



ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen XXII

Número 42

Enero-Abril 2016

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas



« REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA »



EJEMPLAR MACHO DE PIGUA (*Macrobrachium carcinus*) DE 3 MESES DE EDAD, PRODUCIDO EN EL LABORATORIO DE LARVIPIGUA.

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jeane Rimber Indy

DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Marina Moreno Tejero
Secretaria de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Carolina Zequeira Larios
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBioI-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBioI-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBioI-UJAT

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBioI-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Coordinador editorial

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

L.C.I. Francisco García Ulloa
Est. Lic. Idiomas, Ana Yuseth Pérez del Ángel
Traductor

Pas. Ing. Ambiental, Manuel Alberto Ek Pozo
Est. Ing. Ambiental, Adrián Hernández Magaña
Est. Lic. Biología, Diana Beatriz Montero Hernández
Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro
Universidad de Valladolid (UVA) - España

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal):
www.latindex.unam.mx/index.html

Nuestra portada:

Acciones de conservación de la biodiversidad realizadas en la División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo & Ydania del Carmen Rosado López; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Rafael Sánchez Gutiérrez; Anahí K. Tapia Gómez, Marcela A. Cid Martínez, José E. Rosique Gil; Guadalupe Gómez Carrasco; León D. Olivera Gómez; José C. Martínez Rodríguez & Ernesto Rodríguez Rodríguez.

KUXULKAB', año XXII, No. 42, enero-abril 2016; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Coordinador editorial de la revista, Fernando Rodríguez Quevedo; Kilómetro 0.5 de la carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 31 de julio de 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBioI y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

Inicio este 2016, con la publicación cuatrimestral de nuestra revista electrónica ya encaminada. A partir de este número, esperamos que para los estudiantes e investigadores se abran nuevas áreas de oportunidad vinculadas a nuestra publicación, como puede ser una mayor facilidad de acceso a la información así como la posibilidad de navegación entre ella. Este año la web conocida como «www», cumple 25 años de existencia, un sistema que hoy es usado también para que las diferentes revistas, como la nuestra, comuniquen información.

Es importante destacar que la velocidad a la que este sistema se ha desarrollado y permite el acceso a la información es exponencial. Los primeros intentos electrónicos de comunicar especialmente en relación a libros, se realizó a través de los discos compactos (CD) hace relativamente poco tiempo; para facilitar este proceso de intercambio de información se han generado varias estrategias que aún siguen perfeccionándose. Hoy existen temas pendientes al respecto, por ejemplo el tipo de acceso o los costos de su implementación por un lado, así como el desarrollo de diferentes sistemas que facilitan el acceso. Cabe destacar, que en esta carrera de desarrollo tecnológico participa también la velocidad de aumento en instrumentos de acceso a la información. Actualmente en nuestro teléfono celular podemos tener lecturas a través de descargar libros y artículos electrónicos.

La División Académica de Ciencias Biológicas consciente de estos avances, se adentro en la búsqueda de alternativas, que permita a nuestra revista, participar en todas estas nuevas posibilidades de compartir información, y esto es posible gracias al grupo editorial de apoyo que con su compromiso, inquietud e ideas colaboran aportando opiniones y estrategias para ser cada vez más, una revista ejemplo de la divulgación regional; a ellos les reitero mi agradecimiento ya que *Kuxulkab'* es posible por el excelente equipo.

Las cinco interesantes contribuciones que se publican en esta ocasión con temas de contaminación, conservación y biodiversidad, son una muestra de la preocupación por el futuro y las posibilidades que tenemos de mejorarlo, tanto con nuevas y mejores prácticas como con el rescate de aquellas que nuestros ancestros conocedores de su entorno utilizaban. Además, nos recuerdan que dependemos de la energía y los recursos naturales, pero lo más importante, es tener información expuesta y disponible como lo hace nuestra revista; esto para reflexionar en las acciones que podríamos tomar. Aprovechamos para agradecer a los árbitros y colaboradores que nos apoyan, así como de reiterar que *Kuxulkab'* es una opción para comunicar temas de actualidad e investigaciones. La divulgación de la ciencia es una responsabilidad de los que trabajamos en estas áreas y contribuye a generar conciencia de nuestro entorno.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN LAS CAFETERÍAS DE LA DACBioI	5
Anahí Karina Tapia Gómez, José Ramón Laines Canepa & José Aurelio Sosa Olivier	
VARIACIÓN DE LAS ESPORAS DE <i>Ganoderma sp</i> EN LA ATMÓSFERA DE VILLAHERMOSA, TABASCO	13
Marcela Alejandra Cid Martínez, Karina Gallardo Velázquez & José Edmundo Rosique Gi	
IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS MOLECULARES PARA LA CONSERVACIÓN DEL MANATÍ ANTILLANO (<i>Trichechus manatus manatus</i>) EN MÉXICO	19
Guadalupe Gómez Carrasco, Julia María Leshner Gordillo, León David Olivera Gómez, Raymundo Hernández Martínez & Félix Jiménez Gómez	
PATRONES TEMPORALES EN COMUNIDADES BIOLÓGICAS	27
Alain Lois D'artola Barceló	
ANÁLISIS DE ZANJAS DE OXIDACIÓN COMO TECNOLOGÍA DE REMOCIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES EN EL ESTADO DE TABASCO	33
José Cruz Martínez Rodríguez & Ernesto Rodríguez Rodríguez	

IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS MOLECULARES PARA LA CONSERVACIÓN DEL MANATÍ ANTILLANO (*Trichechus manatus manatus*) EN MÉXICO

IMPORTANCE OF MOLECULAR STUDIES FOR THE CONSERVATION OF THE WEST INDIAN MANATEE (*Trichechus manatus manatus*) IN MEXICO

Guadalupe Gómez Carrasco^{1✉}, Julia María Leshner Gordillo², León David Olivera Gómez³, Raymundo Hernández Martínez⁴ & Félix Jiménez Gómez⁵

¹Egresada de la Maestría en Ciencias Ambientales de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). ²Doctora en Ciencias y profesora-investigadora de la DACBiología-UJAT; miembro del Cuerpo Académico de Biología Genómica. ³Doctor en Ciencias y profesor-investigador de la DACBiología-UJAT; miembro del Cuerpo Académico de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre Neotropical. ⁴Doctor en Ciencias y profesor-investigador de la DACBiología-UJAT; miembro del Cuerpo Académico de Biología Genómica. ⁵Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales de la DACBiología-UJAT.

Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco; México.

✉ lupitacarrasco8@gmail.com

Como referenciar:

Gómez Carrasco, G.; Leshner Gordillo, J.M.; Olivera Gómez, L.D.; Hernández Martínez, R. & Jiménez Gómez, F. (2016). Importancia de los estudios moleculares para la conservación del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en México. *Kuxulkab'*, *XXII*(42): 19-26, enero-abril.

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>

<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

Resumen

El manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) pertenece al orden Sirenia, el cual comprende a los únicos mamíferos acuáticos herbívoros. En este grupo se incluye a los manatíes, los dugones y la ya extinta vaca marina de Steller. El manatí es considerado una especie en peligro de extinción en México. El manatí antillano en México ha sido poco estudiado a nivel molecular. Los estudios genéticos realizados en las poblaciones de manatí en México se han enfocado en relaciones filogenéticas basados en el estudio de ADN mitocondrial; investigaciones recientes han comenzado a aplicar marcadores nucleares (microsatélites), que permitirían conocer mejor la estructura poblacional de esta subespecie.

Palabras clave: Estructura genética, ADN mitocondrial, microsatélites.

Abstract

The West Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*) belongs to the order Sirenia, which includes the unique herbivorous aquatic mammals. This group covers dugongs, manatees and the extinct Steller's sea cow. The manatee is considered an endangered species in México. This species has been poorly studied at molecular level, in most cases the aim of those researches mainly belong to phylogenetic studies using mitochondrial DNA; recent researches have started to apply nuclear markers (microsatellites), which could lead to a better understanding of the population structure of this subspecies.

Keywords: Genetic structure, mitochondrial DNA, microsatellites.

Los manatíes son mamíferos totalmente acuáticos y herbívoros pertenecientes al orden Sirenia (Hartman, 1979), en éste grupo se incluye a los manatíes, dugones (*Dugong dugon*) y la ya extinta vaca marina de Steller (*Hydrodamalis gigas*). El manatí, pertenece a la familia Trichechidae, la cual está representada por tres especies: *Trichechus manatus*, *Trichechus inunguis* y *Trichechus senegalensis*. La especie *Trichechus manatus* se divide en dos subespecies *Trichechus manatus manatus* (manatí Antillano) (fotografía 1), y *Trichechus manatus latirostris* (Lefebvre *et al.*, 1989; Reynolds & Odell, 1991; Jefferson *et al.*, 1993; Marsh & Lefebvre 1994).

