



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
DOCTORADO EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

“CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA
RELATIVA DEL MANATÍ (*Trichechus manatus manatus*) EN EL SISTEMA
LAGUNAR DE ALVARADO, VERACRUZ”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

PRESENTA

ILIANA DEL CARMEN DANIEL RENTERÍA

DIRECTOR: DR. GERARDO SÁNCHEZ ROJAS

CO-DIRECTOR: DR. ARTURO SERRANO SOLÍS

2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
DOCTORADO EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

M. EN A. JULIO CESAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E

Por este conducto le comunico que, después de revisar el trabajo titulado "**Contribución al estudio de la distribución y abundancia relativa del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz**", que presenta la alumna del Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, **M. en C. Iliana del Carmen Daniel Rentería**, el Comité Revisor de tesis ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Comité Revisor.

PRESIDENTE: Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez
SECRETARIO: Dr. Arturo Serrano Solís
VOCAL: Dr. Gerardo Sánchez Rojas
SUPLENTE: Dr. Juan Carlos Gaytán Oyarzún

Sin otro particular, reitero a Usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
Mineral de la Reforma, Hgo., a 30 de mayo del 2012.

DR. ORLANDO AVILA POZOS
Director I.C.B.I.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas involucradas en este trabajo de investigación, sin las cuales no hubiera sido posible llevarlo a cabo les agradezco infinitamente.

A mi familia que siempre ha estado conmigo apoyándome y respaldándome en todo momento.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por recibirme como estudiante.

A la Universidad Veracruzana, por otorgarme las facilidades para la realización del posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología (COVECYT) por el apoyo financiero otorgado al Dr. Arturo Serrano para la realización del Proyecto No. 109067 titulado “Diagnostico de Poblaciones de Manatí en el Sistema Lagunar de Alvarado” del cual se desprende la presente investigación. Así como también por la beca otorgada.

CONTENIDO

	Páginas
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I El manatí (<i>Trichechus manatus manatus</i> Linnaeus 1758) (Sirenia) una especie sombrilla para el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.	19
CAPÍTULO II Distribución del manatí (<i>Trichechus manatus manatus</i>) en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.	28
CAPÍTULO III Is the Antillean manatee (<i>Trichechus manatus manatus</i>) at the brink of extinction in the States of Veracruz?	36
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES	53

INTRODUCCIÓN

En la historia de nuestro planeta nunca antes las especies estuvieron tan amenazadas en un periodo tan corto de tiempo, como lo están en el presente. Los efectos de la contaminación en la calidad del agua, aire y suelo aumentan la pérdida de la diversidad biológica (Primack, 2002), estos efectos asociados con el incremento de la población humana y su tasa de consumo, generan efectos difíciles de predecir para la diversidad. La identificación de las especies amenazadas tiene importantes implicaciones, ya que permite definir prioridades de acción y con ello, esfuerzos y recursos destinados a la preservación de las mismas (Primack, 1993; Primack *et al.*, 2001).

A partir de julio de 1975, el manatí de las Antillas (*Trichechus manatus manatus*) ha sido considerado como una especie en peligro de extinción por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2008). Adicionalmente su distribución está clasificada como vulnerable en la lista del Libro Rojo de Especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2008; Deutsch *et al.*, 2007) y está considerado como una especie en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 (NOM-SEMARNAT-059-2010).

Los manatíes alcanzan la edad reproductiva entre los 30 y 36 meses, tienen una progenie pequeña, el tiempo de gestación fluctúa entre los 12 y 13 meses y el periodo de lactancia es excesivamente largo, el cual puede variar entre los 12 y 24 meses (Marmontel *et al.*, 1992), debido a estas características la pérdida de individuos por encima de los nacimientos, con certeza coloca a esa especie en serias dificultades para sobrevivir. Es imperante realizar estudios sobre los diversos aspectos de las poblaciones mexicanas de manatíes y del mantenimiento del hábitat, para evitar la extinción de la

especie. Existen informes científicos que, en los escenarios más pesimistas, ubican a la especie a 60 años de la extinción (Flores-Cascante, 2010).

El manatí en los humedales es una especie importante, es el único mamífero acuático, herbívoro y capaz de convertir en biomasa las plantas acuáticas superiores que consumen, sean marinas o dulceacuícolas. Tiene una restringida distribución y fueron intensamente cazados en el pasado (Packard *et al.*, 1984; Lefebvre *et al.*, 2001). En la actualidad la principal amenaza que enfrentan es la pérdida del hábitat por la fragmentación de los humedales en los que habita, por la contaminación del agua con agroquímicos, metales pesados y la sedimentación progresiva de los cursos de agua (Powell, 1996; Olivera-Gómez y Mellink, 2005). La intensa actividad de las embarcaciones en ocasiones causa atropellamientos e interfieren o perturban su hábitat, se cree que los niveles de ruidos causados por las embarcaciones, pueden estar afectando negativamente la distribución y la reproducción de los manatíes disminuyendo las poblaciones de estos organismos (O'Shea *et al.*, 1984).

El manatí del Caribe (*Trichechus manatus*) está dividido geográficamente en dos subespecies, el manatí de la Florida (*Trichechus manatus latirostris*) y el manatí de las Antillas (*Trichechus manatus manatus*) (Domning y Hayek, 1986). *Trichechus manatus* se distribuye desde la península de la Florida en Estados Unidos hasta el centro de Brasil en diversos ambientes y su distribución varía de acuerdo con las características físicas, químicas y biológicas de las masas de agua (Forcada, 2002). La temperatura de las aguas ha determinado históricamente los límites de distribución de la especie, quedando restringida a la región comprendida entre las isothermas norte y sur de 24°C (Whitehead,

1977). La distribución actual de la especie está mucho más fragmentada que en el pasado y en general es menos abundante que hace uno o dos siglos (Powell, 1996).

Los manatíes habitan en nuestro país a lo largo del Golfo de México, principalmente en los sistemas de humedales de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, en donde se estima que el tamaño de la población fluctúa entre 500 y 1500 manatíes (Olivera-Gómez y Mellink, 2005). De esta población, se estima que entre 200 y 250 de ellos, habitan en la región de Quintana Roo (Morales-Vela y Padilla-Saldívar, 2011). Para la zona norte de la Península de Yucatán no existen estimaciones acerca de la abundancia de los manatíes, pero se presume que es muy baja (Morales-Vela *et al.*, 2003).

Los conocimientos sobre la distribución y abundancia del manatí a lo largo de la costa del estado de Veracruz son escasos. Estudios recientes demostraron que el manatí ha desaparecido a lo largo de las regiones del norte de Veracruz (Serrano *et al.*, 2007). Se cree que el manatí que habita el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA) es una de las pocas poblaciones que quedan en el estado (Colmenero, 1984; Campbell y Gicca, 1978).

El manatí en México es una especie relativamente poco estudiada y no cuenta con una estimación del tamaño de sus poblaciones. (Colmenero y Zárate, 1990; Morales-Vela, 2000). La mayoría de la información que se conoce sobre los manatíes proviene de estudios realizados con su pariente más cercano, el manatí de Florida y mucha de esta información se ha generalizado (Axis-Arroyo *et al.*, 1998). Sin embargo existen grandes vacíos de información sobre esta especie en México que requieren ser subsanados a la brevedad.

Este estudio pretende establecer si el manatí puede ser candidato para ser considerado como una especie sombrilla, conocer la distribución de la especie, estimar su densidad y abundancia en el Sistema Lagunar de Alvarado, ya que a la fecha no existen datos confiables sobre este aspecto que permitan definir prioridades de acción y con ello esfuerzos y recursos destinados a la conservación del manatí. Por otro lado se espera que este trabajo sea de importancia y genere información que promueva la conciencia y el interés por seguir investigando, generando acciones de gestión mediante la identificación de las áreas más importantes para su conservación y para conocer y preservar la salud de la población remanente que aún se encuentra en el estado de Veracruz. Por lo que salvaguardar la población del Sistema Lagunar de Alvarado como un recurso de importancia regional debe ser prioritario.

En este trabajo se aborda el problema de la conservación del manatí, considerando diversos aspectos, sobre su biología, su distribución y la estimación de la abundancia en el Sistema Lagunar de Alvarado, así como las principales normas de protección de la especie. Se detalla también el área de estudio en donde se realizó el trabajo y la flora y la fauna que la compone, así como la descripción de los parámetros físico-químicos y el clima que caracterizan el Sistema Lagunar de Alvarado, lo que hace que el 22.6 % del área del sistema sea considerado un hábitat adecuado para el manatí (Ortega-Argueta *et al.*, 2003).

El capítulo I, “El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz” publicado en la revista Cuadernos de Biodiversidad. Pretende describir las cualidades del manatí que hacen de esta especie un buen candidato como especie focal en los esfuerzos de

conservación, para el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, declarado sitio Ramsar en el año de 2004 (Ramsar, 2008). En él habitan 45 géneros de fitoplancton, 9 especies de zooplancton, 38 especies de moluscos, 26 familias de crustáceos, 44 especies de peces, más de 5 especies de anfibios y 24 especies de reptiles. También se han registrado 346 especies de aves y más de 15 especies de mamíferos tanto terrestres como acuáticos, incluida la nutria (*Lontra longicaudis*) que se encuentra en la Norma Oficial Mexicana NOM-59-ECOL-2010 en la categoría de amenazada (Cruz, 1999; NOM-SEMARNAT-059-2010). Todas estas especies pueden ser conservadas al propiciar la existencia de los manatíes.

El capítulo II “Distribución del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado Veracruz”, manuscrito aceptado en la revista Ciencias Marinas. En este capítulo se presentan los resultados de la presencia y distribución del manatí dentro del Sistema Lagunar, localizados principalmente en la Laguna Camaronera, Médano Grande, Culebrillas y en la Laguna de Tlaxicoyan.

El capítulo III, “Is the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) at the brink of extinction in the state of Veracruz, Mexico?” manuscrito por someter a una revista. En esta sección se estima la densidad y la abundancia del manatí mediante el método de distancia, los resultados consideran la posibilidad de extinción de la especie en el estado de Veracruz, concluyendo que la probabilidad de que esto suceda es muy alta, considerando que la estimación de la abundancia es de 121 manatíes que sobreviven en el Sistema Lagunar y a que las poblaciones de este animal han desaparecido al norte de Veracruz. Todo lo anterior está asociado con las amenazas que existen hacia los

humedales tales como la deforestación, la contaminación por derrames petroleros y la desecación de los pantanos para la urbanización (Vázquez, 1998).

Área de estudio.

Los humedales representan a una amplia variedad de hábitats interiores, costeros y marinos que comparten ciertas características. Generalmente se identifican como áreas que se inundan temporalmente, todos los humedales comparten una propiedad primordial: el agua, que tiene un rol fundamental en el ecosistema, en la determinación de la estructura y las funciones ecológicas del humedal, es fundamental para ellos.

Asimismo, dada su alta productividad, pueden albergar poblaciones de mamíferos terrestres y acuáticos, peces, crustáceos, anfibios y reptiles entre otros. En México se consideran 36 humedales costeros como áreas prioritarias para ser protegidas, debido a su importancia biológica y al nivel de perturbación de la vegetación natural. Los estados con mayor extensión de humedales en buen estado de conservación, en orden decreciente son: Tabasco, Quintana Roo, Campeche, Nayarit, Yucatán y Chiapas, mientras que los estados con mayor superficie de humedales perturbados, en orden decreciente, son Veracruz y Tamaulipas.

Las mayores amenazas para todos los humedales en conjunto provienen de la deforestación, la cacería la pesca excesiva, la contaminación por derrames petroleros y accidentes de la industria petroquímica, la construcción de presas hidroeléctricas, la extracción de agua de los mantos freáticos que alimentan a algunos humedales, el desvío de las escorrentías para riego y la desecación de pantanos para la urbanización y para la ampliación de espacios agro pastoriles (Vázquez, 1998).

Muchos de los seres vivos de los humedales mexicanos han sido puestos en riesgo de extinción por diversas causas. Los casos más conocidos, de animales en riesgo de extinción, por las actividades humanas son el manatí (*Trichechus manatus*), el cocodrilo (*Crocodylus moreletti*) y el peje lagarto (*Lepisosteus viridi*). Sin embargo, considerando niveles taxonómicos mayores al de la especie, los grupos que más han sufrido comparativamente hablando, son los peces dulceacuícolas y los anfibios. De hecho, los peces dulceacuícolas son los animales mexicanos en los que más extinciones (en relación con el número original de especies) se han registrado (Ceballos, 1993).

Veracruz posee una de las riquezas bióticas más importante de México y de las zonas intertropicales de todo el mundo. Dentro del país, Veracruz ocupa el tercer lugar en cuanto a biodiversidad se refiere; pueden encontrarse en él alrededor de 8,000 especies de plantas y cerca de 700 especies de animales vertebrados endémicos a Mesoamérica, a México o al estado (Flores-Villela y Gerez, 1994). Esta enorme riqueza de especies resulta de la interacción entre los factores físicos y bióticos y su relación con la diversidad climatológica que es posible encontrar en el estado, desde zonas localizadas al nivel del mar hasta la cima más alta del país (el Citlaltépetl), adicionados con la compleja topografía y diferentes tipos de subsuelos (Gómez-Pompa, 1971). Veracruz es el único estado mexicano donde se observa por completo la transición entre zonas tropicales y templadas. Esto es particularmente notorio en la vegetación, pues contiene la mayor parte de los tipos de vegetación de México (Vázquez, 1998).

El Sistema Lagunar de Alvarado.

El 22.6% del área total del Sistema Lagunar de Alvarado (SLA) es considerado como hábitat apropiado para el manatí y está localizado en la zona costera de los humedales de

Alvarado (Ortega-Argueta *et al.*, 2003). Según Ortega-Argueta (1999), la distribución de los manatíes refleja una selección de diferentes hábitats, desde las lagunas y ríos interiores como El Chino y Acula, hasta la zona costera en la laguna de Alvarado. Las principales zonas donde se han avistado manatíes incluyen las lagunas costeras Alvarado, Buenpaís y Tlalixcoyan, el río Limón, los ríos Camarón y Chino, el río Acula y lagunas centrales, el río Papaloapan, así como los ríos San Agustín y California. El complejo lagunar de Alvarado está constituido, de Norte a Sur por las siguientes lagunas: Camaronera, Buen País, Alvarado y Tlalixcoyan. Se localiza al Sureste del Estado de Veracruz, entre las coordenadas geográficas $18^{\circ} 44'$ y $18^{\circ} 52'$ de latitud Norte y $95^{\circ} 44'$ y $95^{\circ} 57'$ de longitud Oeste (Flores-Coto y Méndez-Vargas, 1982) (Figura 1).

