manera el cálculo de la utilidad que genera la producción es basada solo en los gastos inmediatos o que generan mayor impacto económico pero no se puede estimar que su trabajo sea realmente rentable y que le esté dejando el máximo beneficio. Con el análisis financiero de la UPP es posible conocer la utilidad, observar cual es el costo que implica mayor gasto en la producción y así poder tomar decisiones que permitan la sustitución de insumos o materiales sin perjudicar la calidad y cantidad de producción.

III. OBJETIVO Y METAS

Determinar los costos y la utilidad que genera un sistema de producción bovina de doble propósito.

De acuerdo con los resultados obtenidos proporcionar información al productor que permita tomar decisiones económicamente viables.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una UPP doble propósito ubicada en el municipio de Juárez, Chiapas. Para obtener información se consultaron los registros de la UPP, entrevistas al productor, algunos de los trabajadores y observaciones durante las visitas realizadas en las que se pudo identificar el manejo y tipo de producción de la UPP, así como buscar en el mercado los precios de algunos insumos.

La UPP está compuesta por un total de 296 ha cultivadas, con 260 vacas en producción y 8 sementales. La alimentación es a base de pastoreo rotacional, a los lotes de ordeña y vacas próximas a parto (secas), se les adiciona alimento comercial. En el caso de los becerros desde la primera semana de vida se les suministra alimento comercial *ad libitum*. Al lote de ordeña se le suministra sales minerales 3 veces por semana y al lote de reemplazos 1 vez por semana.

Como parte del manejo reproductivo se realizan empadres controlados, sincronización para monta directa, inseminación artificial y receptoras para transferencia de embriones (TE).

Instalaciones

La infraestructura con la que cuenta la UPP son; 4 bodegas, 2 galeras techadas, 8 corrales de manejo, 2 mangas, 2 salas de ordeña, 3 embarcaderos, una báscula y un pozo profundo. Para fines de este trabajo se estimó el valor de cada una de las instalaciones a precios actuales y como un total.

La maquinaria y equipo con el que cuenta la UPP son; tractor, picadora, rastra, vagón, sembradora, 2 tanques para almacenamiento de leche, remolque, 2 bombas de agua sumergible y 2 camionetas.

Cálculo de ingresos

Los ingresos (I) de la UPP fueron calculados con datos obtenidos de acuerdo a la producción anual, al canal de comercialización y precios vigentes de venta de la leche, becerros y pie de cría en la zona.

La producción de leche diaria es de 800 litros de los cuales se vende al centro acopio (700 L) y al quesero (100 L).

El ingreso por la venta de machos al destete fue calculado con el promedio anual de destetes obtenidos de los registros de pariciones menos la mortalidad del periodo de enero de 2014 a mayo de 2018.

Para la venta de sementales se tomó en cuenta que el productor destina el 10% de los machos destetados. El ingreso por venta de pie de cría se calculó con base a los registros de nacimientos de hembras de 2014 al 2018 menos la mortalidad registrada. El productor destina el 70% de hembras destetadas para reemplazos y el 30% se prepara para venta como pie de cría. El precio de venta de sementales y pie de cría se consideró de acuerdo al encaste genético del animal y precio en la región.

El ingreso anual por venta de vacas de desecho fue del 5%.

Cálculo de costos totales (CT)

Se calcularon los CT de acuerdo a su comportamiento con relación a su variación de los niveles de producción y se clasificaron costos fijos y variables (Ritter, 2009).

Costos fijos (CF)

Dentro de los CF se consideró el costo de oportunidad del terreno, la mano de obra con la que cuenta la UPP, la depreciación de instalaciones (dentro de las cuales se consideró un total donde se incluyó el costo de galeras, corrales, comederos y bebederos fijos, techo, bodegas, mangas de manejo), depreciación de equipos con y sin motor y el agotamiento de los animales.

El costo de oportunidad del terreno se estimó con referencia a las 296 ha destinadas al pastoreo con una carga animal de 2 UA/ha con una renta mensual de \$100 por animal, que es el costo promedio que se paga en la región.

La mano de obra anual se calculó de acuerdo al pago que realiza semanalmente a nueve trabajadores y un asesor (\$22,000).

La depreciación de las instalaciones, equipo con motor (ECM) y equipo sin motor (ESM) se calculó con el método de línea recta en base al valor comercial y en función al tiempo de uso.

El agotamiento de los animales se calculó, considerando: valor a nuevo amortizable del animal (VNA) menos el valor residual pasivo ponderado (VRP) entre la vida útil media de cada animal (VUM) (Ponssa, 2012).

$$\text{Agotamiento de los animales} = (\text{VNA} - \text{VRP})/\text{VUM}$$

Costos variables

Dentro de los costos variables se consideraron aquellos que están directamente relacionados con el volumen de producción de la empresa (alimentación, luz, mantenimiento de instalaciones, equipo, control de malezas, limpieza, desinfección de sala de ordeño, programa sanitario, manejo reproductivo, combustible, etc.).

Se calculó el costo que genera la preparación de receptoras para la TE y la sincronización para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

Los costos se dividieron en desembolsables y no desembolsables, de acuerdo a la clasificación de FIRA (2010).

Cálculo de utilidad

La utilidad de la UPP fue calculada con la siguiente fórmula:

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - (\text{costos fijos} + \text{costos variables})$$

V. RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los costos de producción, en el cual podemos observar que los CF son el principal costo de producción, y dentro de estos los más importantes son la mano de obra seguida del agotamiento de los animales.

Cuadro 1. Cálculo de los costos de producción de la UPP de doble propósito.

Concepto	Costos fijos	Costos variables	% del costo total
Costo de oportunidad del terreno	\$710,400.00		18.97
Mano de obra	\$1,144,000		30.55
Depreciación instalaciones	\$35,150.00		0.94
Depreciación equipo con motor	\$128,899.94		3.44
Depreciación equipo sin motor	\$18,100.00		0.48
Agotamiento anual pie cría	\$704,860.00		18.82
Alimentación animales		\$589,576.00	15.74
Luz		\$18,000.00	0.48
Mantenimiento		\$22,160	0.59
Limpieza y desinfección sala de ordeño		\$21,600	0.58
Manejo reproductivo		\$22,000	0.59
Programa sanitario		\$183,800	4.91
Combustible		\$145,728.00	3.89
Otros		\$733.33	0.02
Subtotal	\$2,741,409.94	\$1,003,597.33	
Total de costos	\$3,745,007.27		100.00

Los ingresos anuales de la UPP se presentan en el Cuadro 2 en el cual se observa que la venta de leche representa el mayor ingreso, seguido de la venta de vientres y becerros al destete.

La utilidad obtenida representa el 0.87% del total de costos como se puede observar en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Ingresos anuales de la UPP de doble propósito.

Productos	Producción anual	Precio venta	Venta anual	% de ingresos
Leche Centro de acopio (L)	255,500	\$6.50	\$1,660,750.00	48.89
Quesero (L)	36,500	\$5.10	\$186,150.00	
Becerras al destete	74.82	\$10,000.00	\$748,209.73	19.80
Sementales	8.31	\$30,000.00	\$249,403.24	6.60
Vientres	26.25	\$30,000.00	\$787,640.27	20.85
Vacas desecho	13.00	\$11,200.00	\$145,600.00	3.85
Total de ingreso			\$3,777,753.24	100

Cuadro 3. Cálculo de utilidad de la UPP de doble propósito.