El manatí en toda su distribución geográfica es una especie en peligro de extinción (CITES, 2009; SEMARNAT, 2010). En los últimos 30 años, la abundancia de manatíes se ha reducido en México (Arriaga & Contreras, 1993). Ésto se debe a la fuerte disminución de sus poblaciones en el pasado, consecuencia de la cacería para aprovechar su carne, piel, grasa, huesos y también a la modificación y presión humana en el hábitat de estos mamíferos (Lefebvre *et al.*, 2001).

El avance en el uso de marcadores moleculares ha permitido la recopilación de datos genéticos de las poblaciones naturales de especies en riesgo y muestra la relevancia de los factores genéticos, particularmente en casos como la depresión por endogamia (Eguiarte & Piñero, 1990; Meffe & Carroll, 1994; Primack *et al.*, 2001).

La mayoría de los estudios que se han realizado en las poblaciones de manatíes de México, han sido dirigidos generalmente a aspectos demográficos y de conservación. Los estudios moleculares y sobre la viabilidad genética de las poblaciones de manatíes en el país se han comenzado a realizar desde hace unos pocos años (Castelblanco-Martínez *et al.*, 2012).

El presente trabajo tiene como objetivo destacar la importancia de por qué hacer análisis moleculares en la subespecie *Trichechus manatus manatus*, ya que, este tipo de herramientas permiten evaluar la salud genética de las poblaciones de una forma confiable, lo cual es útil para preservar o tratar de incrementar la diversidad genética de éstas; de igual manera se trata de evidenciar la necesidad de realizar estudios moleculares más profundos con el manatí Antillano, en México.

Áreas de distribución en México

Se ha documentado que en la década del sesenta vivían extensas poblaciones de manatíes en el río Palenque y en otros de los principales ríos del norte de Chiapas, además de las costas del estado de Quintana Roo y la península de Yucatán (Lluch, 1965; Daniel-Rentería *et al.*, 2012).

A finales de la década de 1970 y a mediados de 1980 se registró un número reducido de individuos desde las costas de Campeche hasta Quintana Roo (Colmenero & Hoz, 1985; Daniel-Rentería *et al.*, 2012). La distribución actual de los manatíes en México incluye las costas y los sistemas fluviolagunares del Golfo de México y la costa del Caribe (imagen 1).

«El manatí cumple una función dentro de los ecosistemas acuáticos: es controlador de plagas, transformador importante de biomasa vegetal, evita el azolvamiento y se considera una especie carismática o bandera en esfuerzo de la conservación»



2016 | Fotografía de L.D. Olivera Gómez.

Fotografía 1. Manatí Antillano, muestreado en la Laguna de las Ilusiones, Centro, Tabasco.

Sin embargo, los manatíes abundan únicamente en tres regiones principales: los ríos y estuarios de Veracruz, los sistemas fluviolagunares de Tabasco y la costa del Caribe de Quintana Roo (Colmenero, 1983; Colmenero & Hoz, 1985; Lefebvre *et al.*, 1989; Morales-Vela *et al.*, 2003; SEMARNAT & CONANP, 2011; Nourisson *et al.*, 2011).

En los sistemas fluviolagunares del Golfo de México, se estima que hay entre 500 y 1,500 manatíes (Olivera, 2006). En Quintana Roo su abundancia se estima entre 200 a 250 manatíes (Morales-Vela *et al.*, 2007; Nourisson *et al.*, 2011) en su mayoría en la bahía de Chetumal (Morales-Vela & Padilla-Saldivar, 2009). No existe estimación reciente de la presencia de manatíes en el estado de Tamaulipas y estudios realizados en la zona norte de Veracruz muestran que el manatí ha desaparecido de ésta región (Serrano *et al.*, 2007; Daniel-Rentería *et al.*, 2012). Se considera que 1,000 a 2,500 animales es una estimación conservadora para todo México (Morales-Vela, B., com. Pers.; Nourisson *et al.*, 2011).

Importancia en los ecosistemas acuáticos

El manatí tiene funciones específicas dentro de los ecosistemas acuáticos. Son controladores de plagas, transformadores importantes de biomasa vegetal, mantienen el tirante del agua evitando su azolvamiento y se consideran una especie carismática o bandera en esfuerzo de la conservación, esto debido a que su conservación promueve la protección de muchas otras especies que comparten su mismo hábitat (Rodas-Trejo *et al.*, 2008).