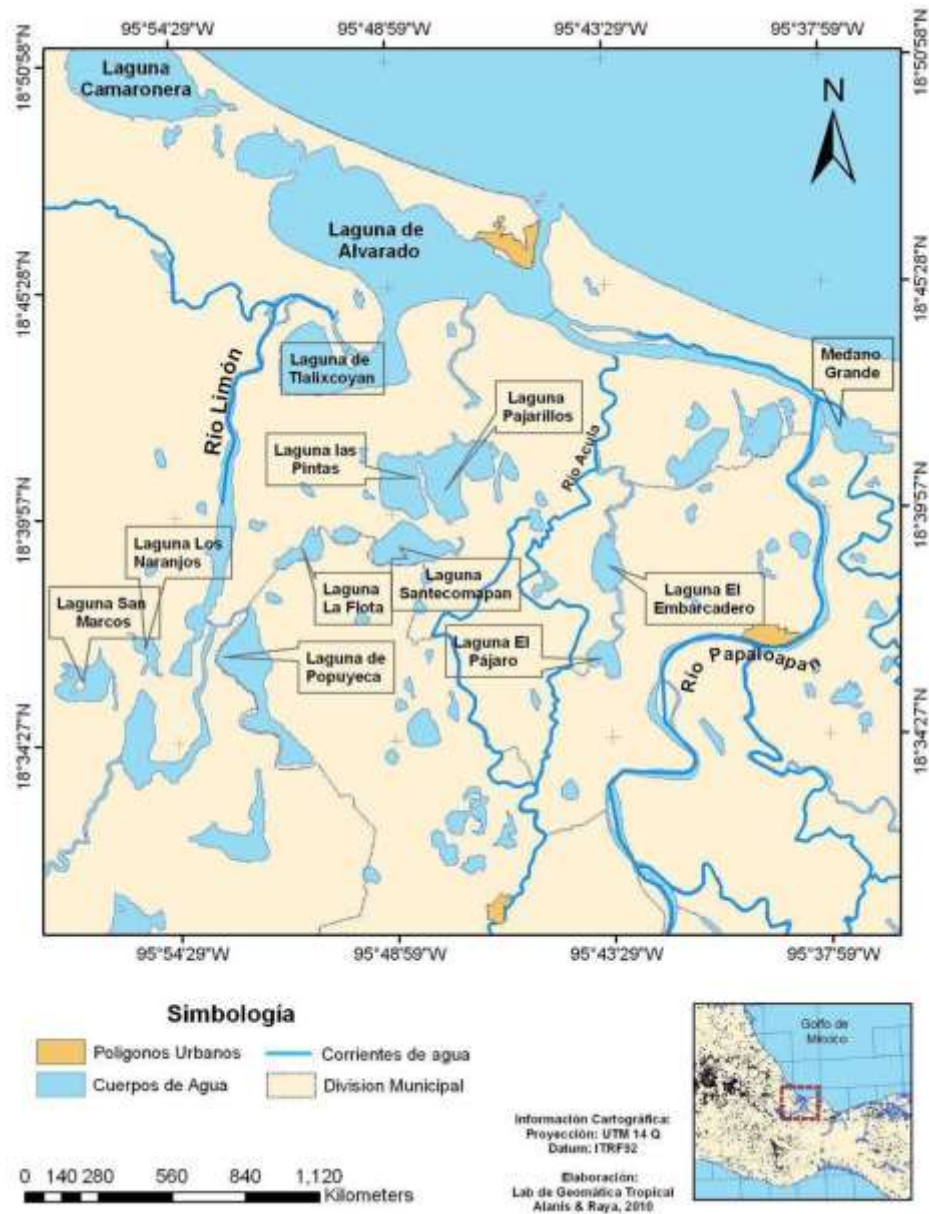


Figura 1. Sistema Lagunar de Alvarado en donde se muestran algunos de los ríos y Lagunas que lo conforman.

De acuerdo con García-Montes (1989), la Laguna de Alvarado presenta un clima de tipo Aw”2 (i), que corresponde a cálido subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano. La temporada de sequía se presenta entre los meses de enero a

mayo, la de lluvias inicia en junio y los Nortes tienen lugar en noviembre, generalizándose en enero (Reséndez-Medina, 1973).

En un trabajo realizado por Suárez-Achaval (2010) en el Sistema Lagunar de Alvarado se registraron algunos parámetros fisicoquímicos del agua en 531 puntos durante el periodo de Noviembre de 2008 a Julio de 2010. Los resultados de los parámetros para todo el Sistema Lagunar se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Promedios de los parámetros físico-químicos del agua del Sistema Lagunar de Alvarado (Suárez-Achaval, 2010).

Parámetros	Unidades	Mínimo	Máximo	Promedio
Conductividad	mS/cm	0.62	21.07	6.07
Salinidad	%	0.03	13.33	2.97
Sólidos Disueltos	g/l	0.36	14.91	3.66
T ^o	°C	22.77	31.61	27.05
Oxígeno Disuelto	%	0.39	0.75	0.50
Ph	pH	6.65	8.19	7.55
Profundidad	mS/cm	1.58	4.06	2.54
Potencial Reductor	Óxido mV	82.91	753.34	377.02

La calidad de un hábitat se relaciona con sus condiciones bióticas y abióticas, un hábitat de alta calidad es aquel que reúne las condiciones necesarias para la sobrevivencia y la reproducción exitosa de la especie (Morrison *et al.*, 1992). Los promedios de los parámetros físico-químicos encontrados en el Sistema Lagunar de Alvarado tienen características de alta calidad que reúnen un espacio potencial para el manatí (Suárez-Achaval, 2010).

La región Sureste del complejo hídrico descarga sus aguas en el río Papaloapan; los ríos Camarón y Blanco desembocan en Tlalixcoyan y el Acula se conecta directamente con el cuerpo de agua central (Flores-Coto y Méndez Vargas, 1982). Los aportes de agua continental que recibe permanentemente la Laguna de Alvarado a través de los ríos, se ven incrementados en la época de lluvias y Nortes. Por otra parte, el flujo de aguas marinas proviene de la desembocadura del río Papaloapan y por un canal artificial que comunica a la laguna Camaronera con el mar. Esta apertura fue posterior a los estudios de Villalobos *et al.* (1975), quienes propusieron la división del complejo lagunar en subsistemas, que han sido modificados en función de los cambios salinos e hidrológicos del área. El flujo de la marea se ha visto favorecido por la creación de estos canales artificiales, que fueron construidos para desecar los pantanos pero han permitido que el flujo de la marea se interne en lo más profundo de la laguna, propiciando así que estos humedales funcionen como fuente de nutrientes y sedimentos.

Vargas-Maldonado (1986) identifica tres zonas principalmente dentro del SLA que presenta, un área de gradiente hidrológico: 1) una zona de gran mezcla de agua dulce y marina, con gradientes horizontales y estratificación la mayor parte del año. Incluye las Lagunas de Alvarado, Buen País y la Boca del río Papaloapan. 2) Otra área de influencia dulceacuícola, que presenta gradientes horizontales de menor magnitud e influencia preponderante de agua dulce, sin estratificación incluye a la Laguna de Tlalixcoyan y 3) una tercer área de influencia nerítica, con gradientes horizontales de influencia dulce y marina, pero en mayor grado esta última sin estratificación en la Laguna Camaronera. Alvarado es un sistema de aguas muy turbias, con transparencias aún menores para la época de lluvias (Vargas-Maldonado, 1986). En el área pueden encontrarse sedimentos

de tipo arenoso y limo-arcilloso, con un alto contenido de materia orgánica en el extremo noroeste de la laguna y por sedimentos arenosos, pobres en materia orgánica, en el resto del sistema (Contreras, 1985).

La característica más importante del humedal de Alvarado es la diversidad de hábitats. En la zona se encuentran varios tipos de vegetación, algunos de ellos se caracterizan por no variar de fisonomía a lo largo del año, especialmente la vegetación acuática (vegetación flotante y arraigada) subacuática (manglar, tular, popal y vegetación riparia) (Vázquez, 1998). La vegetación presente en los lugares de ocurrencia de manatí encontrados en el sistema fue *Pistia stratiotes*, *Eichornia crassipes*, *Crinum erubescens*, *Thalassia testudinum* y *Halodule sp.*, *Rhizophara mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* (Suárez-Achaval, 2010).

Finalmente uno de los principales problemas del SLA es el componente humano que está integrado por 265 localidades con 51,955 habitantes. Entre las principales actividades económicas encontramos la agricultura, la ganadería, la industria azucarera, la pesquería, la acuicultura y la explotación de recursos energéticos como el gas (INEGI, 2010), todas ellas potencialmente tienen un gran impacto para el mantenimiento de la biodiversidad.

Referencias Bibliográficas.

Axis-Arroyo, J., Morales-Vela, B., Torruco-Gómez, D. y Vega-Cendejas, M.E. 1998.

Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). Revista Biológica Tropical, 46: 791-803.

- Campbell, H.W. y Gicca, D. 1978. Reseña preliminar del estado actual y distribución del manatí (*Trichechus manatus*) en México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México, serie Zoología, 49:257-265.
- Ceballos, G. 1993. "Especies en peligro de extinción" Ciencias. Número Especial 7, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 5-10.
- CITES. 2008. Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora. Appendices I, II, III. 47 pp. www.cites.org. Revisado el 25 de Mayo de 2011.
- Colmenero, L.C. 1984. Nuevos registros del manatí (*Trichechus manatus*) en el Sureste de México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México serie Zoología, 54: 243-254.
- Colmenero, L.C. y Zárte, E.B. 1990. Distribution, status and coservation of West Indian manatee in Quintana Roo, México. Biology Conservation, 52:27-35.
- Contreras, E.F. 1985. Las Lagunas Costeras Mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, Secretaria de Pesca, México D.F., 253 p.
- Cruz, C.O.G. 1999. Aves del Humedal de Alvarado, Veracruz: Características de la comunidad, importancia y conservación. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. 22 p.
- Deutsch, C.J., Harvey, J.W., Harr, K.E., Murphy, D., Walsh, M.T., Chittick, E.J., Bonde, R. K. y Pate, M.G. 2007. Clinical Biochemistri in healty manatees (*Trichechus manatus latirostris*). Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 38: 269–279.
- Domming, D.P y Hayek, L.C. 1986. Interspecific and intraspecific morpholgical variation in manatees (Sirenia: Trichechus). Marine Mammal Science, 2:87-144.

- Flores-Cascante, L. 2010. Aspectos Biológicos de los Sirénidos *Trichechus manatus* LINNAEUS, 1758 en México. *Biología Ciencia y Tecnología*, 3: 122-134.
- Flores-Coto, C. y Méndez-Vargas M.L. 1982. Contribución al conocimiento del ictioplancton de la laguna de Alvarado, Veracruz. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 9: 41-160.
- Flores-Villela, O. y Gerez, P. 1994. Biodiversidad y Conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso de suelo. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 439 p.
- Forcada, J. 2002. Distribution. 327-333p. En: *Encyclopaedia of marine mammals*. Perrin, W.F., Würsig, B., Thewissen, H. (eds.). Academic Press, San Diego, CA.
- García-Montes, J.F. 1989. Composición, distribución y estructura de las comunidades de macroinvertebrados epibentónicos del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz. Tesis Maestría, CCH, UACP y Posgrado, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 124 p.
- Gómez-Pompa, A. 1971. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. *Biotrópica*, 3:125-135.
- INEGI. 2010. 127° Censo General de Población y Vivienda; Aguascalientes, Ags., México
- IUCN. 2008. The IUCN Red list of Threatened species. www.uicnredlist.org. Consultado el 13 Mayo del 2011.
- Lefebvre, L.W., Marmontel, M., Reid J.P., Rathbun, G.B. y Domning, D.P. 2001. Status and biogeography of the West Indian manatee. Pages 425-474. En: *Biogeography*

of the West Indies: Patterns and Perspectives. (Woods; Ch.A. y Sergile F.E. eds) 2nd ed CRC, Boca Raton, FL.

Marmontel, M., Odell, D.K., y Reynolds, J.E. 1992. Reproductive biology of South American manatees. 295-312. En: *Reproductive biology of South American vertebrates*. Hamlett W.C. (ed.), Nueva York, Springer-Verlag.

Morales-Vela, J.B. 2000. Distribución, abundancia y uso de hábitat por el manatí en Quintana Roo y Belice, con observaciones sobre su biología en la bahía de Chetumal, México. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 143 p.

Morales-Vela, J.B., Padilla-Saldívar, J.A. y Mignucci-Giannoni, A.A. 2003. Status of the manatee (*Trichechus manatus*) along the northern and western coasts of the Yucatán Peninsula, México. *Caribbean Journal of Science*, 39:42–49.

Morales-Vela, J.B. y Padilla-Saldívar, J.A. 2011. El manatí. La sirena del Caribe. 248–255. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo un análisis para su conservación*. Pozo C., Irmijo-Canto N., Calmé S. (edits.) Tomo I. ECOSUR, CONABIO, Gob. Edo. Q. R., México.

Morrison, M.L., Marcot, B.G. y Mannan, R.W. 1992. Wilfe-Habitat relationships. Concepts y Application. The University of Wisconsin Press Wisconsin, 343p.

NOM-059-ECOL-2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Norma Oficial Mexicana-NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental y especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestres- Categorías de

riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de lista de especies en riesgo.

Olivera-Gómez, L.D. y Mellink, E. 2005. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) as a function of habitat characteristic, in Bahía de Chetumal, Mexico. *Biological Conservation*, 121:127-133.

Ortega-Argueta, A. 1999. Situación actual y las perspectivas de conservación del manatí en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Informe Técnico preliminar presentado a la Dirección General de Vida Silvestre, INE-SEMARNAT, 12 p.

Ortega-Argueta, A., Portilla-Ochoa, E. y Keith, E.O. 2003. Project: "Manatee recovery regional plan for wetlands of Alvarado Veracruz, México". Wildlife Trust Annual Technical Report.

O'Shea, T.J., Moore, J.F. y Kochman, H.I. 1984. Contaminant concentrations in manatees in Florida. *Journal of Wildlife Management*, 48:741- 748.

Packard, J.M., Rathbun, G.B. y Domning, D.P. 1984. Sea cows and manatees. 102-114. En: *The encyclopaedia of mammals*. Macdonald, D. (edit). Oxford University Press Oxford.

Powell, J.A. 1996. The distribution and biology of the West African manatee (*Trichechus senegalensis* Link, 1795). United Nations Environmental Program, Regional Seas Program, Ocean and Coastal Areas. Nairobi, Kenya.

Primack, R. 1993. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates Inc., Massachusetts, EEUU, 525 p.

- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R. y Massardo, F. 2001. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas Latinoamericanas. FCE, Ciudad de México, 797 p.
- Primack, R. 2002. Essentials of conservation biology. Tercera edición. Sinauer Associates. U.S.A., 699 p.
- Ramsar. 2008. Ramsar sites in order of addition to the Ramsar List of Wetlands of International Importance. http://www.ramsar.org/sitelist_order. Revisado el 5 de marzo de 2009.
- Reséndez-Medina, F. 1973. Estudio de los peces de la laguna de Alvarado, Veracruz, México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo XXXIV, 183-276.
- Serrano, A., García-Jiménez, J.A. y González-Gándara, G.C. 2007. Has the manatee (*Trichechus manatus*) disappeared from Northern coast of the state of Veracruz, Mexico? LAJAM, 6: 109-112.
- Suárez-Achaval, R.G. 2010. Caracterización del hábitat del manatí (*Trichechus manatus*) en el SLA, Veracruz. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, 69 p.
- Vargas-Maldonado, I. 1986. Informe Técnico. Estudios ecológicos básicos de las lagunas costeras del Golfo de México. Estudio ecológico de la ictiofauna de la laguna de Alvarado, Veracruz. Estructura de las comunidades de peces para las épocas de nortes y secas. PCECBNA/UAM IZTAPAIAPA/CONACYT.

Vázquez, T.M. 1998. Biodiversidad y problemática en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Xalapa, México, 454 p.

Villalobos, A., Gómez, S., Arenas, V., Reséndez, A. y De la Lanza, G. 1975. Estudios hidrobiológicos en la laguna de Alvarado (Febrero-Agosto, 1966). Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, 46:1-34.

Whitehead, P.J.P. 1977. The former southern distribution of New World manatees (*Trichechus* spp). Biological Journal of the Linnean Society, 9: 165-189.

CAPÍTULO I

“El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758)

(Sirenia) una especie sombrilla, para el Sistema

Lagunar de Alvarado, Veracruz”

El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz

I. C. Daniel-Rentería¹, A. Serrano¹, G. Sánchez-Rojas²

¹ LABORATORIO DE MAMÍFEROS MARINOS (LAMM), UNIVERSIDAD VERACRUZANA, CARRETERA TUXPAN-TAMPICO KM 7.5, COLONIA UNIVERSITARIA, C.P. 2850 TUXPAN, VERACRUZ, MÉXICO.