Concepto	Ingreso	Costos	Total
Venta leche	\$1,846,900.00		
Venta de destete	\$748,209.73		
Venta sementales	\$249,403.24		
Venta pie de cría	\$787,640.27		
Venta desechos	\$145,600.00		
Total ingresos			\$3,777,753.24
Costos fijos		\$2,741,409.94	
Costos variables		\$1,003,597.33	
Total costos			\$3,745,007.27
Utilidad anual			\$32,745.98

En el Cuadro anterior se observa que la utilidad anual es baja en relación al total de costos, ahora bien, si se separan los costos que el productor invirtió al iniciar la producción y los que tiene que pagar anualmente se observa una utilidad mayor cuando solo se consideran los costos desembolsables (43.53%) como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Utilidad en relación a costos desembolsables y no desembolsables de la UPP de doble propósito.

Conceptos	Costos no desembolsables	Costos desembolsables
Costo de oportunidad del terreno	\$710,400.00	
Amortización de instalaciones	\$35,150.00	
Depreciación equipo con motor	\$128,899.94	
Depreciación equipo sin motor	\$18,100.00	
Agotamiento de animales	\$704,860.00	
Mano de obra		\$1,144,000.00
Alimentación		\$589,576.00
Luz		\$18,000.00
Mantenimiento		\$22,160.00
Limpieza y desinfección		\$21,600.00
Programa sanitario anual		\$183,800
Manejo reproductivo		\$22,000.00
Combustible anual		\$145,728.00
Insumos varios		\$733.33
Total de costos	\$1,597,409.94	\$2,147,597.33
Ingresos totales	\$3,777,753.24	\$3,777,753.24
Utilidad anual	\$2,180,343.31	\$1,630,155.91

VI.DISCUSIÓN

Los costos fijos en la UPP representan la mayor proporción, siendo la mano de obra y el agotamiento del pie de cría los de mayor porcentaje. Los resultados del presente estudio son similares a lo reportado por Granados, Quiroz, Barrón, Cruz y Jiménez (2011), quienes mencionaron que los costos fijos representaron el 86.9% en los cuales la mano de obra representó el mayor porcentaje 58.36%. De igual forma Estrada, Portillo, Yong y García (2017) reportaron que el 50% de los gastos totales corresponden a la mano en sistema silvopastoril extensivo. Lo anterior confirma que la mano de obra es el rubro con mayor gasto. Una forma de reducir los costos fijos es elevando la productividad, considerando el aumento de la producción para que los costos fijos disminuyan.

Por el contrario, Rejón, Magaña, Pech y Santos (2005) reportaron que en un sistema de bovino doble propósito en la zona sur de Yucatán el 57.2% corresponden a los costos variables y el 42.8% corresponden a los costos fijos.

En este caso la mano de obra eventual representa el mayor porcentaje en los costos variables (34.5%). Esto indica que ya sea permanente o eventual uno de los principales costos de producción en las unidades doble propósito es la mano de obra relacionado directamente con las prácticas de manejo.

En el presente estudios los costos variables de la alimentación de los animales representan el costo más elevado, seguido del programa sanitario, lo cual se relaciona con lo reportado por Bolívar, Troconiz y Ruiz (2016), quienes indicaron que la alimentación y los gastos sanitarios representan costos más altos (18% y 10%, respectivamente).

Granados *et al.* (2011) reportaron que el ingreso por la venta de leche representó el mayor índice porcentual en comparación la venta de carne (79%, 21%, respectivamente), lo que difiere a los datos obtenidos en el presente estudio. Cabe destacar que la UPP del presente estudio vende sementales y vientres para pie de cría por lo cual los porcentajes de los ingresos difieren ya que en la mayoría de los estudios comparados solo se consideran la venta de carne como becerros al destete o animales de desecho.

La utilidad que genera la UPP corresponde a un 0.87% del total de costos, es decir que es muy baja en comparación con lo que se le invierte. Es común que los productores basan su utilidad sólo en los costos desembolsables con lo cual no están considerando que la unidad de producción les reembolse su inversión inicial ya que la utilidad obtenida no contempla los gastos que tendrán por pago de maquinaria y equipo, costo de oportunidad de tierra, entre otros.

VI CONCLUSIONES

Los costos que representaron la mayor proporción en la UPP analizada fueron los costos fijos, siendo la mano de obra la que generó mayor gasto. En relación con la utilidad cuando en el análisis de costos se realizan considerando

los costos totales es baja, sin embargo, cuando solo se consideran los costos desembolsables la utilidad incrementa notablemente, lo anterior, será de gran importancia para la toma de decisiones en la UPP.

VII. REFERENCIAS

- Bolivar H., Troconiz J., Ruiz A. (2016). Diseño y evaluación de una estructura de costos de la ganadería bovina en el estado de Barinas, Venezuela. *Saber, Universidad de Oriente*, Vol. 28 N° 4: 761-774. Recuperado de <http://www.scielo.org.ve/pdf/saber/v28n4/art11.pdf>.
- Estrada LI, Portillo AB, Yong AG, García MA. (2017). Evaluación financiera de una unidad de producción de bovinos doble propósito bajo silvopastoreo intensivo en Apatzingan, Michoacán, México, *XLIV Reunión Científica AMPA 2017, Clima y Ganadería: Productividad Sustentable*, 857-862.
- FIRA. (2010). *Costos de producción del becerro*. Boletín informativo FIRA. Nueva Época, Núm. 8, México, consultado el 17 de agosto de 2018 en www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=3678.
- Granados ZL, Quiroz VJ, Barrón AM, Cruz PC, Jiménez OMM (2011). Costo de producción del litro de leche y carne en un sistema de lechería de doble propósito. *Actas Iberoamericanas de conservación animal AICA, Vol. 1. 424-427]* 424-427. Recuperado de http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2011/Granados2011_1_424_427.pdf.
- González R.I.C., Gómez F.G.T., Galindo, M.F.A. (2015). *Aspectos socioeconómicos de la ganadería Bovina tropical*. Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en Ganadería bovina tropical. REDGATRO-CONACYT, México, 38-47.
- LACTODATA, Información sobre el sector lechero (2018) *Boletín Producción de leche*. Febrero de 2018. Recuperado de http://www.lactodata.info/docs/ind/lacto_ind_prod.pdf.

- LACTODATA, Información sobre el sector lechero (2011) *Semblanza estadística de las existencias de ganado y de la producción de leche de bovino en el mundo*. Recuperado de http://www.lactodata.info/docs/ind/lacto_ind_existencias.pdf.
- Ponssa, E. E. (2012). *Propuesta metodológica para el cálculo de la amortización de vientres en un rodeo cría vacuna en relación a diferentes estrategias de reposición*. Asociación Argentina de Economía Agraria. Consultado el 18 de agosto de 2018 en http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/EconomiaAdministracionRural/images/Material/2012/Trabajo_AAEA-2012_Amortizaci%C3%B3n%20vientres.pdf.
- Rejón M., Magaña M., Pech V., Santos J. (2005). Evaluación económica de los sistemas de producción bovina de cría y de doble propósito en Tzucacab, Yucatán, México. En *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 17, Art. # 13. Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd17/1/rejo17013.htm>
- Reyes IG., Arriaga JC. M., Rebollar S., García MA., Albarrán PB. (2015). Assessment of the sustainability of dual purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of Central of Mexico. En *Tropical Animal Health*, 1187-1194. Recuperado de <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/9349>.
- Ritter LN. (2009). Cálculos de costos de producción de un litro de leche y graficación de curva de lactancia en un sistema bufalino en la zona de Planeta Rica (Córdoba), Tesis de grado Universidad de Caldas.