La necesidad de conservar al manatí surge a causa del acelerado crecimiento de la población humana, como medida para delimitar el hábitat del manatí con respecto a la influencia humana. Actualmente en algunas comunidades de México, los manatíes que son capturados incidentalmente en las redes de pesca, son algunas veces usados para consumo local (Olivera, 2006). Investigaciones a partir de modelos de viabilidad sugieren que, manteniendo los niveles constantes de caza y enmalles en redes de pesca, la subespecie puede extinguirse en unos 60 años aproximadamente (Castelblanco-Martínez, 2012).

El manatí juega un papel relevante dentro de los ecosistemas acuáticos, si esta especie llegara a extinguirse, ocasionaría un desequilibrio dentro del ecosistema y las redes tróficas, lo cual desencadenaría



Imagen 1. Distribución del manatí Antillano en México. Los estados coloreados muestran las zonas de distribución de manatíes en los últimos 20 años.

que muchas otras especies que comparten su hábitat también desaparezcan, es por ésto la importancia de su conservación.

Aplicación de marcadores moleculares

Los marcadores moleculares, en combinación con métodos de reconstrucción filogenética, han sido utilizados desde hace décadas para la reconstrucción de las relaciones evolutivas entre especies (Maddison *et al.*, 2007).

En el contexto de la conservación, este tipo de enfoques permite tomar en consideración las divergencias evolutivas en las medidas de biodiversidad (Faith, 2002) y usar la distinción filogenética como criterio para asignar prioridades de conservación. Al mismo tiempo, las filogenias moleculares han sido utilizadas para identificar los factores ecológicos de la susceptibilidad a la extinción (Owens & Bennett, 2000).

La pérdida de potencial adaptativo asociada a la pérdida de diversidad genética, mezclado con la disminución de eficacia biológica promedio resultante de la acumulación de endogamia y de alelos deletéreos, se identifican como peligros de naturaleza genética para la persistencia de las especies (Caughley, 1994). Evaluar el estado genético de las poblaciones, proponer medidas para preservar la diversidad genética y prevenir los riesgos de naturaleza genética para la persistencia de las poblaciones han sido objetivos centrales y fundamentales de la genética de la conservación, en la que los marcadores moleculares han resultado enormemente útiles (Godoy, 2009). Los estudios genéticos poblacionales se basan en el uso de los marcadores moleculares (Palomares *et al.*, 2002; Gómez-Moliner *et al.*, 2004; López-Giráldez *et al.*, 2005).

Entre los principales marcadores moleculares que se conocen se encuentran los siguientes: ADN mitocondrial (ADNmt), Polimorfismos de ADN amplificados al azar (RAPDs), microsátélites, Polimorfismos de longitud de los fragmentos amplificados (AFLPs), Secuencias repetidas intersimples (ISSRs), Polimorfismos de la longitud de los fragmentos de restricción (RFLPs) y SNP (polimorfismo de nucleótido simple), (Eguiarte *et al.*, 2007).

Investigaciones genéticas realizadas hasta ahora

A continuación se presenta una exploración de los estudios que se han llevado a cabo con la subespecie en México:

García-Rodríguez *et al.* (1998), analizaron la estructura genética y filogeográfica del manatí Antillano (*T. m.*



Fotografía 2. Exploración de parámetros de salud de un ejemplar.



Fotografía 3. Preparación para la colecta de material biológico, para análisis genéticos.

manatus' y '*T. m. latirostris*'), mediante secuencias de la región control del ADNmt. Analizaron un total de 86 individuos. Los resultados obtenidos evidenciaron que el linaje de México presenta más variabilidad genética que el de Florida, pero menos que los de América del Sur, lo que sugiere que se está incrementando la posibilidad de pérdida de diversidad genética en las poblaciones de México.



Fotografía 4. Evaluación morfométrica.

Morales-Vela & Medrano (1999), analizaron la variación geográfica del ADNmt del manatí en el sureste de México, realizando un estudio preliminar de la variación genética en 14 manatíes (*Trichechus manatus*) de la laguna de Catazajá, Chiapas y la bahía de Chetumal, Quintana Roo. Los resultados obtenidos por estos investigadores sugieren que unidades geográficas, con poca o ninguna relación hidrológica, corresponden a unidades poblacionales naturales entre las que hay flujo génico apenas mayor en los machos que en las hembras. Además apuntan que aunque en México la variación genética no parece diezmada, sí presenta evidencias de una reducción poblacional drástica reciente y fragmentación con la consiguiente interrupción del flujo génico.