E-MAIL: IDANIEL@UV.MX

² LABORATORIO DE CONSERVACIÓN BIOLÓGICA, CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, KM. 4.5 CARRETERA PACHUCA-TULANCINGO, C.P. 42184, PACHUCA, HIDALGO, MÉXICO

ABSTRACT

The most emblematic mammal in the Alvarado Lagoon System (ALS) is the West Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*). In July 1975 was considered as endangered species by the Convention on International Trade in Endangered Species of Fauna and Flora (CITES), since 1982 as a vulnerable species by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and is considered an endangered species under Mexican laws. The manatee is a poorly studied animal in the state of Veracruz because in natural conditions are very difficult to observe. This species is reported as extinct in the northern region of Veracruz and recent observations indicate that

the manatee population that survives in this area took refuge in the lagoons system Alvarado. Alvarado is a site with high biodiversity, coastal lagoons, and composed of more than 100 lakes and several rivers inland. We sought to establish the benefits of considering the manatee as a focal species to use as a charismatic species or flag in a conservation effort and run as an umbrella species.

KEYWORDS

Alvarado Lagoon System, Manatee, *Trichechus manatus manatus*, focal species, umbrella species, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los manatíes pertenecientes a la especie *Trichechus manatus manatus*, son uno de los mamíferos marinos del Golfo de México en mayor riesgo de extinción debido a la disminución de sus poblaciones y a la pérdida de hábitat en sus áreas de distribución. Se estima que las poblaciones distribuidas en México y Centro América tienen menos de 2.500 individuos, con una disminución del 20 % de la población por generación (donde aproximadamente cada generación dura 40 años; DEUTCH et. al., 2008).

A partir de julio de 1975, el manatí fue considerado como una especie en peligro de extinción por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y desde 1982, como especie Vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (DEUTCH et. al., 2008). Adicionalmente, la especie a nivel nacional, se encuentra catalogada como en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana (NOM-SEMAR-NAT-059-2001).

El manatí, es uno de los mamíferos marinos más grandes del Golfo de México. Utiliza los sistemas lagunares como fuente principal de alimento, y de refugio, por lo que es muy susceptible a cambios que ocurran en su medio, también considerada como una especie "indicadora" de ambientes saludables (Fig. 1).

Se ha reportado que los manatíes se alimentan durante 6 a 8 horas al día (BERTRAM & BERTRAM, 1964; HARTMAN, 1979). La cantidad de alimento requerido en condiciones naturales no se

conoce, pero en cautividad necesitan consumir cerca del seis por ciento del peso de su cuerpo al día para poder sobrevivir (HEINSOHN, 1976).

Los manatíes son herbívoros estrictos, con una dieta generalizada de más de 60 especies de plantas de agua dulce y marina (HARTMAN, 1979; BEST, 1981; BENGTON 1983; LEDDER, 1986). Se les puede considerar, dentro de los herbívoros, como generalistas y oportunistas (WELLS et al., 1999). Se alimentan de plantas acuáticas sumergidas, emergentes y flotantes (HARTMAN, 1979; BEST, 1981). Su dieta incluye plantas fanerógamas marinas, vasculares de agua dulce, algas, hojas y raíces de mangle (HARTMAN, 1979; BEST, 1981). Se han observado animales alimentándose de la vegetación de las riberas para lo cual sacan parcialmente el cuerpo del agua apoyándose en sus extremidades anteriores (HARTMAN, 1979).

Como en todas las especies silvestres, sobre las poblaciones de manatíes actúan factores biológicos, ecológicos, y en los últimos años las actividades asociadas a las crecientes poblaciones humanas, que determinan su distribución y abundancia (COLMENERO-ROLON, 2005).

En México, la distribución del manatí se encuentra a lo largo de la costa del Golfo de México, abarcando desde el río Panuco, Veracruz, hasta el sur de Quintana Roo (COLMENERO-ROLON, 1984; COLMENERO-ROLON & HOZ-ZAVALA 1986; MORALES-VELA, 2000). Sin embargo, en la actualidad sólo son relativamente abundantes en los humedales, de los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, en el Golfo de México y en



Figura 1: Foto de un manatí hembra que está siendo pesada y medida antes de ponerle un radio transmisor (Foto Iliana Daniel Rentería)

las bahías costeras y los manantiales artesianos, a lo largo de la costa de Quintana Roo (COLMENERO-ROLON 1984, 1991; COLMENERO & HOZ-ZAVALA 1986; COLMENERO-ROLON & ZÁRATE 1990, LEFEBVRE *et al.*, 1989; MORALES-VELA & OLIVERA-GÓMEZ 1992b; MORALES-VELA *et al.*, 2000, 2003; ORTEGA-ARGUETA 2002).

En la década de los años 60, se documentaron poblaciones extensas de manatíes en el río Palenque, en los principales ríos del norte de Chiapas, en las costas del estado de Quintana Roo (LLUCH, 1965) y en las costas de la Península de Yucatán (DAMPIER, 1968). Ya en la década de los años 70, investigadores como PHILLIP & FISHER (1970), reportaron una disminución de las poblaciones del manatí en estas mismas áreas.

A finales de los 70 y mediados de los 80, investigadores como CAMPBELL & GICCA (1978) y COLMENERO-ROLON & HOZ-ZAVALA (1986) y HOZ-ZAVALA (1985) indican haber observado poblaciones abundantes desde Alvarado, Veracruz, hasta la Laguna de Términos en Campeche, pero un número reducido de ejemplares desde Champotón, Campeche hasta Cancún, Quintana Roo. En esta misma década se pensó que los manatíes se habían extinguido en el río Papaloapan y en la laguna de Alvarado como resultado de la contaminación, principalmente de la industria azucarera, del tráfico de lanchas y de la construcción de la presa Miguel Alemán (COLMENERO-ROLON & HOZ-ZAVALA, 1986). Sin embargo, durante 1998 se encontraron dos crías de manatí atrapados en redes de pescadores ribereños de la comunidad de Arbolillo, muy cerca de la Ciudad de Alvarado (PORTILLA, 2001).

Para la zona norte del estado de Veracruz que comprende Tamiagua, Tuxpan, Tecoluta y Casitas-Nautla los pescadores reportan que los manatíes eran sumamente comunes en esta área, sin embargo no se tienen registros confiables de la presencia del manatí en la actualidad, aunque testimonios orales proporcionados por los pescadores indican algunos

avistamientos (SERRANO *et al.*, 2007). Tampoco fue posible observar estos animales en el área a pesar de que hubo un esfuerzo de búsqueda considerable por SERRANO *et al.* (2007). Más al norte, en el estado de Tamaulipas, el hallazgo hace dos décadas de algunos restos óseos de esta especie en el río Soto La Marina, eran los únicos registros confiables (LAZCANO & PACKARD, 1989). Recientemente, mediante entrevistas y reconocimientos realizados desde embarcaciones a lo largo de toda la costa de Veracruz, en el período 2002-2003, confirmaron la presencia de una reducida población de manatíes en el sistema lagunar adyacente a la frontera de Tamaulipas, en el río Pánuco y en el sistema de la Laguna Chairé (ORTEGA-ARGUETA, datos inéditos) (Fig 2).

Estudios de genética de ADN mitocondrial en los manatíes muestran que el linaje más afectado por esta situación es el que corresponde a las poblaciones que geográficamente ocupan Centroamérica y México, lo que puede estar incrementando la posibilidad de pérdida de diversidad genética de este linaje (GARCÍA-RODRÍGUEZ *et al.*, 1998, VIANNA *et al.*, 2006). Estos antecedentes nos permiten detectar que hay un proceso de reducción del área de distribución del manatí en la región norte del Golfo de México, al menos en el territorio mexicano y un descenso importante de sus poblaciones en los últimos años.

Por esta razón resulta muy importante iniciar una evaluación de las poblaciones de manatíes en esta zona, donde la ocurrencia de los manatíes es escasa y se da principalmente dentro de estuarios y sistemas de agua dulce, tales como las lagunas interconectadas con los ríos (COLMENERO-ROLON, 1991; ORTEGA-ARGUETA, 2002; RODRÍGUEZ-IBÁÑEZ, 2004). Aunque no existen registros publicados, las observaciones más recientes parecen indicar que la población de manatíes que sobrevive en esta área se refugia en el sistema de las lagunas de Alvarado que cuenta con más de 200 lagunas interiores y varios ríos, estos incluyen a la Laguna de Alvarado, la Laguna El Lodo, los ríos Cala Larga, Acula, Limón, Pajarillos, El Tragadero, La Canica (cerca de la Costa de la Palma), Hondo y Gavilanes (Fig 3).

Distribución de Manatí

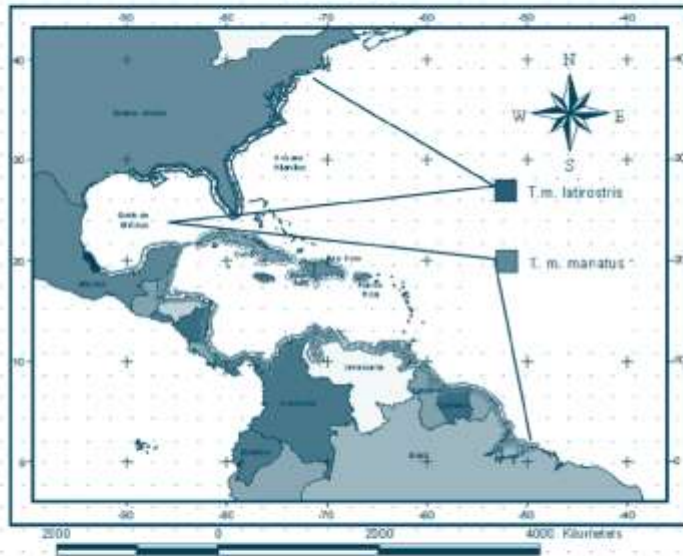


Figura 2: Distribución de manatí de las indias occidentales (Modificado de Deutsch et al 2008) en donde se muestra dentro del territorio nacional como ha ido desapareciendo la población de la parte norte del Golfo de México

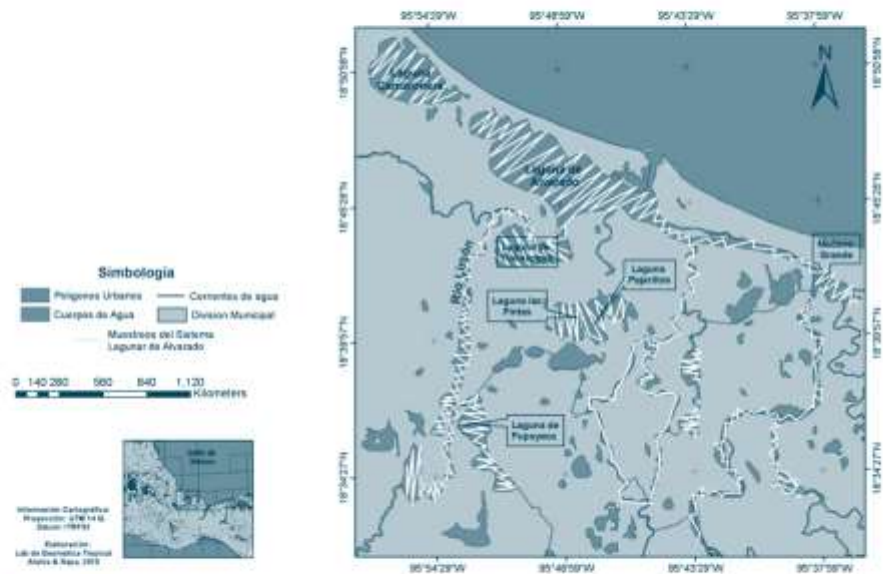


Figura 3: Ubicación geográfica del Sistema Lagunar de Alvarado (Cortesía del Laboratorio de mamíferos marinos, UV)

Debido a la importancia de esta especie trataremos en este artículo de establecer la ventaja de considerar al manatí como una especie focal en los esfuerzos de conservación, principalmente en el sistema lagunar de Alvarado (SLA), Veracruz.

ESPECIES FOCALES

La biodiversidad es un concepto muy complejo ya que incluye diferentes atributos de la vida (función, estructura y composición) y que está ordenada jerárquicamente a lo largo de diferentes niveles de la vida (genes, poblaciones, comunidades y paisajes) lo cual dificulta tener una medida absoluta de la diversidad (Noss, 1990); por lo que es usual utilizar atajos que nos permitan medir algunos aspectos de la biodiversidad esperando que reflejen de manera realista su valor, por lo que en ocasiones, se ha utilizado a una especie o grupos de especies como indicadores de la biodiversidad (MORENO *et al.*, 2007).

Estas evaluaciones entonces pueden simplificar las evaluaciones si los investigadores identifican de una manera relativamente fácil medidas indicadoras de la biodiversidad. Una aproximación comúnmente utilizada es la de especies indicadoras, o especie focal, definidas como "un organismo cuyas características, tales como presencia o ausencia, densidad poblacional, dispersión, éxito reproductivo, son usadas como un índice de atributos también difíciles, o costosos de medir" (LANDRES *et al.*, 1988; MORENO *et al.*, 2007).

La selección de una de estas especies permite acelerar los procesos de toma de decisiones en materia de conservación, sin necesidad de realizar largos estudios que retrasen las mismas, de esta manera estas especies funcionan como sustitutas de alguno de los atributos de la biodiversidad, lo cual implica que, de lograr su protección, se logra que muchas otras especies que coexisten con ellas también se protejan (BERGER, 1997; SIMBERLOFF, 1998; CARO & O'DOHERTY, 1999; ANDELMAN & FAGAN, 2000; FLEISHMAN *et al.*, 2000; RUBINOFF, 2001; CARO *et al.*, 2004).

Aunque se han intentado diferentes aproximaciones para ubicar y definir a estas especies sustitutas, bajo diferentes nombres, hay cierta confusión ya que la mayoría de las definiciones no son mutuamente excluyentes.

Entre las especies sustitutas más usadas podemos mencionar a las especies bandera, que son animales carismáticos mediante los cuales se busca conservar la biodiversidad de una región, por ejemplo el oso panda de la WWF (World Wildlife Fund) (MEFFE & CARROLL, 1994); o una especie clave que es aquella que de manera desproporcionada a su biomasa produce efectos en todo el ecosistema como sucede con la estrellas de mar del género *Pisaster* sp. (PRIMACK *et al.*, 2001) o las especies sombrilla, que son aquellas cuya necesidad mínima de espacio es mayor al resto de la comunidad y por lo tanto al protegerlas se protege a las demás especies (CARO & O'DOHERTY, 1999; ANDELMAN & FAGAN, 2000). Es importante enfatizar que las especies sombrilla surgen como una necesidad metodológica para implementar planes de conservación ante la carencia de información (CARO & O'DOHERTY, 1999; CARO *et al.*, 2004). Con la ayuda de las especies sombrilla pueden delimitarse, normalmente a pequeña escala, las áreas que se desean proteger (CARO *et al.*, 2004) y también ayudan a priorizar fragmentos de ecosistemas para su conservación (FLEISHMAN *et al.*, 2000).

Lo anterior recae en el supuesto de que proveyendo suficiente espacio a una especie con grandes requerimientos de área, también dará protección a todas aquellas que tengan necesidades espaciales más modestas. Debido a que los organismos de gran tamaño también cuentan con un ámbito hogareño mayor, manteniendo poblaciones viables de aquellas especies que requieren de la conservación de grandes porciones de hábitat. Por tal razón, los organismos de gran tamaño son favorecidos para ser especies sombrilla (ROBERGE & ANGELSTAM, 2004). Ejemplo de especies sombrilla son el jaguar o la ballena jorobada. Estas especies han servido para delimitar el tipo y tamaño de área que será utilizada con fines de conservación. Es importante señalar que ser una especie sombrilla no excluye ser especie bandera o carismática.

EL VALOR ECOLÓGICO DE LOS MANATÍES COMO ESPECIE SOMBRILLA

El manatí es una especie considerada de gran valor para la conservación, para las autoridades y los sectores académicos, de ahí que se considere como una de las especies prioritarias para la conservación por parte del Instituto Nacional de Ecología que es la dependencia del gobierno mexicano encargada de identificar a estas especies prioritarias dentro del territorio nacional (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, 2009).