RESISTENCIA ANTIHELMÍNTICA EN NEMATODOS DE UN RANCHO CAPRINO DE TABASCO

Agustín García Magaña¹

Nadia Florencia Ojeda-Robertos^{1}*

Jorge A. Peralta-Torres¹

Felipe Torres-Acosta²

Carlos Luna-Palomera¹

Samantha Vanesa Flores Ramirez¹

Atziri Miroslava Aguirre Serrano¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

²Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.

*autor de correspondencia: nojedar@hotmail.com

I. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue identificar la presencia de poblaciones de nematodos gastrointestinales (NGI) resistentes a dos familias de antihelmínticos (levamisol e ivermectina) en un rebaño caprino del estado de Tabasco. La resistencia de los NGI se determinó mediante la prueba de reducción de cuentas de huevos (FECRT) de NGI en heces. Se obtuvieron muestras de heces directamente del recto de todos los animales adultos (n=40). Las muestras se procesaron mediante la técnica de McMaster para determinar la carga de huevos por gramo de heces (HPG) y se formaron 3 grupos: Grupo control (no tratado), Grupo Lev (levamisol, 12 mg/kg) y Grupo LM (ivermectina 0.3 mg/kg). Los tratamientos se administraron por vía subcutánea de acuerdo al peso vivo de los animales. Después de 14 días, se obtuvieron muestras de heces y se procesaron para cuantificar la eliminación de HPG postratamiento y determinar la efectividad del tratamiento. Se realizaron coprocultivos por cada grupo experimental y se obtuvieron larvas infectantes mediante la técnica de Corticelli-Lai. Se identificaron los géneros presentes en 100 larvas de cada cultivo utilizando claves de

identificación. Se calculó el porcentaje de reducción de HPG y el intervalo de confianza al 95% (IC95%) mediante el programa RESO. Se identificó la presencia de resistencia al levamisol (% de reducción=81; IC=66-90) e ivermectina (% de reducción=51 %; IC=8-73%). Los géneros de NGI encontrados post-tratamiento fueron *Haemonchus* spp., *Trichostongylus* spp. y *Oesophagostomum* spp.

II. INTRODUCCIÓN

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son un grupo de parásitos que afectan a los pequeños rumiantes, ovinos y caprinos, criados en sistemas de producción en pastoreo a nivel mundial. Estos parásitos causan baja en la producción y por consiguiente en la productividad, debido a los daños fisiológicos que ocasionan en los animales parasitados. Las cabras son conocidas por su alta susceptibilidad para adquirir nematodiasis, debido a que tienen una pobre respuesta inmune (Hoste *et al.*, 2010). Los antihelmínticos (AH) son la herramienta más utilizada en el mundo para controlar las poblaciones parasitarias y sus consecuencias negativas. Sin embargo, el uso inadecuado de esos productos ha favorecido la selección de poblaciones de NGI que son capaces de sobrevivir a las dosis recomendadas por la industria farmacéutica (Torres-Acosta *et al.*, 2012). En el estado de Tabasco, se han reportado estudios en los que se confirma la presencia de nematodos resistentes a los AH en ovinos de siete ranchos ubicados en diferentes zonas (Herrera-Manzanilla *et al.*, 2017), debido a lo anterior, es importante realizar estudios de monitoreo en cabras para determinar la presencia de poblaciones parasitarias resistentes a los productos que se encuentran disponibles actualmente en el mercado. Esto es importante, ya que ayuda a evitar pérdidas económicas en la unidad de producción de cabras del trópico.

III. OBJETIVO

El objetivo del trabajo fue identificar la presencia de poblaciones de nematodos resistentes a dos familias de AH (levamisol e ivermectina) en un rebaño caprino de la zona centro del estado de Tabasco.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en un rancho caprino ubicado en la región centro del estado de Tabasco. El clima de la región es cálido húmedo, con una temperatura media anual de 27 °C, con máxima de 36°C y mínima de 18.5 °C. La precipitación media es de 2550 mm anual y se distribuye principalmente en los meses de junio a octubre (INEGI, 2011).

El rancho caprino fue seleccionado por conveniencia, y cumplió con tres requisitos de inclusión: a) contar con una población mayor de 50 caprinos adultos, b) Manejo nutricional basado en pastoreo, c) que los animales no hubieran recibido tratamiento antihelmíntico en las últimas ocho semanas previas a la prueba.

Se incluyeron 40 cabras adultas mayores de un año de edad con diferentes pesos y razas, las cuales fueron saanen, nubia, alpinas francesas y sus cruza. El manejo nutricional de los animales consistió en pastoreo de al menos ocho horas en praderas de pasto *Cynodon dactylon* (pasto Alicia). Las cabras pastorearon junto con los ovinos del rancho en las mismas praderas. El tiempo de ocupación de los potreros fue de siete días con 15 días de descanso, dependiendo de la disponibilidad de los pastos. Adicionalmente, las cabras recibieron 300 gr de suplemento de alimento comercial y agua *ad libitum* todos los días.

Se realizó la prueba de campo para determinar el porcentaje de resistencia de poblaciones parasitarias de nematodos gastrointestinales a los antihelmínticos,

mediante la técnica de reducción de cuentas de huevos en las heces descrita por Coles et al. (2006) y aprobada por la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria (WAAPV por sus siglas en inglés). Se efectuaron dos visitas a la unidad de producción caprina (días cero y 14 pt).

En la primera visita, se obtuvieron muestras directamente del recto de todas las cabras, para determinar el grado de eliminación de HPG y seleccionar los animales que se incluyeron en el trabajo. Las heces fueron identificadas y se conservaron en una nevera a 4 °C hasta su procesamiento en el laboratorio.

Se seleccionaron 35 cabras con eliminaciones mayores a 150 huevos por gramo de heces (HPG), los animales fueron distribuidas en tres grupos y balanceados con base en la eliminación de HPG. Los grupos experimentales fueron:

1. Grupo Control: sin tratamiento antihelmíntico,
2. Grupo Imidazotiazoles: Aplicación de levamisol (12 mg/kg por peso vivo; vía subcutánea, Helmicin[®]12%, Sanfer)
3. Grupo Lactonas macrocíclicas: Aplicación de ivermectina (0.3 mg/kg de peso vivo; vía subcutánea, Ivomec[®]1%, Merial).

El día de la administración del tratamiento (día cero), se pesaron individualmente y se desparasitaron de acuerdo a su peso vivo. Después del tratamiento, los animales salieron a pastorear y se les proporcionó el manejo del rancho. El día 14 post-tratamiento se obtuvieron heces directamente del recto, para determinar los HPG individual por segunda ocasión.