Vianna *et al.* (2006), realizaron estudios sobre las tres especies de manatíes. El objetivo de este fue comparar la estructura filogeográfica de las especies mediante la secuenciación de la región control del ADNmt, en un total de 330 individuos analizados. Los resultados obtenidos fueron similares a los encontrados por García-Rodríguez *et al.* (1998), respecto a las poblaciones de México, los cuales revelaron que la diversidad genética de las poblaciones es relativamente baja, por lo que los datos no fueron suficientes para esclarecer la estructura genética de *Trichechus manatus manatus* en México.

Robles-Saavedra *et al.* (2009), examinaron la variación genética, en la región control del ADNmt de 33 manatíes de

Quintana Roo, Yucatán, Tabasco, Chiapas, Veracruz y Florida que se compararon con los de Florida, las Antillas y América del Sur. Tanto en el Golfo como en el Caribe mexicano, se ha detectado una variación genética mayor en muestras de huesos antiguos, que en muestras de tejidos blandos actuales. Esto sugiere la posibilidad de una alta tasa actual de pérdida de variación genética de los manatíes en México.

Nourisson *et al.* (2011), realizaron estudios de manatíes en cautiverio procedentes de México. Se analizaron 94 muestras mediante 13 microsatélites. La estructura genética basada en microsatélites mostró la presencia de dos poblaciones en México: la del Golfo de México y la del Caribe, particularmente de la bahía de Chetumal. La diversidad genética más baja se encontró en el Golfo de México, la cual es la población más grande. La diversidad genética más grande se encontró a lo largo de la costa del Caribe, la cual es también la población con menor número de manatíes.

Gómez-Carrasco (2013), analizó la región control del ADNmt (D-Loop) en el manatí, para determinar la diversidad genética existente entre las poblaciones de manatíes del estado de Tabasco y particularmente en la población aislada de la Laguna de las Ilusiones de dicho Estado. Se analizaron un total de 29 muestras. Se pudo evidenciar que las poblaciones de manatíes del de Tabasco, presentan una diversidad genética mayor a la que se ha reportado en otros estudios.

Uso de microsatélites y zonas clave de investigación

Como se ha podido observar los estudios moleculares que se han implementado para el estudio del manatí antillano en México, se han basado prácticamente en el análisis de ADNmt y han sido dirigidos a definir poblaciones y valores de diversidad. Sin embargo es conveniente realizar estudios moleculares más profundos sobre el manatí, para plantear mejores estrategias de conservación.

Existe una amplia gama de marcadores moleculares que se pueden emplear y proporcionan mejores resultados. Uno de estos marcadores son los microsatélites (imagen 2), como señala Paetkau *et al.* (1995):

< Los análisis con microsatélites utilizan varios *loci*, a diferencia del ADN mitocondrial, es por ello que los estudios mediante el uso de microsatélites, han sido utilizados para estudios de estructura poblacional y para identificar grupos e individuos dentro de una población. >



Imagen 2. Proceso de amplificación de ADN a partir de marcadores microsatélites.



Fotografía 5. Equipo de trabajo en la DACBIOL «Proyecto Manatí-UJAT».

Gómez et al., (2016). Kuxulkab', XXII(42): 19-26

Las poblaciones del Caribe en México han sido hasta ahora las más estudiadas y de las cuales se tiene información más confiable a nivel de estructura genética mediante ADN nuclear y mitocondrial (Morales-Vela & Medrano, 1999; Robles-Saavedra *et al.*, 2009; Nourisson *et al.*, 2011).

Sin embargo, con las poblaciones del Golfo de México no ha pasado lo mismo, ya que el número de muestra en las investigaciones ha sido muy bajo. Por lo anterior, esta zona de México es clave y prioritaria para llevar a cabo trabajos que permitan determinar eficientemente la estructura genética poblacional de manatíes en esta región.

Implicaciones de manejo y conservación

Las medidas de manejo y conservación de los manatíes han estado enfocadas principalmente a conocer la diversidad de la especie y el mantenimiento de las poblaciones.