Sin embargo es importante tratar que los pobladores locales también reconozcan el valor de esta especie, la reconozcan como un emblema y asocien su conservación a la conservación de los humedales y consecuentemente a la preservación de su forma de vida (RODAS-TREJO *et al.*, 2008), ya que ningún esfuerzo de conservación puede tener éxito si no involucra a las poblaciones locales que son las que de primera mano toman muchas de las decisiones de manejo (VAN DYCK, 2008).

El problema que enfrentan las especies en riesgo como el manatí se deriva en gran medida del problema de actitud social hacia el valor ecológico de las mismas, por lo que es necesario que mediante la implementación de proyectos y acciones se amplíe el conocimiento y se genere una conciencia ambiental de reflexión hacia su importancia y respeto.

Tal y como se plantea en la definición de una especie sombrilla cuya necesidad mínima de espacio es mayor al resto de la comunidad y por lo tanto al protegerlas se protege a las demás especies (CARO & O'DOHERTY, 1999; ANDELMAN & FAGAN, 2000), por lo que su conservación debería producir un efecto indirecto que permita conservar otras especies y sus hábitats.

En el caso de los manatíes creemos que esto debería no sólo de abarcar a otras especies de menor necesidad de espacio, sino que se debería lograr conectar la preservación de la especies con las condiciones

ambientales de la laguna costera de Alvarado, ya que como sabemos estos sistemas de lagunas costeras y humedales se encuentran gravemente afectadas por las actividades humanas (MORENO-CASASOLA *et al.*, 2009).

Las condiciones biológicas del manatí, al ser una especie de gran tamaño (3,5 m y hasta 1000 kg de peso), y ciclo largo de vida (generaciones de 40 años) e incluso su tolerancia a ciertos niveles de perturbación humana, así como la facilidad de poder utilizarla como una especie carismática o bandera en esfuerzo de conservación (RODAS-TREJO *et al.*, 2008) la postulan como un buen candidato de especie sombrilla.

La condición del manatí como una especie misteriosa y carismática para los pobladores locales y más aún para los visitantes, conseguiría abrir la puerta para incrementar la diversidad de actividades productivas, como un turismo bien dirigido a las áreas de refugio, que a la larga traerá importantes ingresos de renta para la región sin perjudicar a los manatíes, siempre que sea cuidadosamente diseñado. Las campañas educativas han sido fundamentales para la población pero exige mayor participación de la comunidad en tareas prácticas para el cuidado de la especie, como la inclusión en jornadas de colecta de datos y en ejecución de campañas ambientales.

La conservación del manatí es imposible si no existe una conciencia de preservación del ambiente como un todo, incluyendo otras especies que comparten el hábitat del manatí. Es necesario continuar apoyando la investigación científica de ésta y otras especies en el Sistema Lagunar, beneficio que redundará en la población.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución ha posible gracias al apoyo financiero de los proyectos FOMIX-Veracruz 109067; FOMIX-HIDALGO 98122 y 2008-95828.



BIBLIOGRAFÍA

- ANDELMAN, S. J. & W. F. FAGAN. 2000. Umbrellas and flagships: efficient conservation surrogates or expensive mistakes? *PNAS* 97:5954-5959.
- BERGER, J. 1997. Population constraints associated with the use of black rhinos as an umbrella species for desert herbivores. *Con Biol* 11: 69-78.
- BERTRAM, G. C. L. & C. K. R. BERTRAM. 1964. Manatees in the Gulanas. *Zoologica* (New York Zoological Society) 49:115-120.
- BEST, ROBIN C. 1981. Foods and feeding habits of wild and captive Sirenia. *Mamm Rev* 11 (1):3-29.
- CARO, T. M. & G. O'DOHERTY. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Con Biol* 13:805-814.
- CARO, T. M., A. ENGILIS, E. FITZHERBERT, & T. GARDNER. 2004. Preliminary assessment of the flagship species concept at a small scale. *Anim Con* 7:63-70.
- COLMENERO-ROLON, L. C. 1984. Nuevos registros del manatí (*Trichechus manatus*) en el Sureste de México. *An. Inst. Biol. UNAM* 56, Ser. Zool 1:243-254.
- COLMENERO-ROLON, L.C. 2005. Manatí 492-493 pp. In *Los mamíferos silvestres de México*. CEBALLOS, G. & G. OLIVA. CONABIO - Fondo de Cultura Económica, México D.E.
- COLMENERO-ROLON, L. C. & M. E. HOZ-ZAVALA. 1986. Distribución de los manatíes, situación & su conservación en México. *An. Inst. Biol. UNAM* 56, Ser. Zool. 3:955-1020.
- COLMENERO-ROLON, L. C. & B. E. ZÁRATE. 1990. Distribution, status and conservation of the West Indian manatee in Quintana Roo, México. *Biol Con* 52:27-35.
- COLMENERO-ROLON, L. C. 1991. Proposal of the recovery plan for the Mexican manatee *Trichechus manatus*. *An. Inst. Biol. UNAM* 62, Ser. Zool 2: 203-218.
- DEUTSCH, C.J., SELF-SULLIVAN, C. & MIGNUCCI-GIANNONI, A. 2008. *Trichechus manatus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1.
- FLEISHMAN, E., D.D. MURPHY, & P.F. BRUSSARD. 2000. A new method for selection of umbrella species for conservation planning. *Ecol App* 10:569-579.
- GARCÍA-RODRÍGUEZ, R. 1998. Phylogeography of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*): how many populations and how many taxa? *Mol Ecol* 7: 1137-1149.
- HARTMAN, D. S. 1979. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. *American Society of Mammalogists, Publicación Especial* 5:1-153.
- HEINSOHN, G. E. 1976. Sirenia - draft report. In *Scientific Consultation on Marine Mammals*, Bergen, Norway, 31 Aug.-9 Sep. 1976. Food & Agriculture Organization, U.N. (FAO), ACMRR/MM/SC/WG 4-1.
- LAZACANO, B.M. & PACKARD, J.M. 1989. The occurrence of manatee (*Trichechus manatus*) in Tamaulipas, México. *Mar Mamm Sci* 5(2): 202-205.
- LEFEBVRE, L. W., T. J. O'SHEA, G. B. RATHBUN, & R. C. BEST. 1989. Distribution, status, and biogeography of the West Indian manatee. Pp. 567-620 en *The biogeography of the West Indies: past, present, and future*, C. A. Woods, ed. Sybill Crane Press, Gainesville, FL. 878 pp.
- LLUCH, B., D. 1965. Algunas notas sobre la biología del manatí. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras* 1:405-419.
- MEFFE, G. K. & C. R. CARROLL. 1994. *Principles of Conservation Biology*. Editorial Sinauer Associates, Inc. E. U. 600 pp.
- MORALES V., B. & L. D. OLIVERA G. 1992. La Bahía de Chetumal & su importancia para el manatí en el Caribe mexicano. Trabajo presentado en la XVII Reunión Internacional para el Estudio de los mamíferos marinos. 21-25 abril 1992, La Paz, B.C.S., México. 13 páginas sin numerar.
- MORALES-VELA, J. B. 2000. Distribución, abundancia & uso de hábitat por el manatí en Quintana Roo & Belice, con observaciones sobre su biología en la bahía de Chetumal, México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 143 pp.
- MORENO-CASASOLA, P., HUGO LÓPEZ ROSAS, D.M. INFANTE MATA, L.A. PERALTA, A.C. TRAVIESO BELLO, B.G. WARNER. 2009. Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology*. 200-37-52. M: 2009-10037.
- MORENO, C.E., PINEDA E. ESCOBAR, F & G. SÁNCHEZ-ROJAS. 2007. Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. *Int. J. Environment and Health*, 1: 71-86.

- NOSS, R. E. 1990. "Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach", *Conservation Biology* 4:355-364.
- ORTEGA-ARGUETA, A. 1999. Situación actual y las perspectivas de conservación del manatí en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Informe Técnico preliminar presentado a la Dirección General de Vida Silvestre, INESEMARNAT. 12 pp.
- ORTEGA-ARGUETA, A., E. PORTILLA-OCHOA & E.O. KEITH. 2003. Project "Manatee recovery regional plan for wetlands of Alvarado Veracruz, México". Wildlife Trust Annual Technical Report.
- PRIMACK, R., R. ROZZI, P. FEISINGER, R. DIRZO & E. MASSARDO. 2001. Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México
- RATHBUN, G. B., J. A. POWELL, & J. P. REID. 1983. Movements of manatees (*Trichechus manatus*) using power plant effluents in southern Florida. Final Report, P.O. No. 88798-87154, Florida Power & Light Company. 26 pp.
- REYNOLDS, J. E. III, & D. K. ODELL. 1992. Manatees & Dugongs. Facts on File, New York. 192 pp.
- ROBERGE, J.M. & ANGELSTAM, P. 2004. "Usefulness of the umbrella species concept as conservation tool", *Con Biol*, 18:76-85.
- RODAS-TREJO, J., ROMERO-BERNY, E. I. & A. ESTRADA. 2008. Distribution and conservation of the West Indian manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Carajá wetlands of northeast Chiapas, México. *Tropical Conservation Science* 1:321-333.
- RUBINOFF, D. 2001. Evaluating the California Gnatcatcher as an umbrella species for conservation of southern California coastal sage scrub. *Conservation Biology*. 15: 1374-1383
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 2001. Norma Oficial Mexicana-NOM-059-ECOL-2001 Protección Ambiental - Especies Nativas de México de Fauna & Flora Silvestres - Categorías de riesgo & especificaciones para inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.
- SERRANO, A., GARCÍA-JIMÉNEZ, J.A. & C.G. GONZÁLEZ-GÁNDARA. 2007. Has the manatee (*Trichechus manatus*) disappeared from Northern coast of the state of Veracruz, Mexico? *LAJAM*. 6: 109-112.
- SIMBERLOFF, D. 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passe in the landscape era? *Biol Con* 83:247-257
- VAN DYCK, F. 2008. *Conservation Biology: Foundations, Concepts Application*. Springer.
- 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-LÓPEZ, M. A., MIGNUCCI-GIANNONI, A. A., POWELL, J. A. AND F. R. SANTOS. 2006. Phylogeography, phylogeny and hybridization in trichechid sirenians: implications on manatee conservation. *Mol Ecol* 15: 433-447
- WELLS, R.S., D.J. BONESS, AND G.B. RATHBUN. 1999. Behavior. Chap. 8 In: Reynolds, J.E., III and S.A. Rommel (eds.). *Biology of marine mammals*. Washington & London, Smithsonian Inst. Press (578 pp.): 324-422.

CAPITULO II

“Distribución del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado (Veracruz, México)”



Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in the Alvarado Lagoon System (Veracruz, Mexico)

Distribución del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado (Veracruz, México)

IC Daniel-Rentería^{1,2}, A Serrano^{3*}, G Sánchez-Rojas³

¹ Laboratorio de Mamíferos Marinos (LAMM), Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan-Tampico Km 7.5, Colonia Universitaria, CP 92850 Tuxpan, Veracruz, México.

² Programa de Doctorado en Ciencias Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 4.5 Carretera Pachuca-Tulancingo, CP 42184 Pachuca, Hidalgo, México.

³ Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km. 4.5 Carretera Pachuca-Tulancingo, CP 42184 Pachuca, Hidalgo, México.

* Corresponding author. E-mail: anserrano@uv.mx

ABSTRACT. The Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) is considered endangered in Mexico. Local extinctions have been documented in the northern Gulf of Mexico, and the only remaining population with a northern distribution is found in the Alvarado Lagoon System (ALS). The objective of this study was to determine manatee distribution in ALS. The system covers an area of 267,010 ha and includes hundreds of lagoons, floodable areas, and dozens of rivers. To detect manatees, systematic line transects were done in a boat 7.6 m in length, totaling 332.6 h of search effort with an average of 7.38 h d⁻¹ in 45 surveys. There was a total of 13 manatee sightings: seven direct sightings, five with hydrophones, and one with a side-scan sonar. For each record the geographical coordinates were taken and integrated in a geographical information system to analyze their distribution. Manatee distribution was not uniform throughout the study area. Manatees were sighted in very specific areas of ALS considered part of their habitat, mainly in areas with inland water bodies, in some estuarine and marshy areas, and in some wetlands with vegetation generally in appropriate condition. This lagoon system is very important for manatee conservation since it is the last site with viable populations in Veracruz and the northern Gulf of Mexico.

Key words: manatee, *Trichechus manatus manatus*, distribution, Alvarado Lagoon System.

RESUMEN. El manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) es considerado una especie en peligro de extinción en México. En la zona norte del golfo de México se han documentado extinciones locales, y se sabe que la población remanente con distribución más norteña se encuentra en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA). El objetivo de este estudio fue determinar la distribución del manatí en el SLA. El sistema presenta una extensión de 267,010 ha que incluyen cientos de lagunas, áreas inundables y docenas de ríos. La localización de los manatíes se realizó mediante muestreos en transectos lineales sistemáticos en una lancha de 7.6 m de eslora. El esfuerzo de muestreo fue de 332.36 h, con un promedio de 7.38 h d⁻¹ en 45 recorridos. En total se obtuvieron 13 avistamientos de manatíes: siete observados de manera directa, cinco detectados mediante el uso del hidrófono y uno mediante el uso de una ecosonda. En cada registro se tomaron las coordenadas geográficas y se integraron a un sistema de información geográfica para analizar su distribución. La distribución del manatí no se dio de manera uniforme en el área de estudio. Los manatíes se observaron en áreas muy específicas dentro del SLA, consideradas como parte de su hábitat, principalmente en zonas que cuentan con cuerpos de agua interiores, algunas otras áreas estuarinas y palustres, y algunos humedales generalmente con una vegetación en condiciones apropiadas. El SLA es de suma importancia para la conservación de los manatíes, ya que es el último sitio con poblaciones viables en Veracruz y en el norte del golfo de México.

Palabras clave: manatí, *Trichechus manatus manatus*, distribución, Sistema Lagunar de Alvarado.

INTRODUCTION

The Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) is considered a threatened species by international conservation organizations (Deutsch *et al.* 2008) and is protected by Mexican law (SEMARNAT 2010). It is included as a priority species in the Mexican Species-at-risk Conservation Program (PROCER) and Species Conservation Action Plan (PACE).

INTRODUCCIÓN

El manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) es una especie considerada como amenazada tanto por organizaciones internacionales de conservación (Deutsch *et al.* 2008) como por leyes mexicanas (SEMARNAT 2010). Se encuentra incluido como una especie prioritaria en el Programa para la Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), así como

which define the priority actions and strategies for the recovery of the species in a national context (CONANP 2010). Its distribution range includes the Gulf of Mexico, Caribbean Sea, and Atlantic coast of Central America and Brazil (Lefebvre *et al.* 2001). These animals are restricted to tropical and subtropical areas and do not tolerate water temperatures below 17–19 °C because their low metabolic rate does not allow them to maintain their body temperature in cold waters (Gallivan and Best 1980).

Regarding the Mexican manatee populations, historical records show that in the 1960s large populations were found in the Palenque River and in other principal rivers of northern Chiapas, as well as on the coast of Quintana Roo and the Yucatán Peninsula (Lluch 1965). In the late 1970s and mid-1980s, the records show a reduced number of individuals along the coast between Champotón (Campeche) and Cancún (Quintana Roo), but abundant populations between Términos Lagoon (Campeche) and Alvarado Lagoon (Veracruz) (Colmenero and Hoz 1986).

Studies conducted in northern Veracruz show that the manatee has disappeared from this region (Serrano *et al.* 2007). It was originally thought that this had also occurred in the Coatzacoalcos and Papaloapan rivers and in Alvarado Lagoon (Colmenero and Hoz 1986); however, surveys and anecdotal observations indicate that a few individuals still inhabit the Alvarado Lagoon System (ALS) (Ortega-Angueta *et al.* 2003). This study thus aimed to determine the distribution of *T. manatus manatus* within this lagoon system.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The ALS is the most important wetland in Veracruz. It contains a large diversity of terrestrial and aquatic systems, and provides valuable environmental services, for this reason it was designated a Ramsar site in 2004. The system covers an area of 267,010 ha, and includes more than 100 lagoons, seasonally floodable areas, and several rivers (Portilla-Ochoa 2003). Within the lagoon system, the manatee is the most emblematic mammal, as well as the one facing the most serious conservation problems because of its large size and status as charismatic species, thus making it a focal species for conservation (Daniel *et al.* 2010).