La técnica utilizada para determinar los HPG fue la técnica de McMaster descrita por Rodríguez y Cob (2005). Adicionalmente, se efectuaron coprocultivos de heces por cada grupo experimental para obtener larvas infectantes (L₃) e identificar los géneros de NGI presentes en la unidad de producción. El cultivo de heces se realizó mediante la técnica de Corticelli-Lai (Rodríguez y Cob,2005) los

cultivos se mantuvieron a temperatura ambiente durante ocho días y posteriormente se cosecharon las L₃ por medio de la técnica del embudo de Baerman. Los géneros de las larvas infectantes del orden strongylida fueron determinados mediante la identificación de 50 larvas infectantes usando la metodología descrita por Van Wyk et al., (2004).

La eliminación de HPG en los días cero y catorce fueron capturadas en excell, luego se compararon las medias por medio del programa RESO.EXE (ver2.0, CSIRO,1990) y se determinó el porcentaje de reducción utilizando la siguiente fórmula: Porcentaje de reducción (%R) = (1- promedio de eliminación del grupo tratado en el día 14/promedio de eliminación en el grupo control) x 100 %.

Adicionalmente, se calculó el intervalo de confianza al 95% (IC95%) utilizando el mismo programa. Se consideraron resistentes a la familia de desparasitante los grupos que cumplieron con el criterio de %R menor a 95% y un IC95% inferior menor a 90 (Coles et al., 2006).

V. RESULTADOS

En el cuadro 1, se presentan los resultados de la prueba de FERCT, en el que se determinó que los NGI fueron resistentes a ambas familias evaluadas (levamisol e ivermectina). El producto con menor reducción fue la ivermectina y el que presentó un mejor comportamiento fue el levamisol.

Adicionalmente, en el rancho se determinó la presencia de *Haemonchus* sp, seguido de *Oesophagostomum* sp y de *Trichostrongylus* sp. En los grupos tratados con levamisol, *Trichostrongylus* sp. fue la población con un mayor porcentaje, y en el caso de la ivermectina predominó *Haemonchus* spp., pero en ambos grupos *Oesophagostomum* sp. no se encontró después del tratamiento.

Cuadro 1. Promedio de eliminación (HPG), porcentaje de reducción, intervalo de confianza y diagnóstico de resistencia de un hato caprino de la región centro del Estado de Tabasco.

Familia	Grupo	n	HPG	% de reducción	Intervalos de confianza (inferior-superior)	Diagnóstico
-----	Control	11	2877	--	----	
Imidazotiazoles	Levamisol	13	535	81	66 - 90	Resistente
Lactonas macrociclicas	Ivermectina	11	1423	51	8 - 73	Resistente

Cuadro 2. Identificación de géneros de nematodos identificados postratamiento en coprocultivos de cabras.

Familia	Grupo	Género de NGI (%)		
		<i>Haemonchus</i> spp.	<i>Trichostrongylus</i> spp.	<i>Oesophagostomum</i> spp.
Sin tratamiento	Control	55.2	14.4	30.2
Imidazotiazoles	Levamisol	20.7	79.2	0
Lactonas macrociclicas	Ivermectina	52.4	47.5	0

VI. DISCUSIÓN

El presente trabajo presenta evidencia de la existencia de poblaciones de NGI resistentes a dos familias de AH en un rebaño caprino de Tabasco. La presencia de resistencia a la ivermectina con una eficacia reducida al 50 %, posiblemente sea resultado de la aplicación frecuente del producto. En el caso del levamisol, se detectó resistencia a este producto, aunque la reducción en la eliminación de huevos fue mayor al 80 % lo cual fue mejor que para la ivermectina,

lo anterior coincide con lo que se detectó para los ovinos del mismo rancho (Herrera-Manzanilla et al., 2017).

La presencia de multi-resistencia está relacionada con los tratamientos frecuentes, que exponen a los NGI a una intensa presión de selección (Torres-Acosta et al., 2003; Jabbar et al., 2009,). En el caso de los caprinos, un problema frecuente es la subdosificación, ya que se utilizan dosis que son recomendadas para ovinos, lo anterior debido al desconocimiento de las dosis que son recomendadas para la especie caprina. Otro factor que también interviene en la aparición de resistencia, es que la forma en la cual se administran las dosis, ya que una práctica común es obtener en una estimación del peso promedio del lote y usarlo como el criterio para establecer la dosis para todos los animales. En la unidad de producción, el uso de los desparasitantes en la unidad de producción se realiza de forma.

Los géneros de NGI identificados fueron *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp. y *Oesophagostomum* spp., estos son los géneros que han sido reportados en regiones tropicales como las más importantes (Cuellar, 2002). Las proporciones de estos géneros variaron después de la administración de los tratamientos, lo cual indica la diferente susceptibilidad a las familias de AH. Esto tiene un efecto en la epidemiología y distribución de los parásitos gastrointestinales, ya que al seleccionarse una especie, su abundancia variará en cada unidad de producción (Hoste et al., 2010).

Otro factor de importancia es que la cantidad de parásitos que se encontrarán en la pradera como larvas infectantes será diferente ya que el potencial biótico de cada género de NGI son diferentes, dos de los nematodos más prolíficos son *Haemonchus* spp. y *Oesophagostomum* spp., quienes pueden producir entre 5,000 y 10,000 huevos por día, por su parte *Trichostrongylus* spp. produce 100 a 200 huevos (Hansen y Perry, 1994), lo cual nos da una idea de la cantidad de parásitos que son liberados en las heces después de un tratamiento.

En este estudio, después del tratamiento con levamisol, el parásito que se encontró con mayor proporción fue *Trichostrongylus*; sin embargo, cuando el tratamiento se realizó con ivermectina *Haemonchus* spp. fue encontrado en mayor porcentaje, lo que pudiera conducir a una mayor cantidad de larvas infectantes en la pradera. Es necesario continuar con más estudios, que involucren el establecimiento de la epidemiología de los NGI en los ranchos de Tabasco para que se establezcan medidas de control efectivas y dirigidas en cada unidad de producción. El diagnóstico de la resistencia en cada unidad de producción es también importante antes de recomendar medidas de manejo de productos AH.

VII. CONCLUSIÓN

Existen poblaciones de NGI resistentes a las dos familias de antihelmínticos evaluadas, por lo que, se reporta la presencia de nematodos con resistencia antihelmíntica múltiple en cabras. Lo anterior, implica que es prioritaria la implementación de estrategias de control que permitan un uso a largo de plazo de los productos farmacéuticos, en conjunto con métodos de control alternos entre los que se encuentran la suplementación alimenticia, el manejo de poteros y la desparasitación selectiva dirigida.

AGRADECIMIENTOS

Al CP. Arsenio Zubieta Valenzuela y al Sr. Gustavo Rodríguez Jiménez S, del CECAREM, por la confianza en el equipo de trabajo de Parasitología del CICA-UJAT. Al laboratorio de parasitología animal del CICA por el material otorgado para la realización de los estudios. Al MVZ Jorge Thomas Téllez, quien amablemente nos brindó la oportunidad de trabajar en el laboratorio de pequeñas especies. A los estudiantes de MVZ de la DACA, Jonathan E Jiménez Jiménez, Iris E Arguea Rodríguez, Lizbeth G Gallegos Torres, Diego De la Fuente Ricardez, R Martin Yzquierdo-Chable por su incondicional ayuda en el trabajo de campo y en

el laboratorio. Al Dr. Israel Pérez- Chan por su gran apoyo para la identificación de las larvas infectantes.