Sin embargo, conocer la diversidad genética del manatí es crucial para llevar a cabo programas de manejo y control más efectivos, debido a que la diversidad genética aporta información que permite conocer su nivel de sobrevivencia para la adaptación al cambio climático y otros factores antropogénicos o acciones que perturben el ambiente de forma natural (huracanes, inundaciones, sequía entre otros) (Frankel & Soulé, 1981; Lacy, 1987; Frankham *et al.*, 2002).

Además evitar que la conservación de las poblaciones silvestres se enfoque en un número reducido de individuos ya que, esto puede a su vez aumentar la deriva génica, la endogamia y como consecuencia, posteriormente reducirá la sobrevivencia, reproducción y el nivel de crecimiento de la población, incrementando la probabilidad de extinción (Frankham *et al.*, 2002; Johnson *et al.*, 2010).

Los estudios moleculares son una útil herramienta para conocer eficazmente la salud actual y las relaciones de parentesco entre los individuos de una población; y a su vez permiten generar y aplicar este tipo de información en los programas de conservación, como por ejemplo evitar problemas de endogamia, lo cual ayudara a ejecutar un manejo adecuado del manatí Antillano que asegure la recuperación de sus poblaciones y los aleje de una temprana extinción.

Referencias

- Arriaga Weiss, S. & Contreras Sánchez, W.** (1993). *El manatí ('Trichechus manatus') en Tabasco* (Informe técnico; p. 73). Tabasco, México: División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/31643732_El_Manati_trichechus_manatus_en_Tabasco_Stefan_Arriaga_Weiss_Wilfrido_Contreras_Sanchez
- Castelblanco-Martínez, D.N.; Nourisson, C.; Quintana-Rizzo, E.; Padilla-Saldiva, J. & Schmitter-Soto, J.J.** (2012). Potential effects of human pressure and hábitat fragmentation on population viability of the Antillean manatee *'Trichechus manatus manatus'*: a predictive model. *Endangered Species Research*, 18(2): 129-145. DOI: 10.3354/esr00439
- Caughley, G.** (1994). Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology*, 63(2): 215-244
- Colmenero Rolon, L.C.** (1983). Nuevos registros del manatí (*'Trichechus manatus'*) en el sureste de México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoológica*, 54(1): 243-254
- Colmenero, L.C. & Hoz Zavala, M.E.** (1985). Distribución de los manatíes: situación y su conservación en México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoológica*, 56(3): 955-1020
- CITES (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora).** (2009). *Appendices I, II and III*. Accessed: 24-Nov-2015; Recovered: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>
- Daniel-Rentería, I.C.; Serrano, A. & Sánchez-Rojas, G.** (2012). Distribution of the Antillean manatee (*'Trichechus manatus manatus'*) in the Alvarado Lagoon System (Veracruz, Mexico). *Ciencias Marinas*, 38(2): 459-465
- Eguarte, L.E. & Piñero, D.** (1990). Genética de la conservación: leones vemos, genes no sabemos. *Ciencias*, 4: 34-47. Recuperado: www.ejournal.unam.mx/cns/espno04/CNSE0406.pdf
- Eguarte, L.; Souza, V. & Aguirre, X. (Comp.).** (2007). *Ecología molecular* (p. 592). México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Frankel, O.H. & Soulé, M.E.** (1981). Conservation and evolution. *Cambridge Journals*, 16(4):358
- Frankham, R.; Ballou, J.D.; Briscoe, D.A. & McInnes, K.H.** (2002). *Introduction to conservation genetics* (2nd Ed.; p. 566). United Kingdom: Cambridge University Press.
- Faith, D.P.** (2002). Quantifying biodiversity: a phylogenetic perspective. *Conservation Biology*, 16(1): 248-252. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2002.00503.x
- García-Rodríguez, A.I.; Bowen, B.W.; Domning, D.; Mignucci-Giannoni, A.A.; Marmontel, M.; Montoya-Ospina, R.A.; Morales-Vela, B.; Rudin, M.; Bonde, R.K. & McGuire, P.M.** (1998). Phylogeography of the West Indian manatee (*'Trichechus manatus'*): how many populations and how many taxa?. *Molecular Ecology*, 7: 1137-1149
- Godoy, J.A.** (2009). La genética, los marcadores moleculares y la conservación de especies. *Ecosistemas*, 18(1): 23-33
- Gómez-Moliner, B.J.; Cabria, M.T.; Rubines, J.; Garin, I.; Madeira, M.J.; Elejalde, A.; Aihartza, J.; Fournier, P. & Palazón, S.** (2004). PCR-RFLP identification of mustelid species: European mink (*'Mustela lutreola'*), American mink (*'M. vison'*) and polecat (*'M. putorius'*) by analysis of excremental DNA. *Journal of Zoology*, 262: 311-316. DOI: 10.1017/S0952836903004667
- Gómez-Carrasco, G.** (2013). *Determinación de la diversidad genética en las poblaciones de manatíes ('Trichechus manatus manatus') del estado de Tabasco* (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa Tabasco, México.
- Hartman, D.S.** (1979). *Ecology and behavior of the manatee ('Trichechus manatus') in Florida* (p. 174). Ithaca, New York, U.S.A.: The American Society Mammalogist (special publications).
- Jefferson, T. A.; Leatherwood, S. & Webber, M.A.** (1993). *Marine mammals of the world* (FAO species identification guide; p. 592). Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Environment Programme.
- Johnson, W.E.; Onorato, D.P.; Roelke, M.E.; Darrell Land, E.; Cunningham, M.; Belden, R.C.; McBride, R.; Jansen, D.; Lotz, M.; Shindle, D.; Howard, J.; Wildt, D.E; Penfold, L.M.; Hostetler, J.A.; Oli, M.K. & O'Brien, S.J.** (2010). Genetic restoration of the Florida Panther. *Science*, 329(5999): 1641-1645.
- Lacy, R.C.** (1987). Loss of genetic diversity from managed populations: interacting effects of drift, mutation, immigration, selection, and population subdivision. *Conservation Biology*, 1(2): 143-158
- Lefebvre, L.W.; O'Shea, T.J.; Rathbun, G.B. & Best, R.C.** (1989). Distribution, status, and biogeography of the West Indian manatee. In: Woods, C.A.; Sergile, F.E. (Eds.) *Biogeography of the West Indies: patterns and perspectives* (2nd Ed.; pp. 567-610). Florida, U.S.A.: Sandhill Crane Press.
- Lefebvre, L.W.; Marmontel, M.; Reid, J.P.; Rathbun, G.B. & Domning, D.P.** (2001). Distribution, status, and biogeography of the West Indian manatee. In: Woods, C.A.; Sergile, F.E. (Eds.) *Biogeography of the West Indies: patterns and perspectives* (2nd Ed.; pp. 425-474). Florida, U.S.A.: Sandhill Crane Press.