The ALS is located in the southeastern part of the state of Veracruz (18°44'00"–18°52'15" N, 95°44'00"–95°57'00" W). Mean annual temperature is 26 °C and the coldest monthly mean is above 18 °C. The dry season extends from January to May, the rainy season from June to October, and the Nortes (northerly winds) season from November to January. Very turbid waters are found in this system, water transparency diminishing even more during the rainy season (Resendez-Medina 1973).

en el Programa de Acción para la Conservación de Especies (PACE), donde se definen las estrategias y acciones prioritarias para la recuperación de la especie en el contexto nacional (CONANP 2010). Su distribución abarca desde el golfo de México, el mar Caribe y la costa atlántica de Centroamérica y Brasil (Lefebvre *et al.* 2001). Estos organismos se encuentran restringidos a zonas tropicales y subtropicales, y no toleran aguas con temperatura por debajo de 17–19 °C debido a que su baja tasa metabólica les impide mantener su temperatura corporal en aguas frías (Gallivan y Best 1980).

En el caso de las poblaciones de manatí en México, históricamente se ha documentado que en la década de los 60 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). A finales del decenio de 1970 y a mediados de 1980 se registró un número reducido de individuos desde las costas de Champotón (Campeche) hasta Cancún (Quintana Roo), pero se registraron poblaciones abundantes desde la laguna de Términos (Campeche) hasta la laguna de Alvarado (Veracruz) (Colmenero y Hoz 1986).

Estudios realizados en la zona norte de Veracruz muestran que el manatí ha desaparecido en esta región (Serrano *et al.* 2007). Se pensó que esto mismo había sucedido en los ríos Coatzacoalcos, Papaloapan y en la laguna de Alvarado (Colmenero y Hoz 1986). Sin embargo existen indicios provenientes de encuestas y observaciones anecdóticas que indican que aún hay individuos remanentes que habitan en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA) (Ortega-Angueta *et al.* 2003). Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue conocer la distribución de *T. manatus manatus* dentro del SLA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El SLA es el humedal más importante de Veracruz; alberga una gran biodiversidad tanto de sistemas terrestres como acuáticos y juega un papel como prestador de servicios ambientales, por lo que desde 2004 ha sido designado un sitio Ramsar. El sistema tiene una extensión de 267,010 ha, más de 100 lagunas, áreas inundables estacionalmente y varios ríos (Portilla-Ochoa 2003). Dentro del sistema lagunar, el manatí es el mamífero más emblemático y con mayores problemas de conservación, debido a su gran tamaño y a su condición de especie carismática, lo que facilita el considerarlo como una especie focal para la conservación (Daniel *et al.* 2010).

El SLA se localiza al sureste del estado de Veracruz (entre 18°44'00" y 18°52'15" N y 95°44'00" y 95°57'00" O). La temperatura media anual es de 26 °C y la media mensual más fría está por arriba de 18 °C. La temporada de sequía se presenta de enero a mayo, la de lluvias de junio a octubre y la de nortes de noviembre a enero. Alvarado es un sistema de

Survey

A line transect survey was designed covering 93% of ALS (fig. 1). The transects were covered in a 7.5-m-long, 1.5-m-wide boat, with 75-HP outboard motor, at a speed of about 15 km h⁻¹. Four observers were on board to cover all the horizon. Bushnell (7 × 50) binoculars with compass and rangefinder were used to locate the individuals. Transect design was based on the method proposed by Thomas *et al.* (2007) and Buckland *et al.* (2008) for complex systems, using the software Distance Sampling v5.0 (Thomas *et al.* 2006).

Given the difficulty of observing manatees in ALS, in order to increase the possibility of detecting them we used a Humminbird 734C² side-scan sonar, following the method proposed by González-Socoloske *et al.* (2009), and a hydrophone that detects low-frequency mammal vocalizations over ranges of more than 100 km (Tyack and Clark 2000). The recording equipment consisted of a laptop computer and a noise analyzer composed of a Cetacean Research C54XRS hydrophone (frequency response 0.016–203 kHz) and a portable M-Audio Fast Track Pro 22 audio interface with four inputs and four outputs.

To determine the distribution of manatees, the geographic coordinates of each individual were taken in the field with a global positioning system (GPS, Garmin eTrex, accuracy ±3 m), using the Universal Transverse Mercator (UTM) system. These coordinates are based on metric measurements of each of the points where the manatees were located, which facilitated the localizations (White and Garrott 1990). In the laboratory, the coordinates were transferred to a digitized map of the area (projection: UTM 14 Q; datum: ITRF92) (elaborated by JL Alanís and BE Raya, Laboratorio de Geomática Tropical, Universidad Veracruzana, 2010).

RESULTS

Forty-five surveys were conducted from October 2008 to June 2010 during the dry, rainy, and Nortes seasons, with an average search effort of 7.38 h d⁻¹ and a total search effort of 332.36 h. A total of 1027.63 km were covered, comprising all the navigable areas within ALS. Thirteen manatees were sighted: seven (53.85%) were observed directly, five (38.47%) were detected with the hydrophone, and one (7.70%) with the side-scan sonar.

Manatee distribution was not uniform throughout the study area and they were observed in very specific areas within ALS. The highest number of manatee sightings occurred in mainly two areas: 30.76% (4/13) in Los Buzos River, of which all (100%) were direct observations; and 30.76% (4/13) in the area known as Médano Grande, where the Papaloapan River begins, of which 75% were direct observations and 25% were hydrophone observations. Fewer sightings were made at Tlalixcoyan Lagoon (15.38%, 2/13), Alvarado Lagoon (7.7%, 1/13), and Culebrillas (7.7%, 1/13),

aguas muy turbias, con transparencias aún menores durante la época de lluvias (Resendez-Medina 1973).

Muestreo

Se diseñó un sistema de trayectos que abarcó el 93% del SLA (fig. 1). Los trayectos se recorrieron en una lancha de 7.6 m de eslora y 1.5 m de manga, con motor fuera de borda de 75 caballos de fuerza, a una velocidad cercana a los 15 km h⁻¹, con cuatro observadores a bordo para cubrir todo el horizonte. Se usaron binoculares Bushnell (7 × 50) con brújula y retícula para localizar a los individuos. El diseño de los transectos se basó en la metodología propuesta por Thomas *et al.* (2007) y Buckland *et al.* (2008) para sistemas complejos, utilizando el programa Distance Sampling (versión 5.0) (Thomas *et al.* 2006).

Dada la dificultad de observar a los manatíes en el SLA y para aumentar las posibilidades de detectarlos, se usó una ecosonda (Humminbird, modelo 734C²), siguiendo la metodología propuesta por González-Socoloske *et al.* (2009), y un hidrófono que detecta vocalizaciones de baja frecuencia de mamíferos en rangos mayores que 100 km (Tyack y Clark 2000). El equipo de grabación constó de una computadora portátil y un analizador de ruido compuesto por un hidrófono Cetacean Research C54XRS (frecuencia respuesta de 0.016–203 kHz) y una interfase de audio (M-Audio Fast Track Pro 22) portátil con cuatro entradas y cuatro salidas.

Para determinar la distribución de los manatíes, en campo se tomaron las coordenadas geográficas de cada individuo con un geoposicionador satelital (GPS; Garmin, modelo eTrex, precisión ± 3 m), utilizando el sistema Universal Transverse de Mercator (UTM). Estas coordenadas se basan en medidas métricas de cada uno de los puntos donde se ubicaron los manatíes, lo que facilitó las localizaciones (White y Garrott 1990). Una vez en el laboratorio, las coordenadas fueron registradas sobre un mapa digitalizado del área (proyección UTM 14 Q, datum ITRF92) (elaborado por JL Alanís y BE Raya, Laboratorio de Geomática Tropical, Universidad Veracruzana, 2010).

RESULTADOS

De octubre de 2008 a junio de 2010 se realizaron 45 censos de manatíes en temporadas de seca, de lluvia y de nortes, con un esfuerzo de búsqueda de 7.38 h diarias en promedio y 332.36 h en total. Se recorrieron 1027.63 km, lo que abarca todas las zonas navegables dentro del SLA, y se registraron 13 avistamientos de manatíes; siete individuos (53.85%) fueron observados de manera directa, cinco (38.47%) se detectaron con el hidrófono y uno (7.70%), con la ecosonda.

La distribución del manatí no se dio de manera uniforme en toda el área de estudio. Los manatíes se observaron principalmente en dos áreas dentro del SLA, con los siguientes porcentajes de registro: 30.76% (4/13) para río de los Buzos, del

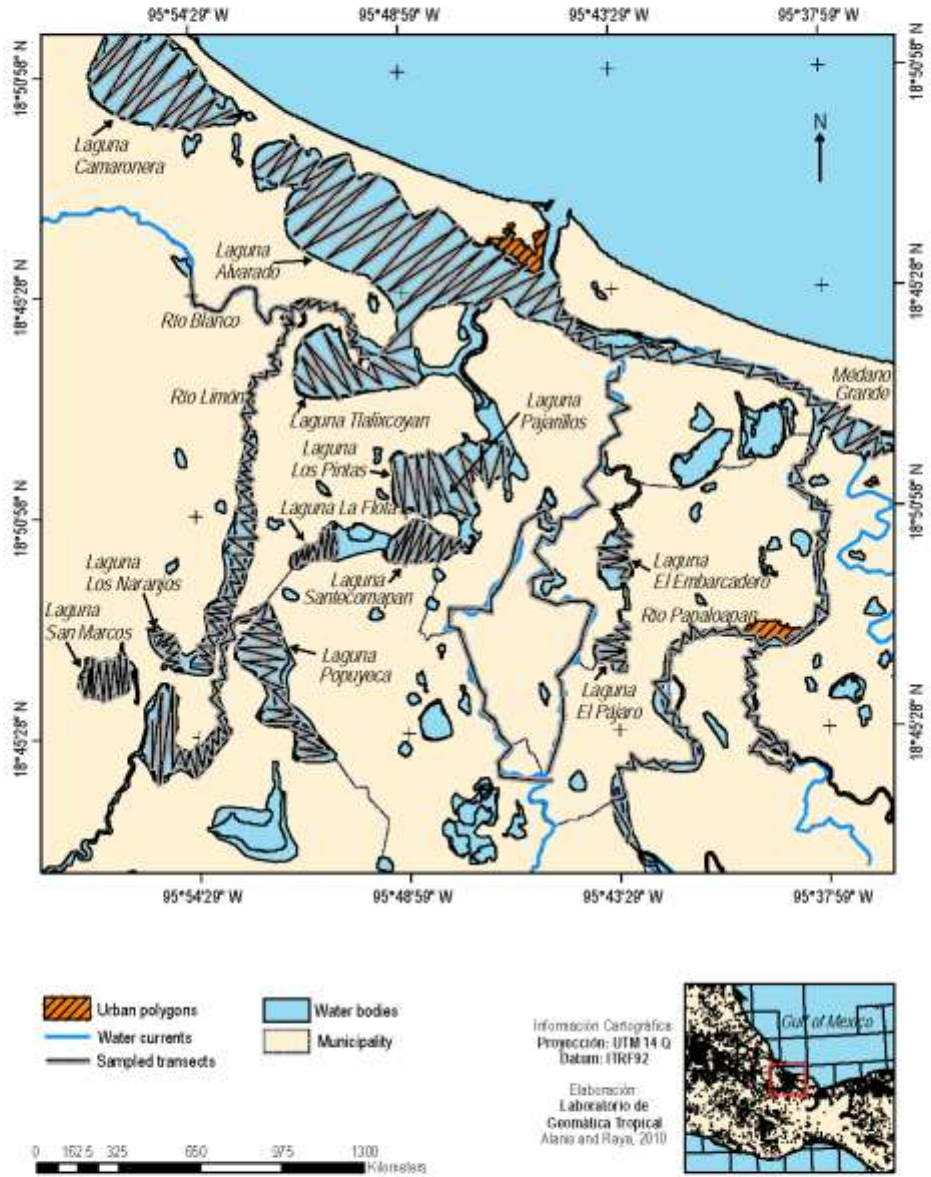


Figure 1. Map of the Alvarado Lagoon System (Veracruz, Mexico) showing the geographic location of the transects covered by boat and the names of rivers and lagoons.

Figura 1. Mapa del Sistema Lagunar de Alvarado (Veracruz, México) que muestra la localización geográfica de los transectos recorridos en lancha, así como los nombres de los ríos y las lagunas.

all of them (100%) with the hydrophone. One sighting was made in Camaronera Lagoon (7.7%, 1/13) with the side-scan sonar (fig. 2).

DISCUSSION

Our results confirm the presence of *T. manatus manatus* in ALS. This is the northernmost population within the Gulf of Mexico surveyed in recent years. A study carried out by Ortega-Argueta (2002), based on interviews with local residents, documented the presence of manatees in the following Veracruz/ALS bodies of water: Alvarado, Tlalixcoyan, Pajarillos, Las Pintas, Sontecomapan, El Calvario, Popuyeca, El Lodo, Corralillo, María Lizamba, Las Piedras, and La Miel lagoons; and Acula, Limón, Camarón, and San Agustín rivers. These reports coincide with our observations. Hence, sites such as Puente Nacional, Limón River, Tlalixcoyan Lagoon, and Alvarado Lagoon, among others, should be considered priority sites for any future conservation strategies for the species (fig. 1).

Three reconnaissance flights were made over ALS between 1998 and 1999 to determine the spatial distribution and abundance of manatees; however, the flights were unsuccessful because of the turbidity of the water, the behavior of the animals, and the extensive areas covered by water lilies in ALS (Ortega-Argueta 2002). The methodology used in this study allowed us to obtain accurate results with a low margin of error, without having to repeat the counts as with other capture-recapture methods. For developing countries or those with small economies, distance sampling is an effective way of studying this species (Vázquez-Castán 2010). In an environment where direct sightings are almost impossible, the use of indirect methods is indispensable to detect manatees. In this study, 38.47% of the sightings were obtained with the hydrophone and 7.70% with the side-scan sonar. The side-scan sonar has become an indispensable tool to detect manatees in environments similar to ALS (González-Socoloske *et al.* 2009).

The information available on the spatial distribution of *T. manatus manatus* in central Veracruz state is limited to indicating its presence in bodies of water associated with the Papaloapan River (Colmenero and Hoz 1986), and there are no precise records regarding its location or abundance estimates. This study reports the most recent systematic information and contributes data on manatee distribution in ALS, which is basic if we consider that one of the major challenges faced by this species in this area is to recolonize the sites of its historic distribution. The data reported here can be used to develop management and conservation strategies to protect this species that is seriously threatened by extinction in Veracruz state.

ACKNOWLEDGEMENTS

The second author acknowledges financial support from the National Council for Science and Technology

cual el 100% de registros fue mediante observación directa; y 30.76% (4/13) para la zona conocida como Médano Grande, donde inicia el río Papaloapan, del cual el 75% de registros fue mediante observación directa y el 25% fue con el hidrófono. El manatí se detectó con menor frecuencia en la laguna de Tlalixcoyan (15.38%, 2/13), de Alvarado (7.7%, 1/13) y Culebrilla (7.7%, 1/13); el 100% de los registros se realizó con el hidrófono. También se registró un avistamiento en la laguna Camaronera (7.7%, 1/13) con una ecosonda (fig. 2).

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio confirman la presencia de *T. manatus manatus* en el SLA. Esta es la población remanente más norteña dentro del golfo de México investigada en los últimos años. Un estudio realizado por Ortega-Argueta (2002), basado en entrevistas a pobladores de la zona, documentó la presencia de manatíes en los siguientes cuerpos de agua: las lagunas de Alvarado y Tlalixcoyan, las lagunas centrales (Pajarillos, Las Pintas, Sontecomapan) y el río Acula; así como el río Limón, Camarón (y las lagunas El Calvario, Popuyeca, El Lodo, Corralillo, María Lizamba, Las Piedras y La Miel) y el río San Agustín. Estos reportes coinciden con nuestras observaciones, de manera que los sitios Puente Nacional, río Limón, laguna de Tlalixcoyan, barra de Alvarado, entre otros, deben ser considerados como sitios prioritarios para cualquier estrategia de conservación de la especie en el futuro (fig. 1).