VIII. REFERENCIAS

- Coles, G.C., Jackson F., Pomroy, W.E., Prichard, RK., Himmel Sterjerna, S., Taylor, M.A., Vercruysse, J. (2006). The detection of antihelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*. 136:167-185.
- Cuellar, J.A. (2002). Agentes etiológicos de la nematodiasis gastrointestinal en los diversos ecosistemas. En: Memorias. 2do. Curso Internacional “Epidemiología y control integrado de nemátodos gastrointestinales de importancia económica en pequeños rumiantes”. (Eds. F.J. Torres y A.J. Aguilar). Yucatán, México. P 1-10.
- Hansen, J., Perry, B. (1994). The epidemiology, diagnosis and control of helminthes parasites of ruminants. ILRAD. Nairobi, Kenya
- Herrera-Manzanilla, F.A., Ojeda-Robertos, N.F., Gonzalez-Garduño, R., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta J.F.J. (2017). Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of México. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*. 9:29-33
- Hosté, H., Sotaki, S., Landau S.Y., Jackson, F., Beveridge, I. (2010) Goat-nematode interactions: think differently. *Trends in Parasitology*. 26:376-381.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2011). Perspectiva estadística Tabasco. Villahermosa, Tab. México. pp 8-9.
- Jabbar, A., Iqbal, Z., Kerboeuf, D., Muhammad, G., Khan, MN., Assaf, M. (2006). Anthelmintic resistance: The state of play revisited. *Life Sciences*. 79:2413-2431.

- Rodríguez Vivas, R.I., Cob Galera, L.A. (2005). Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. 2ª Ed. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. pp. 39- 108. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yuc.
- Torres-Acosta, JF., Villarroel, AMS., Rodríguez, AFJ., Gutierrez, SI., Alonso, DM. (2003). Diagnóstico de nematodos gastrointestinales resistentes a Benzimidazoles e Imidazotiazoles en un rebaño caprino de Yucatán, México. *Revista Biomedica*. 14:75-81.
- Torres-Acosta, JFJ., Mendoza-de-Gives, P., Aguilar-Caballero, AJ., Cuéllar-Ordaz, JA. (2012). Anthelmintic resistance in sheep farms: Update of the situation in the American continent. *Veterinary Parasitology*. 189:89-96.
- Van Wyk, J.V., Cabaret, J., Michael, L. (2004). Morphological identification of nematode larvae of small ruminants and cattle simplified. *Veterinary Parasitology*. 119:277-306.

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE FILARIAS EN ECTOPARÁSITOS QUE INFESTAN A PERROS DOMÉSTICOS DE TABASCO

Oswaldo M. Torres-Chablé^{*1}

Claudia V. Zaragoza-Vera¹

Guadalupe Arjona-Jiménez¹

Maritza Zaragoza-Vera¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Autor de correspondencia: oswaldo.torres@ujat.mx

I. Resumen

II. Introducción

La filarias son nemátodos que afectan a diversas especies de animales domésticos, salvajes y ocasionalmente al hombre (Kartashev et al. 2011). Generalmente, la transmisión de filarias a hospedadores mamíferos requiere de la presencia de un vector competente presente en el ambiente (Cancrini y Gabrielli 2007).

Diversas especies de filarias son capaces de infectar a perros domésticos, sin embargo, las especies reportadas con mayor frecuencia son *Dirofilaria immitis* (*D. immitis*), *Acantocheilonema reconditum* (*A. reconditum*), *Dirofilaria repens* (*D. repens*), *Acanthocheilonema dracunculoides* (*A. dracunculoides*), *Acanthocheilonema grassi* (*A. grassi*) y *Onchocerca lupi* (*O. lupi*), las cuales pueden ser desconocidas o subdiagnosticadas en algunas partes del mundo (Bolio et al. 2002, Tarello 2002, Otranto y Dantas-Torres 2010, Otranto et al. 2013).

D. immitis y *D. repens* consideradas las filarias de mayor prevalencia y patogenicidad en perros, tienen como vectores diversas especies de mosquitos tales como *Culex quinquefasciatus*, *Aedes vexans*, *Aedes albopictus*, *Aedes caspius*, *Aedes taeniorhynchus*, *Anopheles quadrimaculatus*, entre otros, dependiendo del área geográfica muestreada (Brown et al. 2012, Morchon et al. 2012).

Los vectores reconocidos para *A. reconditum* son la pulga del gato (*Ctenocephalides felis*) y el piojo masticador del perro (*Heterodoxus spiniger*), aunque existen dudas acerca de la forma de transmisión (inoculación o por ingestión de pulgas) por parte de los vectores hacia el hospedador definitivo (Brianti et al. 2012, Napoli et al. 2014). Así también, la garrapata café del perro *Rhipicephalus sanguineus* ha sido considerada vector de *A. dracunculoides* y de *Cercopithifilaria* sp. (Bolio et al. 2002, Tarello 2004, Otranto et al. 2012).

En México, las especies de filarias que han sido reportadas infectando a caninos son *D. immitis* y *A. reconditum* (Bolio-Gonzalez et al. 2007, Torres-Chable et al. 2012). No obstante, poco se sabe de la presencia de infecciones por estas u otras especies de filarias en ectoparásitos caninos. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue identificar infecciones causadas por filarias caninas en ectoparásitos colectados de perros domésticos del estado de Tabasco.

III. Objetivo

Identificar molecularmente la presencia de filarias caninas en ectoparásito colectados en perros domésticos del estado de Tabasco.

IV. Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el estado de Tabasco, México, ubicado entre las coordenadas 18° 39' - 17° 19' de latitud Norte, 90° 57' - 94° 8' de longitud

Oeste y una altura de 10 msnm. El clima es tropical húmedo con abundantes lluvias en verano (af). La temperatura promedio en la zona es de 26°C, con mínimas de 15 y máximas de 44°C y una humedad relativa de 80% (INEGI 2018).

Se muestrearon perros al azar en las diferentes regiones del estado de Tabasco. Se realizó una búsqueda visual y mediante palpación a través de toda la piel de los perros. Se colectaron especímenes adultos de los ectoparásitos encontrados usando pinzas entomológicas. Los ectoparásitos se colocaron en viales de plástico y se mantuvieron en refrigeración hasta llegar al laboratorio en donde fueron clasificados e identificados mediante claves taxonómicas (Guerrero 1996, Price y Grahman 1997, Guglielmone et al. 2004, Acosta et al. 2008, Guzman-Cornejo et al. 2011).

Una vez identificados los ectoparásitos fueron agrupados en viales conteniendo de 1 a 10 especímenes de la misma especie y procedentes del mismo hospedador canino, y posteriormente fueron sometidos a extracción de ADN genómico mediante la técnica de sales (Miller et al. 1988), usando nitrógeno líquido para llevar a cabo la maceración de los ectoparásitos.

Para la identificación de ADN filarial en las muestras de ectoparásitos se emplearon cebadores generales (DIDR F1 y DIDR R1), y específicos (AR COI-F1 y AR COI-R1) para diferenciar *A. reconditum* y (DI COI F1 y DI COI R1) para identificar *D. immitis* (Rishniw et al. 2006).