López-Giráldez, F.; Gómez-Moliner, B.J.; Marmi, J. & Domingo-Roura, X. (2005). Genetic distinction of American and European mink (*Mustela vison* and *M. lutreola*) and European polecat (*M. putorius*) hair samples by detection of a species-specific SINE and a RFLP assay. *Journal of Zoology*, 265(4): 405-410.

Lluch, D. (1965). Algunas notas sobre la biología del manatí. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras*, 1: 405-419

Maddison, D.R.; Schulz, K.S. & Maddison, W.P. (2007). The tree of life web project. *Zootaxa*, 1668: 19-40

Marsh, H. & Lefebvre, L.W. (1994). Sirenian status and conservation efforts. *Aquatic Mammal*, 20(3): 155-170

Meffe, G.K. & Carroll, R. (1994). Principles of conservation biology. *Nature*, 144: 412-431

Morales Vela, J.B. & Medrano González, L. (1999). *Variación genética del manatí ('Trichechus manatus') en el sureste de México y monitoreo con radio-transmisores en Quintana Roo* (Informe final Sistema Nacional de Información sobre la biodiversidad de México (SNIB)-Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO)). Chetumal Quintana Roo, México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) unidad Chetumal.

Morales-Vela, B.; Padilla-Saldivar, J.A. & Mignucci-Giannoni, A.A. (2003). Status of the manatee (*Trichechus manatus*) along the northern and western coasts of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Caribbean Journal of Science*, 39(1): 42-49

Morales-Vela, B.; Padilla-Saldivar, J.A.; Reid, J. & Butler, S. (2007). First records of long-distance manatee movements between Mexico and Belize. *Sirenews*, 47: 12-14

Morales-Vela, B. & Padilla-Saldivar, J. (2009). *Demografía, ecología y salud de la población de manatíes ('Trichechus manatus manatus') en Quintana Roo, y su variación y representación genética en México*, (informe técnico; p. 259). Quintana Roo, México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

Nourisson, C.; Morales-Vela, B.; Padilla-Saldivar, J.; Tucker, K.P.; Clark, A.; Olivera-Gómez, L.D.; Bonde, R. & McGuire, P. (2011). Evidence of two genetic clusters of manatees with low genetic diversity in Mexico and implications for their conservation. *Genetica*, 139: 833-842. DOI: 10.1007/s10709-011-9583-z

Olivera-Gómez, L.D. (2006). Estado actual del manatí (*Trichechus manatus*) en humedales del sur del Golfo de México. En: SMBC (Sociedad mesoamericana para la biología y la conservación), (Comp.) *Resúmenes del Primer Simposio para la biología y conservación del manatí antillano en Mesoamérica* (p. 6).