Entre 1998 y 1999 se hicieron tres recorridos aéreos en el SLA para determinar la distribución espacial y la abundancia de los manatíes; sin embargo, los vuelos no fueron exitosos, debido a la turbidez del agua, al comportamiento de los animales y a las extensas áreas cubiertas de lirio acuático en el SLA (Ortega-Argueta 2002). Con la metodología utilizada en este trabajo se obtienen resultados precisos con un margen de error bajo, sin tener como limitante el hecho de repetir el conteo de manatí como sucede con otros modelos de captura-recaptura. Para países con poco presupuesto económico o en vías de desarrollo, el muestreo a distancia es un buen método para la investigación de esta especie (Vázquez-Castán 2010). El uso de los métodos indirectos para detectar manatíes en un ambiente donde avistarlos visualmente es casi imposible resulta indispensable, ya que con el hidrófono se logró un 38.47% y con la ecosonda un 7.70% de reconocimientos. El uso de la ecosonda se ha hecho una herramienta indispensable para detectar manatíes en ambientes similares al SLA (González-Socoloske *et al.* 2009).

La información disponible sobre la distribución espacial de *T. manatus manatus* en el centro del estado de Veracruz se limita a indicar su presencia en los cuerpos de agua asociados con el río Papaloapan (Colmenero y Hoz 1986). Sin embargo, no existían registros precisos de su localización, así como tampoco estimaciones de la abundancia. Este estudio constituye la información sistemática más reciente disponible que aporta datos sobre la distribución del manatí dentro del SLA,

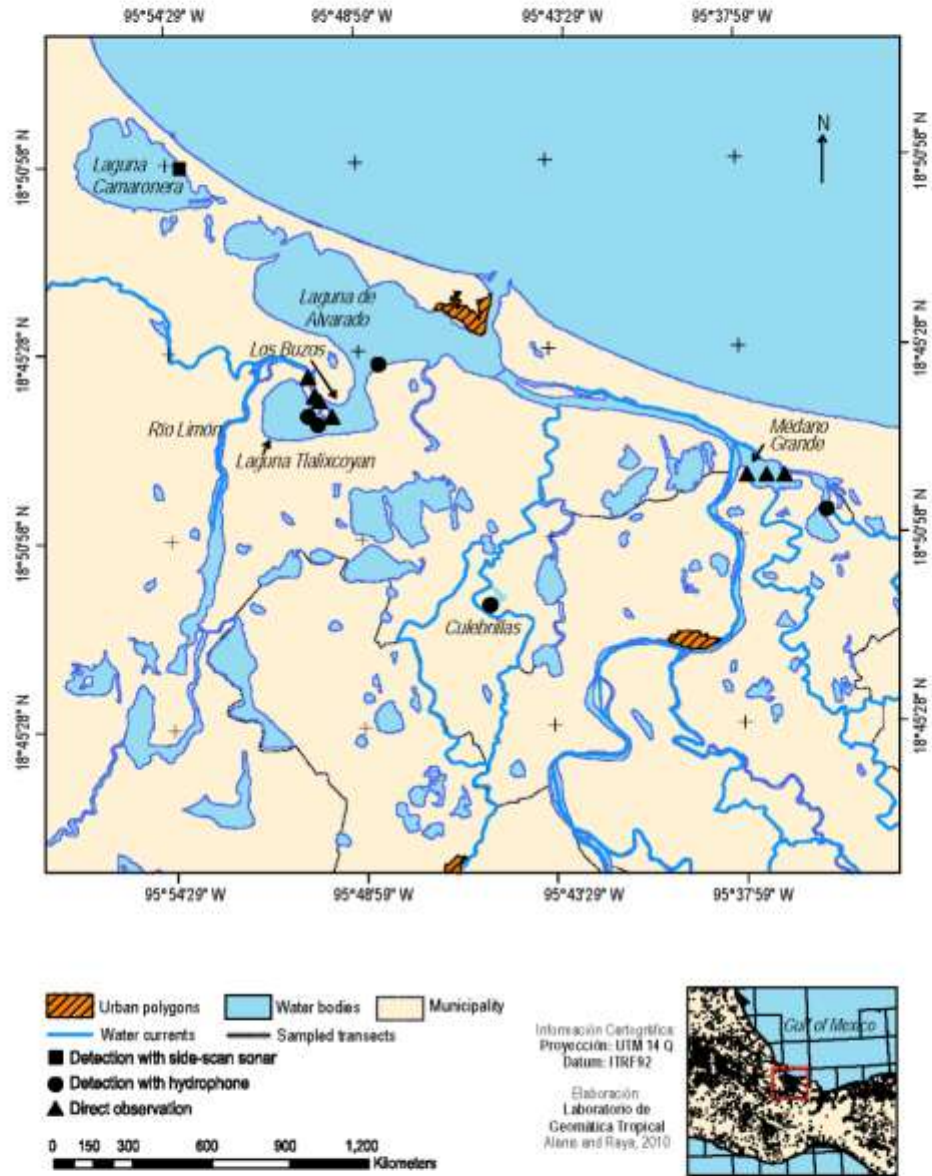


Figure 2. Map showing the geographical sightings of manatees in the Alvarado Lagoon System: triangles indicate direct observations, circles indicate hydrophone observations, and the square indicates the side-scan sonar observation.

Figura 2. Mapa que muestra los registros geográficos de los manatíes en el Sistema Lagunar de Alvarado: los triángulos muestran los registros visuales; los círculos, los registros detectados con el hidrófono; y el cuadro, el registro con la ecosonda.

(CONACYT, Mexico) and the Veracruz Council for Science and Technology (COVECYT) (project “Diagnóstico de poblaciones de manatí en el Sistema Lagunar de Alvarado”, No. 109067).

English translation by Christine Harris.

REFERENCES

- Buckland T, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL. 2008. Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, 434 pp.
- Colmenero LC, Hoz EA. 1986. Distribución de los manatíes, situación y su conservación en México. Anal. Inst. Biol. Univ. Nac. Aut. Mex. Ser. Zool. 56: 955–1020.
- Daniel RI, Serrano A, Sánchez-Rojas G. 2010. El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. Cuad. Biodivers. 33: 16–23.
- Deutsch CJ, Self-Sullivan C, Mignucci-Giannoni A. 2008. *Trichechus manatus*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. www.iucnredlist.org. Accessed 03 January 2011.
- Gallivan GJ, Best RC. 1980. Metabolism and respiration of the Amazonian Manatee (*Trichechus inunguis*). Physiol. Zool. 53: 245–253.
- González-Socoloske D, Olivera-Gómez LD, Ford RE. 2009. Detection of free-ranging West Indian manatees *Trichechus manatus* using side-scan sonar. Endang. Spec. Res. 8: 249–257.
- Lefebvre LW, Marmontel M, Reid JP, Rathbun GB, Domning DP. 2001. Status and biogeography of the West Indian manatee. In: Woods CA, FE Sergile FE (eds.), Biogeography of the West Indies: Patterns and Perspectives. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 425–474.
- Lluch D. 1965. Algunas notas sobre la biología del manatí. Anal. Inst. Nac. Invest. Biol. Pesq. Méx. 1: 405–419.
- Ortega-Argueta A. 2002. Evaluación del hábitat (*Trichechus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. MSc thesis, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, 80 pp.
- Ortega-Argueta A, Portilla-Ochoa E, Keith EO. 2003. Project: “Manatee recovery regional plan for wetlands of Alvarado Veracruz, Mexico”. Wildlife Trust Annual Technical Report. 35 pp.
- Portilla-Ochoa E. 2003. Ficha informativa de los humedales de Ramsar (IFR). Sistema Lagunar Alvarado. http://www.ramsar.org. Accessed on 3 March 2008.
- Resendez-Medina A. 1973. Estudio de los peces de la laguna de Alvarado, Veracruz, México. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. XXXIV: 183–276.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación, segunda sección.
- CONANP. 2010. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Manatí (*Trichechus manatus manatus*). Compiled by Ortega-Argueta A, Olivera-Gómez LD, Morales-Vela B, Colmenero-Rolón LC, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, DF, 69 pp.
- Serrano A, García-Jiménez JA, González-Gándara GC. 2007. Has the manatee (*Trichechus manatus*) disappeared from the northern coast of the state of Veracruz, Mexico? Lat. Am. J. Aquat. Mamm. (LAJAM) 6: 109–112.
- Thomas L, Laake JL, Strindberg S, Marques FFC, Buckland ST, Borchers DL, Anderson DR, Burnham KP, Hedley SL, Pollard JH, Bishop JRB, Marques TA. 2006. Distance 5.0. Release “2”. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK, http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/ Accessed 23 August 2011.
- Thomas L, Williams R, Sandilands D. 2007. Designing line transect surveys for complex survey regions. J. Cetacean Res. Manage. 9: 1–13.
- Tyack PL, Clark CW. 2000. Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. In: Popper AN, Fay RH, Au WWL (eds.), Hearing in Whales and Dolphins. Springer-Verlag, New York, pp. 156–224.
- Vázquez-Castán L. 2010. Distribución espacial y temporal de toninas (*Tursiops truncatus*) y su abundancia en el sistema arrecifal norveracruzano (SANV), Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan. Msc thesis, Universidad Veracruzana, Mexico, 116 pp.
- White GC, Garrott RA. 1990. Analysis of Wildlife Radio-tracking Data. Academic Press, New York, 383 pp.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología (COVECYT) el apoyo financiero otorgado a AS para la realización del proyecto “Diagnóstico de Poblaciones de Manatí en el Sistema Lagunar de Alvarado” (No. 109067).

Received September 2011,

received in revised form January 2012,

accepted March 2012.

CAPITULO III

“Is the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) at the brink of extinction in the state of Veracruz Mexico?”

Is the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) at the brink of extinction in the state of Veracruz, Mexico?¹

Running Header: Manatee in Veracruz at the brink of extinction?

Iliana del Carmen Daniel-Rentería^{1,2} Arturo Serrano*¹, Tania Hernández¹, Gerardo Sánchez-Rojas² and Agustín Basañez-Muñoz³

¹ *Laboratorio de Mamíferos Marinos, Universidad Veracruzana, km. 7.5 Carretera Tuxpan-Tampico, C.P. 92850, Tuxpan, Veracruz, México. CP. 92850. Tel.: (783) 834 4350. Fax: (783) 834 8979*

² *Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km. 4.5 Carretera Pachuca – Tulancingo. Pachuca, Hidalgo, C.P. 42184, México. Tel.: (771) 717 2000 (Ext. 6663). Fax: (771) 717 2112.*

³ *Laboratorio de Conservación y Preservación de Ecosistemas, Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan-Tampico km 7.5, Colonia Universitaria, C.P.92850, Tuxpan, Veracruz. México. Tel.: (783) 834 4350. Fax: (783) 834 8979*

*Correspondent: arserrano@uv.mx

¹ Manuscrito pendiente de enviar

Abstract

The manatee (*Trichechus manatus*) is distributed from the Florida peninsula in USA to the center of Brazil along the Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. Today's species distribution is more fragmented than in the past, and in general, manatee populations are less abundant than in the last century. Since July 1975, the manatee is considered threatened with extinction by CITES; since 1982 it is considered as a vulnerable by the IUCN; and it is considered as threatened with extinction by SEMARNAT (2001). In Mexico, there is not precise information about the size of manatee populations. Hence, the objective of this study was to estimate the density and abundance of manatees in the Alvarado Lagoon System (ALS), Veracruz. The distance sampling technique was used to estimate the manatee density and the abundance. Systematic line transects were carried out, totalizing 275 line transects. Line transects covered 90% of the ALS. The manatee density was 0.23 animals/km² (C.V. 34.48%) and the abundance was 121 manatees (C.V. 34.48%) in the entire ALS. This is the first estimate for this lagoon system. The extremely low number of organisms makes urgent the implementation of effective conservation measures for the species or they will become extinct in the state of Veracruz.

Key words: abundance, Alvarado Lagoon System, density, Distance Sampling, conservation, Gulf of Mexico, population, manatee, *Trichechus manatus manatus*.

Introduction

The manatee (*Trichechus manatus*) is distributed from the Florida peninsula in the USA to the center of Brazil along the Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico (Lefebvre *et al.*, 2001). The water temperature has been one of the key factors determining the species distribution limits, being restricted to the region between the 24° C north and south isotherms (Whitehead, 1977). Today's manatee distribution is very fragmented, and the species is far less abundant than in the past century. Mainly, the population has declined due to uncontrolled hunting, and habitat lost (Powell, 1996). Due to this negative tendency of the species, it is considered as vulnerable by the IUCN (2008), and threatened with extinction by CITES (2008). In Mexico, manatees are considered as threatened with extinction by the Ministry of Environment and Natural Resources (SEMARNAT, 2010). In Mexico, all marine mammal species are classified as vulnerable by SEMARNAT (2010) with the exception of two: the vaquita (*Phocoena sinus*) and the manatee, which are considered threatened with extinction (SEMARNAT, 2010). On one hand, the vaquita has captured the national and global attention because of its precarious situation, which is why a lot of financial resources (from both national and international organizations) have been devoted to rescue this species. On the other hand, the rescue of the manatee has been virtually ignored in Mexico even though it is seriously threatened with extinction.

In Mexico there is not an estimation of the manatee population size for the entire country, but there are a few studies for local populations. In the state of Quintana Roo there has been an approximately estimated 250 manatees (Colmenero y Zárata, 1990; Morales-Vela *et al.*, 2000). The other states with populations of manatees have no precise data on the abundance of this organism. The manatee has been reported along the entire coast of the state of Veracruz (Colmenero y Hoz, 1986), however, recent studies proved

that the species has disappeared from the north of the state (Serrano *et al.*, 2007). It has been suggested that the Alvarado Lagoon System (ALS) is the site where the biggest and best preserved manatee population can be found in Veracruz (Ortega-Argueta *et al.*, 2003).

In a world where at an unprecedented rate, human activities alter the distribution range of species, increasing the possibility of extinction of species from a local to a global scale (Lavergne *et al.*, 2010). It is very important to identify populations that are at the limit of the species distribution because it depends on them that they increase the likelihood of persistence of populations, as these populations are the ones that can provide individuals in the process of recolonization of the environments where populations have disappeared (Holt and Keitt 2005., Fortin *et al.*, 2005). Thus, the purpose of this study was to estimate the density and abundance of manatees in the ALS, Veracruz, in order to obtain baseline data that allows for comparisons in the future.