Cada reacción de PCR fue realizada usando MgCl₂ a 1.5 mM, dNTPs 250 μM, Tris-HCl 20 mM (pH 8.4), KCl 50 mM, 2.5 U de Taq polimerasa y 2.5 μl de solución de ADN en un volumen total de 25 μl (Rishniw et al. 2006). El procedimiento se inició con un paso de desnaturalización a 94°C por 2 min y 32 ciclos de desnaturalización a 94°C por 30 s, el tiempo de alineación fue de 30 s a 60°C cuando se usaron los cebadores basados en ITS2 y 30 s a 58°C para cebadores basados en COI. Posteriormente, una extensión de 30 s a 72°C y una

extensión final de 7 min a 72°C. La reacción se llevó a cabo en un termociclador SimpliAmp® Applied Biosystems (Thermo Fisher Scientific, USA). Los productos obtenidos de la PCR (10 µl), se examinaron en geles de agarosa y se compararon con controles positivo a *D. immitis* y *A. reconditum*.

V Resultados

Un total de 1050 perros fueron muestreados en las cinco ecorregiones del estado de Tabasco. El número de perros muestreados por ecorregión fue de 334 para la ecorregión de Centro, 400 para la ecorregión de la Chontalpa, 124 para la ecorregión de Pantanos, 124 para la ecorregión de los Ríos y 68 para la ecorregión de la Sierra.

Un total de 11 diferentes especies de ectoparásitos fueron encontrados infestando perros del estado de Tabasco. Dentro de las especies de ectoparásitos colectados se encontraron cinco especies de garrapatas: *A. maculatum*, *Amblyomma mixtum*, *Amblyomma ovale*, *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* y *R. sanguineus*; cuatro especies de pulgas: *C. canis*, *C. felis*, *Echidnophaga gallinacea* y *Pulex irritans*; y dos especies de piojos: *H. spiniger* y *Trichodectes canis*. La prevalencia general y por ecorregión de cada especie de ectoparásito puede observarse en el Cuadro 1. Para la prevalencia de infestaciones en perros se consideró al menos la presencia de un espécimen infestando al animal.

Cuadro 1.- Ectoparásitos encontrados infestando perros del estado de Tabasco

Ectoparásito	Prevalencia en perros por ecorregión					General (n=1050)
	C (n=334)	Ch (n=400)	P (n=124)	R (n=124)	S (n=68)	
<i>A. maculatum</i>	-	40(10%)	-	-	-	40(3.8%)
<i>mixtum</i>	-	-	1(0.8%)	-	-	1(0.09%)
<i>ovale</i>	1(0.3%)	-	-	-	-	1(0.09%)
<i>R. microplus</i>	35(10.5%)	5(1.3%)	1(0.8%)	8(6.5%)	7(10.3%)	56(5.3%)
<i>R. sanguineus</i>	48(14.4%)	30(7.5%)	36(29%)	22(17.7%)	10 (14.7%)	146(14%)
<i>C. canis</i>	-	-	5(4%)	-	-	5 (0.47%)
<i>C. felis</i>	17(5%)	31(7.8%)	10(8%)	6(4.8%)	2(2.9%)	66(6.3%)
<i>P. irritans</i>	-	-	5(4%)	-	-	5(0.47%)
<i>E. gallinacea</i>	-	8(2%)	-	-	-	8(0.76%)
<i>H. spiniger</i>	3(0.9%)	2(0.5%)	3(2.41%)	-	-	8(0.76%)
<i>T. canis</i>	-	1(0.25%)	-	-	-	1(0.09%)

n: Número de perros muestreados, C: Centro, Ch: Chontalpa, P: Pantanos, R: Ríos, S: Sierra. *A. maculatum*: *Amblyomma maculatum*, *A. mixtum*: *Amblyomma mixtum*, *A. ovale*: *Amblyomma ovale*, *R. microplus*: *Rhipicephalus microplus*, *R. sanguineus*: *Rhipicephalus sanguineus*, *C. canis*: *Ctenocephalides canis*, *C. felis*: *Ctenocephalides felis*, *E. gallinacea*: *Echidnophaga gallinacea*, *H. spiniger*: *Heterodoxus spiniger*, *T. canis*: *Trichodectes canis*. *A. reconditum*: *Acantocheilonema reconditum*.

Las pulgas *C. felis* y *C. canis* fueron encontradas infectadas por *A. reconditum* y *D. immitis*. Los resultados empleando los cebadores específicos para cada especie de filaria mostraron que, *C. felis* y *C. canis* se infectan tanto de *A. reconditum* como de *D. immitis*. El piojo *H. spiniger* resultó infectado por *A. reconditum* y la garrapata *A. maculatum* resultó positiva a la infección de *D. immitis*. Los resultados obtenidos pueden observarse en el Cuadro 2.

Cuadro 2.- Detección de filarias en ectoparásitos colectados directamente de los perros muestreados.

Ectoparásitos	Positivos		Total	Prevalencia		Región
	AR	DI		AR	DI	
<i>A. mixtum</i>	-	-	1	-	-	P
<i>A. maculatum</i>	-	4	197	-	2% (IC=0.044% - 3.95%)	Ch.
<i>A. ovale</i>	-	-	1	-	-	C
<i>R. microplus</i>	-	-	56	-	-	TR
<i>R. sanguineus</i>	-	-	508	-	-	TS
<i>C. canis</i>	1	3	40	2.5% (IC= -2.3% - 7.3%)	7.5% (IC= 0.6%-15.6%)	P, C.
<i>C. felis</i>	7	29	317	2.2% (IC= 0.6% - 3.8%)	9.14% (IC= 5.96%-12.31%)	TR
<i>P. irritans</i>	-	-	20	-	-	P
<i>E. gallinacea</i>	-	-	12	-	-	Ch
<i>H. spiniger</i>	2	-	53	3.8% (IC= 1.2%-8.74%)	-	C, Ch, P.
<i>T. canis</i>	-	-	4	-	-	Ch.

AR: *Acanthocheilonema reconditum*, DI: *Dirofilaria immitis*, *A. maculatum*: *Amblyomma maculatum*, *A. mixtum*: *Amblyomma mixtum*, *A. ovale*: *Amblyomma ovale*, *R. microplus*: *Rhipicephalus microplus*, *R. sanguineus*: *Rhipicephalus sanguineus*, *C. canis*: *Ctenocephalides canis*, *C. felis*: *Ctenocephalides felis*, *E. gallinacea*: *Echidnophaga gallinacea*, *H. spiniger*: *Heterodoxus spiniger*, *T. canis*: *Trichodectes canis*. C: Centro, Ch: Chontalpa, P: Pantanos, R: Ríos, TR: Todas las regiones. IC: Intervalos de confianza.

VI Discusión

Las pulgas *C. felis*, *C. canis*, *P. irritans* y *E. gallinacea* fueron encontrados infestando perros en el presente estudio. Este es el primer estudio que describe la presencia de la pulga humana *P. irritans* y la pulga de la gallina *E. gallinacea* infestando perros del estado de Tabasco. Sin embargo, *P. irritans* fue reportada en perros en otros países como Albania, Chile, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irán, Nigeria, España, Inglaterra y Estados Unidos; mientras que *E. gallinacea* ha sido reportada infestando perros de Australia y España (Dobler y Pfeffer 2011).