Owens, I.P.F. & Bennett, P.M. (2000). Ecological basis of extinction risk in birds: habitat loss versus human persecution and introduced predators. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(22): 2144-2148

Paetkau, D.; Calvert, W.; Stirling, I. & Strobeck, C. (1995). Microsatellite analysis of population structure in Canadian polar bears. *Molecular Ecology*, 4(3): 347-354

Primack, R.; Rozzi, R.; Feisinger, P.; Dirzo, R. & Masardo, F. (2001). *Fundamentos de conservación biológica* (p. 797). México: Fondo de Cultura Económica

Palomares, F.; Godoy, J.A.; Píriz, A.; O'Brien, S.J. & Johnson, W.E. (2002). Faecal genetic analysis to determine the presence and distribution of elusive carnivores: design and feasibility for the Iberian lynx. *Molecular Ecology*, 11(10): 2171-2182

Reynolds, J.E. & Odell, D.K. (1991). Manatee and dugongs. *Marine Mammal Science*, 9(1): 114-115

Rodas-Trejo, J.; Romero-Berny, E.I. & Estrada, A. (2008). Distribution and conservation of the West Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Catazaja wetlands of northeast Chiapas, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 1(4): 321-333.

Robles-Saavedra, M.A.; Morales-Vela, B.; Scott, B.C. & Medrano, G.L. (2009). Identidad genética de los manatíes (*Trichechus manatus*) de México y un modelo simple de dispersión y diferenciación poblacional. En: Cervantes, F.; Hortelano, Y. & Vargas, J. (Eds.). *60 años de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM. Aportaciones al Conocimiento y Conservación de los Mamíferos Mexicanos* (pp. 243-250). México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). *Noma Oficial Mexicana 059, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) & CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2011). *Programa de acción para la conservación de la especie: manatí ('Trichechus manatus manatus')*. Compilado por Olivera-Gómez, L.D.; Ortega-Argueta, A.; Morales-Vela, B. & Colmenero-Rolon, L.C. México. Recuperado en: http://procer.conanp.gob.mx/pdf/pace_manati.pdf

Serrano, A.; García-Jiménez, J.A. & González-Gándara, C. (2007). Has the manatee (*Trichechus manatus*) disappeared from the northern coast of the state of Veracruz, Mexico? *Latin American Journal of Aquatic Mammal*, 6(1): 109-112

Vianna, J.A.; Bonde, R.K.; Caballero, S.; Giraldo, J.P.; Lima, R.P.; Clark, A.; Marmontel, M.; Morales-Vela, B.; De Souza, M.J.; Parr, L.; Rodríguez Lopez, M.A.; Mignucci-Giannoni, A.A. Powell, J.A. & Santos, F.R. (2006). Phylogeography, phylogeny and hybridization in trichechid sirenians: implications for manatee conservation. *Molecular Ecology*, 15(2): 433-447






 INSTITALACIONES
 CULTURAS EMERGENTES
K'elen-Bijj 2016
 Muestra de Arte Contemporáneo y Culturas Emergentes
 FOTOGRAFÍA
 ARTES PLÁSTICAS
 MÚSICA
 TEATRO
 CANCIONES

FUENTE DE LOS FUNDADORES, POR LA CONMEMORACIÓN DE LOS 25 AÑOS DE BIOLOGÍA EN LA UJAT (K'elen-Bijj 2016: MUESTA DE ARTE CONTEMPORÁNEO Y CULTURAS EMERGENTES)

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: José Francisco Juárez López & Ydania del Carmen Rosado López

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



EDIFICIO DR. ANDRÉS RESÉNDEZ MEDINA: *antes Centro de Investigación en Biología y Biotecnología Tropical.*
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía de Rafael Sánchez Gutiérrez



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415
✉ kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com
🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