Materials and Methods

Study Area. - The ALS is located at the center of the Veracruz state, between the parallels 18° 53' N, 95° 34' W and 18° 25' N, 96° 08' W (Figure 1). ALS is a floodplain composed of coastal lagoons, over 100 inland lakes, and several rivers. This lagoon system has an

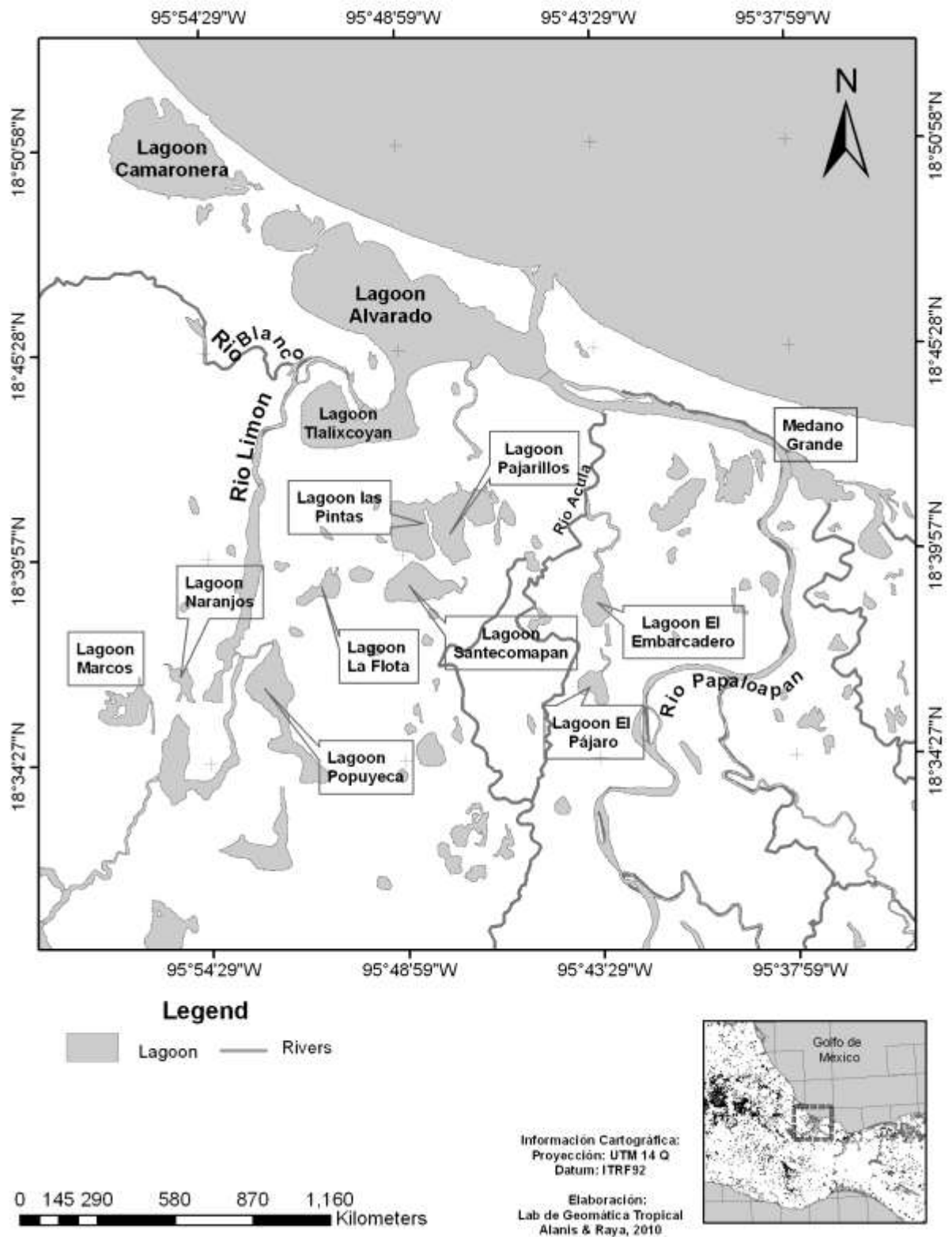


Figure 1. Geographic location of the study area.

extension of 51,960.52 ha. It is inhabited by 45 phytoplankton genera, nine zooplankton species, 38 mollusk species, 26 crustacean families, 44 fish species, more than five amphibian species, 24 reptile species, 346 bird species (Cruz 1999), and more than 15 mammalian species (Montejo-Díaz, 2003).

Data Collection. - To estimate the density and the abundance of manatees Distance Sampling methodology was employed (Buckland *et al.*, 2001). Systematic line transects were carried out covering the entire study area. The transects design was done using the methodology proposed by Thomas *et al.* (2007) and Buckland *et al.* (2008) for complex systems using the software Distance (Thomas *et al.*, 2006). The program was asked to design an equal spaced zigzag line transects over the entire study area. Transects were carried out biweekly using a boat 7 m in length, 2 m bow, and one 115 HP outboard engine. The surveys were carried out at 15 km/hr and the following data were taken: date, time, sighting time, general climate conditions, and general comments.

During manatee sightings the number of animals sighted was written, animals' movement with regard to the boat, the distance to the boat and the angle (relative to the boat) in which they were sighted. The distance and angle to the boat were taken with a range finder Bushnell model Scout 1000 ARC Laser (range: 4.5 m to 914 m). Since the ALS waters are extremely murky, a side-scan sonar, and a hydrophone array were used to detect free-ranging manatees. The side sonar was a Hummingbird model 734c², and was used as recommended by Gonzalez-Socoloske *et al.*, (2009). The side-scan sonar gave us the distance and angle of the manatee from the boat. The hydrophone array were two hydrophones Cetacean Research Technology model C54XRS (frequency response 1

Hz to 200 kHz), an interface model M-Audio Fast Track PRO (24-bit/96kHz), and a laptop. Using the difference of time of arrival of the manatee sounds we were able to have an approximate of the distance and angle of the manatee with respect to the boat. The side-scan sonar and the hydrophones were used to be certain that the detection function at distance equal to zero was equal to one (Buckland *et al.*, 2001).

Distance sampling methodology was used to estimate manatee density and abundance in the ALS (Buckland *et al.*, 2001). To carry out the density and abundance calculations the *Distance Software*, Version 5, Release 2 was used (Thomas *et al.*, 2006). The *Halfnormal-Cosine* model was used for the data analyses because it was the one that adjusted to the data best.

Results

The total search effort was 332.36 hrs, with an average of 7.38 hrs per day. A total of 1,027.63 km were surveyed covering 94% of the ALS (Figure 2). From October 2008 to January 2011, 13 manatees were detected in the ALS. These animals were detected in the “Tlalixcoyan” lagoon (four animals, 31%), “Medano Grande” lagoon (four animals, 31%), “Limón” river (two animals, 15%), “Culebrilla” lagoon (one animal, 8%), “Cameronera” lagoon (one animal, 8%), and “Alvarado” lagoon (one animal, 8%) (Figure 3).

A relative abundance of 0.39 animals/km² was estimated for the entire ALS when we pooled all sources of data. Since the ALS waters are extremely murky, a side-scan sonar and hydrophones were used in order to detect manatees. The efficiency of each

manatee detection tool was estimated: 0.021 animals/km² by direct sightings, 0.015 animals/km² using the hydrophones system, and 0.003 animals/km² using the side-scan sonar.

The relative abundance per season was calculated as well. For this analysis no distinctions between detections methods were done. The season with more manatees was the raining season (July – October) with 0.05 animals/, km² followed by the dry season. (February – June) with 0.028 animals/h, and the season with less animals was the Cold front season (November – February) with 0.022 animals/ km².

Similarly, the relative abundance by year was estimated. The year with more manatees was 2008 with 0.022 animals/km² followed by 2010 with 0.017 animals/h, and the year with fewer animals was 2009 with 0.0042 animals/km².

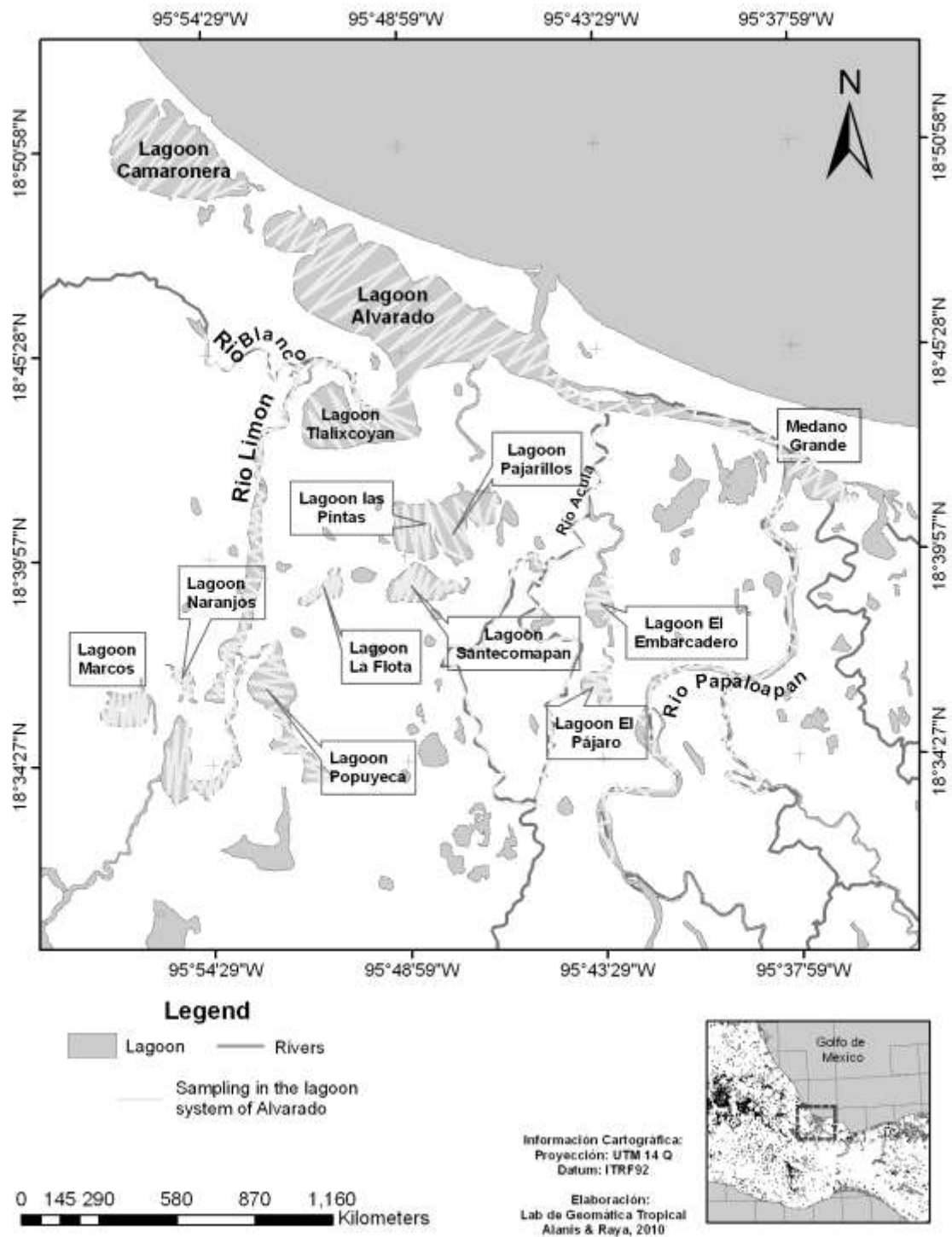


Figure 2. Geographic location of the line transects carried out in the ALS, achieving a 94% coverage of the site.

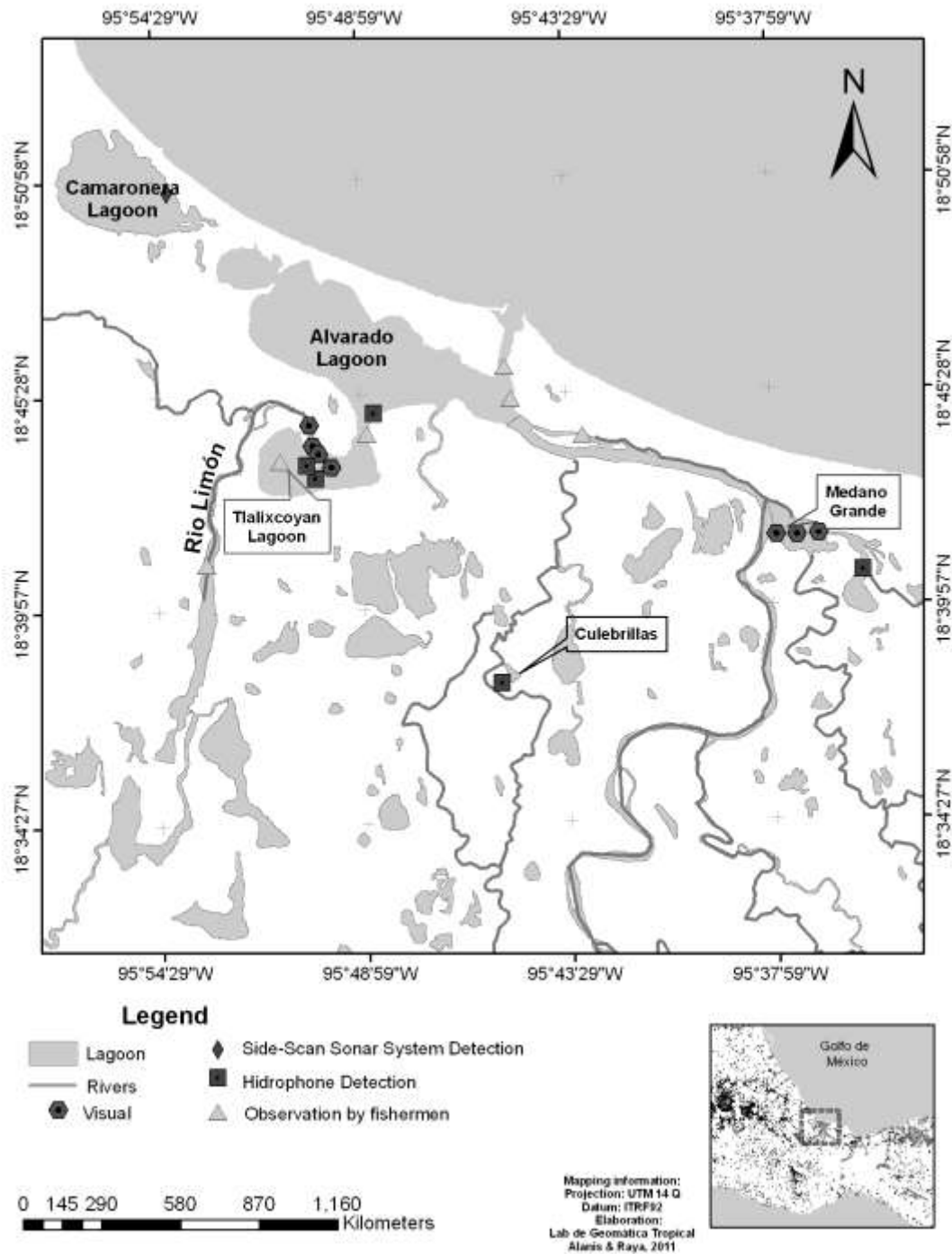


Figure 3. Map showing where the manatees were detected and with what tool were detected (direct sighting; side-scan sonar; and hydrophones). Also, the map shows where the local fishermen have seen manatees.

The total manatee abundance for the ALS was 121 individuals (C.V. 34.48%) with a density of 0.23 animals/ km² (C.V. 34.48%) (Table 1).

Table 1. Manatee density and abundance estimation summary; Halfnormal-Cosine model was used.

Description	Estimate	% C.V.	d.f.	95 %	Confidence interval
Density	0.232	34.48	82.27	0.119	0.453
Abundance	121.00	34.48	82.27	62.00	235.00

Note: % C.V.= Percentage of Coefficient of Variation; d.f.= degrees of freedom

Discussion

In the United States there has been a reported manatee population size of approximately 3,300 individuals (USFWS, 2007). In Mexico there is no manatee population estimation, however, there are some studies that give us an idea of the number of organisms left in the country. For example, in the state of Quintana Roo there has been an estimated population of 250 manatees (Colmenero y Zárate 1990; Morales-Vela *et al.*, 2000). For the rest of the country there are not precise manatee abundance data. For the northern region of the state of Veracruz, manatees have been reported as extinct (Serrano *et al.*, 2007). Ortega-Argueta *et al.* (2003) suggested that the ALS is the area where the biggest manatee population is located in Veracruz State, and they also suggest that is the best preserved population in the state. However, these authors do not present an abundance estimation of the manatee population. The manatee population in this study was estimated for the ALS as 121 (C.V. 34.48%). Therefore, this is the first study in Mexico about

manatee population abundance in the Gulf of Mexico, and most importantly, it provides a margin of error. Also, this data we serve as baseline information for future studies on manatee abundance.