Los resultados de la PCR indicaron que solo *C. felis* y *C. canis* resultaron positivas a la infección de filarias. Este resultado puede ser considerado el primer indicio de que estas especies de pulgas podrían jugar un papel importante en el desarrollo y transmisión de filarias en perros del estado de Tabasco. Sin embargo, se requiere realizar otros tipos de estudios involucrando infecciones experimentales en pulgas para elucidar si estas especies de pulgas pueden llevar a cabo el desarrollo de los estadios L₂ y L₃ que requiere *D. immitis* y *A. reconditum* para llegar a su fase infectiva. Con respecto al papel que juegan las pulgas en la infección de *D. immitis* algunos estudios antiguos reportaron la presencia de microfilarias de este nemátodo en *C. felis* y *C. canis* (Sonsino 1888, Breinl 1921). Stueben (1954) realizó una serie de experimentos y llegó a varias conclusiones que concluyeron que ambas especies de pulgas desarrollan los estadios larvarios L₂ y L₃, sin embargo en la actualidad no existen reportes que indiquen que estas pulgas juegan un papel como vectores para *D. immitis* y por tanto, su papel queda únicamente restringida a la especie *A. reconditum* (Napoli et al. 2014).

En futuros estudios tanto *C. canis* como *C. felis* deberán ser analizadas para determinar si funcionan como hospedadores intermediarios, vectores o simplemente son susceptibles de infectarse de forma accidental sin que el desarrollo de los estadios L₂ y L₃ de las microfilarias se lleven a cabo.

De las cinco especies de garrapatas encontradas infestando perros el estado de Tabasco, destaca *A. maculatum* infestando perros de la ecorregión de la Chontalpa, la cual colinda con la costa del Golfo de México además de poseer abundantes tierras de pastoreo de bovinos lo cual crea condiciones propicias para el establecimiento de esta especie de garrapata. *A. maculatum* es conocida por que sus estadios adultos suelen alimentarse de perros y se considera un vector importante de *Hepatozoon americanum* en la costa del Golfo de Estados Unidos. (Mathew et al. 1999).

En el presente estudio *A. maculatum* fue la única especie de garrapata que resultó infectada por *D. immitis* con una prevalencia de 2%. Este resultado constituye el primer hallazgo en el cual se documenta que esta especie de garrapata es susceptible de ser infectada por *D. immitis*. Al respecto un estudio reveló la presencia de ADN de origen filarial con similitud a *Manonema spp.* en garrapatas *A. americanum* colectadas en el norte de Virginia, Estados Unidos. (Henning et al. 2016) Sin embargo, no existen reportes de nematodos filarioideos que se desarrollen en *A. maculatum*, así como tampoco existen reportes de la relación de esta garrapata con *D. immitis*. Estudios enfocados a elucidar el papel de *A. maculatum* en el desarrollo de *D. immitis* deberán ser llevados a cabo para determinar si la infección de *A. maculatum* con *D. immitis* puede prosperar hasta que la microfilaria alcance su estadio infectivo (L₃).

R. microplus fue encontrada infestando perros en todas las ecorregiones. Lo anterior podría relacionarse a la presencia de ganado bovino en todas las ecorregiones del estado lo cual contribuye a la diseminación de esta especie de garrapata a través del estado. Esta especie de garrapata es comúnmente encontrada en perros de diversas partes del mundo e inclusive ha sido considerada un posible vector de *Hepatozoon canis*. (De Miranda et al. 2011) Los resultados de la PCR realizada empleando el ADN de especímenes de *R. microplus* colectados en el presente estudio resultaron negativos a la infección de *D. immitis* a pesar de que algunos de ellos procedían de animales positivos.

R. sanguineus fue la especie de garrapata más frecuentemente encontrada infestando perros del estado de Tabasco. Su presencia fue abundante en las cinco ecorregiones muestreadas. Sin embargo, a pesar de su abundancia y el elevado número de especímenes colectados de perros positivos a filarias ningún espécimen presentó la infección posterior a su evaluación mediante PCR. Esta especie ha sido considerada el hospedador intermediario de *A. dracunculoides*, la cual ha sido reportada en perros de África, Asia y Europa, destacándose España con una elevada prevalencia (Ortega-Mora y Rojo-Vazquez 1988, Rojo-Vázquez

et al. 1990) Recientemente, también ha sido considerada vector de *Cercopithifilaria baine*, *Cercopithifilaria grassi* y otras *Cercopithifilarias* sin identificación de especie (Otranto et al. 2011, Otranto et al. 2012).

Todos los especímenes de *T. canis* resultaron negativos a la infección de *D. immitis* cuando estos fueron analizados mediante PCR. Sin embargo, un espécimen de *H. spiniger* de la ecorregión de Pantanos resultó positivo a la infección de *A. reconditum*. Al respecto, *H. spiniger* ha sido considerado hospedador intermediario de *A. reconditum*. (Napoli et al. 2014) Futuros estudios deberán ser enfocados para determinar el papel de *H. spiniger* en la epidemiología de las infecciones de *A. reconditum* en perros de la ecorregión de Pantanos.

VII. Conclusiones

Cuatro especies de ectoparásitos fueron encontrados infectados por filarias caninas. La garrapata del Golfo de México *A. maculatum* presentó una baja prevalencia de infección por *D. immitis*. Las pulgas *C. felis* y *C. canis* presentaron prevalencias moderadas de infecciones tanto de *D. immitis* como de *A. reconditum*. El piojo del perro *H. spiniger* presentó una baja infección por *A. reconditum*. Los elevados porcentajes de infecciones causadas por estas especies de filarias en *C. felis* y *C. canis* deberán ser estudiados bajo metodologías específicas para identificar la participación de estos artrópodos en el desarrollo y transmisión de estas especies de filarias.

VIII. Literatura citada

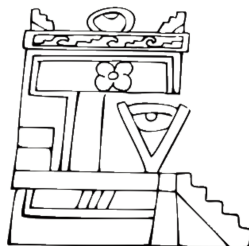
- Acosta, R., J. Fernández, C. Jiménez. 2008. Catálogo de pulgas (Insecta: Siphonaptera). Serie de Catálogos del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" UNAM, pp. 111. In UNAM [ed.].
- Bolio-Gonzalez, M. E., R. I. Rodriguez-Vivas, C. H. Sauri-Arceo, E. Gutierrez-Blanco, A. Ortega-Pacheco, R. F. Colin-Flores. 2007. Prevalence of the