Aerial surveys are the most commonly method used to study manatee distribution in large areas. This type of studies have been done in Florida (Reynolds y Wilcox, 1986), Venezuela, (O'Shea *et al.*, 1988), Panamá (Mou See *et al.*, 1990), Nicaragua (Carr, 1994), and México in the state of Quinta Roo (Morales-Vela y Olivera-Gómez, 1997). Abundance estimation using aerial surveys has some limitations, such as the proportion of manatees that are present but are not counted during the survey, and high vegetation that makes difficult the manatee counts. Furthermore, this methodology does not work in places with murky waters such the ALS. ALS has extremely murky waters, thus, different tools were employed to locate the manatees and to gather precise data about their location and numbers.

Is the Antillean manatee at the brink of extinction in the state of Veracruz, Mexico? Yes it is. Considering the reduced number of manatees surviving in the ALS and that the manatee populations at the north of the state have disappeared, the implementation of effective conservation measures is urgent so that the species will not become extinct. The situation is very difficult as national and international organizations are not giving importance to the vanishing of the manatee in the state of Veracruz. For example, the vaquita has captured the national and global attention because of its precarious situation, which is why a lot of financial resources have been devoted to rescue this species. However, the rescue of the manatee has been virtually ignored in Mexico even though it is

seriously threatened with extinction. Future research should focus on evaluate the manatee health status in the ALS.

Acknowledgments

Funding was provided by the National Council of Science and Technology (CONACYT) and by the Veracruz Council of Science and Technology (COVECYT), project number 109067 through a grant to A. Serrano. Valuable comments on earlier versions of the manuscript were made by Daryl Shear.

Resumen

El manatí (*Trichechus manatus*) se distribuye desde la península de Florida en EUA hasta el centro de Brasil a lo largo del océano Atlántico, el mar Caribe y el Golfo de México. La distribución actual de la especie está mucho más fragmentada que en tiempos históricos y en general es menos abundante que hace uno o dos siglos. A partir de julio de 1975, el manatí fue considerado como una especie en peligro de extinción CITES y desde el año de 1982, como especie vulnerable por la UICN y está considerado como una especie en peligro de extinción por la NOM-059 SEMARNAT. En México no se cuenta con información precisa sobre el tamaño de las poblaciones de manatí. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue estimar la densidad y abundancia de estos organismos en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA), Veracruz, México. Se utilizó la técnica de muestreo a distancia para estimar la densidad y abundancia de los manatíes. Los muestreos se realizaron por medio de transectos lineales sistemáticos, totalizando 275 transectos que abarcaron el 94% del SLA. La densidad de manatíes fue de 0.23 manatíes/ km² (C.V. 34.48%) y su abundancia es de 121 manatíes (C.V. 34.48%) en todo el SLA. Esta es la

primera estimación de manatíes para el SLA. El reducido número de manatíes hace urgente la implementación de medidas de conservación eficaces para que la especie no se extinga en el estado.

Literature Cited

- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham y J.L. Laake. 2001. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. and Laake, J.L. 2008. Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, USA.
- Carr, T. 1994. The manatee and dolphins of the Miskito coast protected area, Nicaragua. Report of the Caribbean Conservation Corporation. Marine Mammal Commission, Washington, D.C. 19 pp. MMC Contract T94070376.
- CITES, 2008. Convention on international Trade in Endangered species of wild fauna and flora. Appendices I, II, III. 47 pp. www.cites.org. Accessed 25 May 2011.
- Colmenero, L. C. y M. E. Hoz 1986. Distribución de los manatíes, situación y su conservación en México. Acta Zoologica Mexicana. 56: 955-1020.
- Colmenero, R. L. C. y Zárate, E. B. 1990. Distribution, status and conservation of West Indian manatee in Q. Roo, México. Biological Conservation. 52: 27-35
- Cruz, C. O. G. 1999. Aves del Humedal de Alvarado, Veracruz: Características de la comunidad, importancia y conservación. B.Sc. dissertation, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Fortin, M.J., Keitt, T. H., Maurer, B. A. Taper, M. L. Kaufman D M and Blackburn T. M. 2005. Species' geographic ranges and distributional limits: pattern analysis and statistical issues. Oikos. 108: 7-17
- Gonzalez-Socoloske, D., Olivera-Gomez, L.D., and Ford, R.E. 2009. Detection of free-ranging West Indian manatees *Trichechus manatus* using side-scan sonar. Endangered Species Research. 8: 249 – 257.
- Holt R.D. and Keitt T.H 2005 Species' borders: a unifying theme in ecology Oikos 108: 3 -6.
- IUCN. 2008. International Union for conservation of Nature and Natural Resources. The UICN Red list of Threatened species. www.uicnredlist.org. Accessed 13 May 2011.

- Lavergne, S., Mouquet, N., Thuiller, W. and Ronce, O. 2011 Biodiversity and Climate Change: Integrating Evolutionary and Ecological Responses of Species and Communities. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 41:321–50.
- Lefebvre, L., Marmontel, M., Reid, J.P., Rathbun, G.B., Domning, D.P., 2001. Status and biogeography of the West Indian manatee. Pp. 425–474 in *Biogeography of the West Indies, Patterns and perspectives* (Woods, Ch.A., Sergio, F.E., eds.). 2nd ed. CRC, Boca Raton, FL,
- Montejo-Díaz, J. E. 2003. Un programa de estudio de poblaciones de aves y sus relaciones con el hábitat, conectado con el manejo del humedal y tierras de uso agrícola, así como programas de educación ambiental en el humedal de la Laguna de Alvarado. En *Establecimiento de unidades de gestión ambiental en el humedal de Alvarado, Veracruz, México. Base para su ordenamiento ecológico y social* (Portilla-Ochoa ed.). Reporte académico semestral North American Wetlands Conservation Council (NAWCC). Área Biología de la Conservación. Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana.
- Morales-Vela, B., Olivera-Gómez, D., Reynolds III, J.E., and Rathbun, G. B. 2000. *Biological Conservation*. 95: 67-75.
- Morales-Vela, B. and Olivera-Gómez, D. 1997. Distribución del manatí (*Trichechus manatus*) en la costa norte y centro del estado de Quintana Roo, México. *Acta Zoologica Mexicana*. 68: 153 – 164.
- Mou Sue, L. L., D. H. Chen, R. K. Bonde, y T. J. O'Shea. 1990. Distribution y status of manatees (*Trichechus manatus*) in Panama. *Marine Mammal Science*. 6: 234 - 241.
- Ortega-Argueta, A.; Portilla-Ochoa, E. y Keith, E. O. 2003. Project: “Manatee recovery regional plan for wetlands of Alvarado Veracruz, México”. Wildlife Trust Annual Technical Report.
- O'Shea, T.J., Correa-Viana, M., Ludlow, M. and Robinson, J.G. 1988. Distribution, status and traditional significance of the West Indian manatee *Trichechus manatus* in Venezuela. *Biological Conservation*. 46: 281 – 301.
- Powell, J. A. 1996. The distribution and biology of the West African manatee (*Trichechus senegalensis* Link, 1795). United Nations Environmental Program, Regional Seas Program, Ocean and Coastal Areas. Nairobi, Kenya.
- Reynolds III, J.E. and Wilcox, J.R. 1986. Distribution and abundance of the West Indian manatee *Trichechus manatus* around selected Florida power plants

following winter cold fronts: 1984–1985. *Biological Conservation*. 38: 103 - 113.

SEMARNAT, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059.SEMARNAT-2010 Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial, Segunda Sección.

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

Thomas, L., Laake, J.L., Strindberg, S., Marques, F.F.C., Buckland, S.T., Borchers, D.L., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Hedley, S.L., Pollard, J.H., Bishop, J.R.B. and Marques, T.A. 2006. Distance 5.0. Release “2”. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>

Thomas, L., Williams, R. & Sandilands, D. 2007. Designing line transect surveys for complex survey regions. *Journal of Cetacean Research and Management*. 9:1—13

USFWS. U.S. Fish and Wildlife Service. 2007. West Indian Manatee (*Trichechus manatus*) 5-Year Review: Summary and Evaluation. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeast Region.

Whitehead, P. J. P. 1977. The former southern distribution of New World manatees (*Trichechus* spp.). *Biological Journal of the Linnean Society*. 9: 165 - 189.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

El manatí es una especie que tiene todas las características deseables que presentan las especies consideradas como “sombrija”, estos animales tienen generalmente ámbitos hogareños extensos que permiten que al proteger los hábitats esenciales para sus poblaciones, se pueden proteger a la vez hábitats para muchas otras especies (Hunter, 1996). Debido a la condición del manatí de especie carismática en la zona, al protegerlo se puede conseguir que se incremente la diversidad de actividades productivas, por ejemplo aquellas relacionadas con el turismo de una manera bien proyectada y dirigida, la cual a la larga traerá importantes ingresos de renta y otros beneficios para la región (Daniel-Rentería *et al.*, 2010). Lo que beneficiará la conservación del manatí y de las especies asociadas.

Es importante recalcar el gran valor que tiene el Sistema Lagunar de Alvarado para preservar y conservar la biodiversidad, así como el binomio manatí-Sistema Lagunar, los recursos básicos que determinan la sobrevivencia del manatí y que pueden ser indicativos de la calidad de un hábitat, son la disponibilidad de áreas con abundante vegetación acuática, aguas cálidas con una temperatura no menor de 17°C y fuentes de agua dulce, áreas someras y protegidas de fuertes corrientes y oleaje, áreas de resguardo para el cuidado de crías y áreas exentas de la actividad humana excesiva (ejemplo: tráfico de lanchas intenso) (Husar, 1978; Hartman, 1979; Reynolds y Odell, 1991; Lefebvre *et al.*, 2001), características presentes en el Sistema Lagunar de Alvarado. La recuperación del manatí depende de conservar los hábitats, de incorporar un programa de educación y el cumplimiento de las leyes, así como de eliminar las amenazas que ponen en riesgo la sobrevivencia de la especie.

Nuestros resultados son los primeros publicados desde hace 26 años, Colmenero y Hoz (1986) mencionan que debido al impacto negativo de las actividades humanas se pensó que los manatíes habían sido erradicados de la laguna de Alvarado, quedando restringidos a los cuerpos de agua interiores como el río Chino y laguna La Miel. Nuestros datos nos permiten asegurar que hay una población que se distribuye en la zona lagunar, principalmente en la Laguna Camaronera, Médano Grande, Culebrillas y la Laguna de Tlalixcoyan sitios en donde se han encontrado la presencia del manatí (Daniel-Rentería *et al.*, 2012). Es importante en el futuro que este tipo de estudios se amplíen a la zona del Río Papaloapan para buscar a la especie río arriba y ubicar a nuevos posibles individuos que aumenten la posibilidad de la supervivencia del manatí y responder a preguntas tales como: ¿es posible que se conecten las poblaciones? o ¿es posible pensar que estos individuos tienen la diversidad genética necesaria para mantener la población?

Entre 1998 y 1999 se hicieron tres recorridos aéreos en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA) para determinar la distribución espacial y la abundancia de los manatíes, sin embargo, los vuelos no fueron exitosos, debido a la turbidez del agua, al comportamiento críptico de los animales, así como a las extensas áreas cubiertas de lirio acuático (Ortega-Argueta, 2002). Con la metodología utilizada en esta investigación se obtuvieron resultados precisos, estimando una abundancia de 121 organismos para todo el Sistema Lagunar de Alvarado. Para países con poco presupuesto económico o en vías de desarrollo el muestreo a distancia es un buen método para la investigación de esta especie (Vázquez-Castán, 2010). Este estudio empleó diferentes técnicas para ubicar a los manatíes, los cuales fueron la ecosonda, el hidrófono y la observación directa. El empleo de estas técnicas nos permitió localizar a los organismos y nos proporcionó datos

precisos de su presencia. El uso de la ecosonda se ha hecho una herramienta indispensable para detectar manatíes en ambientes similares al SLA (*González-Socoloske et al.*, 2009).

A la fecha, es difícil asegurar que el número de manatíes ha aumentado o disminuido, ya que se sabía de la presencia de manatí en el Sistema Lagunar de Alvarado, pero no se contaba con una estimación de la población residente, limitándose a indicar su presencia en los cuerpos de agua asociados al río Papaloapan (Colmenero y Hoz 1986). Sin embargo, es preocupante el bajo número de manatíes reportados en nuestro estudio. En esta investigación se registró una densidad de 0.23 manatíes por km² y una abundancia de 121 organismos para todo el Sistema Lagunar de Alvarado (capítulo III). Estos datos sin embargo son los únicos disponibles para realizar comparaciones con otros trabajos en el futuro, con lo cual se podrá estimar la densidad y la abundancia de la especie, así como las consecuencias de la perturbación de su hábitat y los resultados de las medidas de conservación que se tomen. Durante el tiempo en que se realizó el trabajo no se detectaron problemas relativos a la biología poblacional de la especie, como presencia de mortalidad en manatíes provocada por depredadores o enfermedad. En este estudio no se determinó el sexo ni la edad de los animales observados, sin embargo, en agosto de 2011, se encontró una cría recién nacida de manatí (*Blanca Cortina-Julio, com. per.*) lo que refleja la presencia de hembras en edad reproductiva, con lo cual se presupone que el sistema puede mantener el proceso de gestación y de lactancia.

Aunque en este trabajo no se aborda la educación ambiental como una de las herramientas básicas que ayude a la conservación de la especies, existen desde hace algunos años trabajos de educación ambiental para contribuir a la conservación de la

especie y del Sitio Ramsar, beneficiando una gran cantidad de especies animales y vegetales presentes en el Sistema Lagunar (Ortega-Argueta, 2002). Por lo que resultará en el futuro muy importante continuar y ampliar campañas de educación ambiental en toda la región, no sólo en SLA, contando con información reciente de la zona.

Además es fundamental desarrollar un programa de monitoreo para analizar la evolución, los logros y deficiencias de las investigaciones realizadas en todo el sistema. Por lo que es necesario contar con un plan de conservación sólido que permita disminuir las amenazas que acechan a la población de manatíes así como la nutria, una gran cantidad de aves registradas y un sin número de especies asociadas con el manatí dentro del Sistema Lagunar de Alvarado.

Referencias bibliográficas.

- Colmenero, R.L.C. y Hoz, M.E.1986. Distribución de los manatíes, situación y su conservación en México. *Acta Zoológica Mexicana*, 56: 955-1020.
- Daniel-Rentería, I.C., Serrano, A. y Sánchez-Rojas, G. 2010. El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. *Cuadernos de Biodiversidad*, 33: 16-23.
- Daniel-Rentería, I.C., Serrano, A. y Sánchez-Rojas, G. 2012. Distribución del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado (Veracruz, México). *Ciencias Marinas*, 38:259-465.
- González-Socoloske, D., Olivera-Gómez, L.D. y Ford, R.E. 2009. Detection of free-ranging West Indian manatees *Trichechus manatus manatus* using side-scan sonar. *Endanger Species Res*, 8:249-257.

- Hartman, D.S. 1979. Ecology and Behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. Special Publication of The American Society of Mammalogist, 5:1-153.
- Hunter, M. L. 1996. Fundamentals of Conservation Biology. Blackwell Science. New York, 482 p.
- Husar, L. S. 1978. *Trichechus manatus*. Mammalian Species, 93:1-5.
- Lefebvre, L. W., Marmontel, M., Reid, M.J., Rathbun, G.B. y Domning, D.P. 2001. Status and Biogeography of the West Indian Manatee. 425-474. En: *Biogeography of the West Indies: Patterns and Perspectives*. C. A. Woods y F. E. Sergile (edits) CRC press Boca Raton Fl.
- Ortega-Argueta, A. 2002. Evaluación del hábitat (*Trichechus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. Tesis de maestría, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver, 80p.
- Reynolds, J.E. y Odell, D.K. 1991. Manatees and Dugongs. Editorial Fact on file. N.Y., E.U.A., 192 p.
- Vázquez-Castán, L. 2010. Distribución espacial y temporal de toninas (*Tursiops truncatus*) y su abundancia en el Sistema Arrecifal Norveracruzano (SANV). Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, México, 116 p.