- Dirofilaria immitis* infection in dogs from Merida, Yucatan, Mexico. *Vet Parasitol* 148: 166-169.
- Bolio, M., A. Montes, C. Gutierrez, F. Alonso, L. Bernal, C. Sauri, R. Rodríguez-Vivas. 2002. Hallazgos clínicos en perros parasitados por *Dipetalonema dracunculoides*. *Archivos de medicina veterinaria* 34: 283-286.
- Breinl, A. 1921. Preliminary Note on the Development of the Larvae of *Dirofilaria immitis* in Dog Fleas *Ctenocephalus Felis* and *Canis*. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 14: 389-392.
- Brianti, E., G. Gaglio, E. Napoli, S. Giannetto, F. Dantas-Torres, O. Bain, D. Otranto. 2012. New insights into the ecology and biology of *Acanthocheilonema reconditum* (Grassi, 1889) causing canine subcutaneous filariosis. *Parasitology* 139: 530-536.
- Brown, H. E., L. C. Harrington, P. E. Kaufman, T. McKay, D. D. Bowman, C. T. Nelson, D. Wang, R. Lund. 2012. Key factors influencing canine heartworm, *Dirofilaria immitis*, in the United States. *Parasites Vectors* 5.
- Cancrini, G., S. Gabrielli. 2007. Vectors of *Dirofilaria* nematodes: biology, behaviour and host/parasite relationships. , pp. 211. In C. Genchi, L. Rinaldi and G. Cringoli (eds.), *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens* in dog and cat and human infections., vol. 8. *Mappe parassitologiche*, Università degli Studi di Napoli Federico II, Naples, Italy.
- De Miranda, R., J. De Castro, M. Olegário, M. Beletti, A. Mundim, L. O'Dwyer, O. Eyal, D. Talmi-Frank, M. Cury, G. Baneth. 2011. Oocysts of *Hepatozoon canis* in *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* collected from a naturally infected dog. *Veterinary parasitology* 177: 392-396.
- Dobler, G., M. Pfeffer. 2011. Fleas as parasites of the family Canidae. *Parasites & vectors* 4: 139.
- Guerrero, R. 1996. Las garrapatas de Venezuela (Acarina: Ixodoidea). Listado de especies y claves para su Identificación. . *Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental*. 36: 1-24.

- Guglielmone, A., A. Estrada-Peña, A. Keirans, R. Robbins. 2004. Las garrapatas (Acari: Ixodida) de la región zoogeográfica neotropical. , pp. 142, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.
- Guzman-Cornejo, C., R. G. Robbins, A. A. Guglielmone, G. Montiel-Parra, T. M. Perez. 2011. The *Amblyomma* (Acari: Ixodida: Ixodidae) of Mexico: Identification Keys, Distribution and Hosts. *Zootaxa*: 16-38.
- Henning, T. C., J. M. Orr, J. D. Smith, J. R. Arias, J. L. Rasgon, D. E. Norris. 2016. Discovery of filarial nematode DNA in *Amblyomma americanum* in Northern Virginia. *Ticks and tick-borne diseases* 7: 315-318.
- INEGI, I. N. d. E., Geográfica e Informática. 2018. Instituto Nacional De Estadística Geográfica e Informática, Mexico.
- Kartashev, V., I. Batashova, S. Kartashov, A. Ermakov, A. Mironova, Y. Kuleshova, B. Ilyasov, I. Kolodiy, A. Klyuchnikov, E. Ryabikina. 2011. Canine and human dirofilariosis in the Rostov region (southern Russia). *Veterinary medicine international* 2011.
- Mathew, J. S., S. A. Ewing, R. J. Panciera, K. M. Kocan. 1999. Sporogonic development of *Hepatozoon americanum* (Apicomplexa) in its definitive host, *Amblyomma maculatum* (Acarina). *The Journal of parasitology* 85: 1023-1031.
- Miller, S. A., D. D. Dykes, H. F. Polesky. 1988. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Research* 16: 1215.
- Morchon, R., E. Carreton, J. Gonzalez-Miguel, I. Mellado-Hernandez. 2012. Heartworm Disease (*Dirofilaria immitis*) and Their Vectors in Europe - New Distribution Trends. *Frontiers in physiology* 3: 196.
- Napoli, E., E. Brianti, L. Falsone, G. Gaglio, S. Foit, F. Abramo, G. Annoscia, F. Dantas-Torres, S. Giannetto, D. Otranto. 2014. Development of *Acanthocheilonema reconditum* (Spirurida, Onchocercidae) in the cat flea *Ctenocephalides felis* (Siphonaptera, Pulicidae). *Parasitology* 141: 1718-1725.

- Ortega-Mora, L., F. Rojo-Vazquez. 1988. Sobre la presencia de *Dipetatonema dracunculoides* (Cobbold, 1870) en el perro en España. *Revista Ibéroamericana de Parasitología* 48: 187-188.
- Otranto, D., F. Dantas-Torres. 2010. Canine and feline vector-borne diseases in Italy: current situation and perspectives. *Parasites & vectors* 3: 2.
- Otranto, D., F. Dantas-Torres, A. Giannelli, M. S. Latrofa, E. Papadopoulos, L. Cardoso, H. Cortes. 2013. Zoonotic *Onchocerca lupi* in dogs from Greece and Portugal. *Emerging infectious diseases* 9.
- Otranto, D., E. Brianti, F. Dantas-Torres, S. Weigl, M. S. Latrofa, G. Gaglio, L. Cauquil, S. Giannetto, O. Bain. 2011. Morphological and molecular data on the dermal microfilariae of a species of *Cercopithifilaria* from a dog in Sicily. *Veterinary Parasitology* 182: 221-229.
- Otranto, D., E. Brianti, M. S. Latrofa, G. Annoscia, S. Weigl, R. P. Lia, G. Gaglio, E. Napoli, S. Giannetto, E. Papadopoulos, G. Miro, F. Dantas-Torres, O. Bain. 2012. On a *Cercopithifilaria* sp. transmitted by *Rhipicephalus sanguineus*: a neglected, but widespread filarioid of dogs. *Parasites & vectors* 5: 1.
- Price, A., O. Grahaman. 1997. Chewing and Sucking Lice as Parasites of Mammals and Birds.
- Rishniw, M., S. C. Barr, K. W. Simpson, M. F. Frongillo, M. Franz, J. L. Dominguez Alpizar. 2006. Discrimination between six species of canine microfilariae by a single polymerase chain reaction. *Veterinary Parasitology* 135: 303-314.
- Rojo-Vázquez, F., F. Valcárcel, J. Guerrero, M. Gómez-Bautista. 1990. Prevalencia de la dirofilariosis canina en cuatro áreas geográficas de España. *Medicina Veterinaria* 7: 297-305.
- Sonsino, P. 1888. Ricerche sugli ematozoi del cane e sul ciclo vitale della tenia cucumerina, Nistri.
- Stueben, E. B. 1954. Larval development of *Dirofilaria immitis* (Leidy) in fleas. *The Journal of parasitology* 40: 580-589.
- Tarello, W. 2002. Cutaneous lesions in dogs with *Dirofilaria* (*Nochtiella*) *repens* infestation and concurrent tick-borne transmitted diseases. *Veterinary dermatology* 13: 267-274.

- Tarello, W. 2004. Identification and treatment of *Dipetalonema grassii microfilariae* in a cat from central Italy. *Veterinary Record* 155: 565-566.
- Torres-Chable, O., R. Garcia-Herrera, I. Peralta-Torres, M. Hernandez-Hernandez, N. Ojeda-Robertos. 2012. Prevalence and Risk Factors Associated with *Microfilarias* Infection in Dogs from Villahermosa, Tabasco, Mexico. *Agricultural Journal* 7: 198-202.



Difusión y Divulgación
Científica y Tecnológica

José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Raúl Guzmán León
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Andrés González García
Director de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica

Calíope Bastar Dorantes
Jefa del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas

Esta obra se terminó de editar el 09 de mayo de 2019, en la División Académica Ciencias Agropecuarias, ubicada en Carretera Villahermosa-Teapa Km. 25, R/A La Huasteca, 2da. Sección, Villahermosa, Tabasco, México, C.P. 86280. El cuidado estuvo a cargo de los coordinadores y del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas de la Dirección de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica de la UJAT.