



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^{1*}, 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: arserrano@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-Argueta *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 and 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 and 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 and 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-Argueta *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

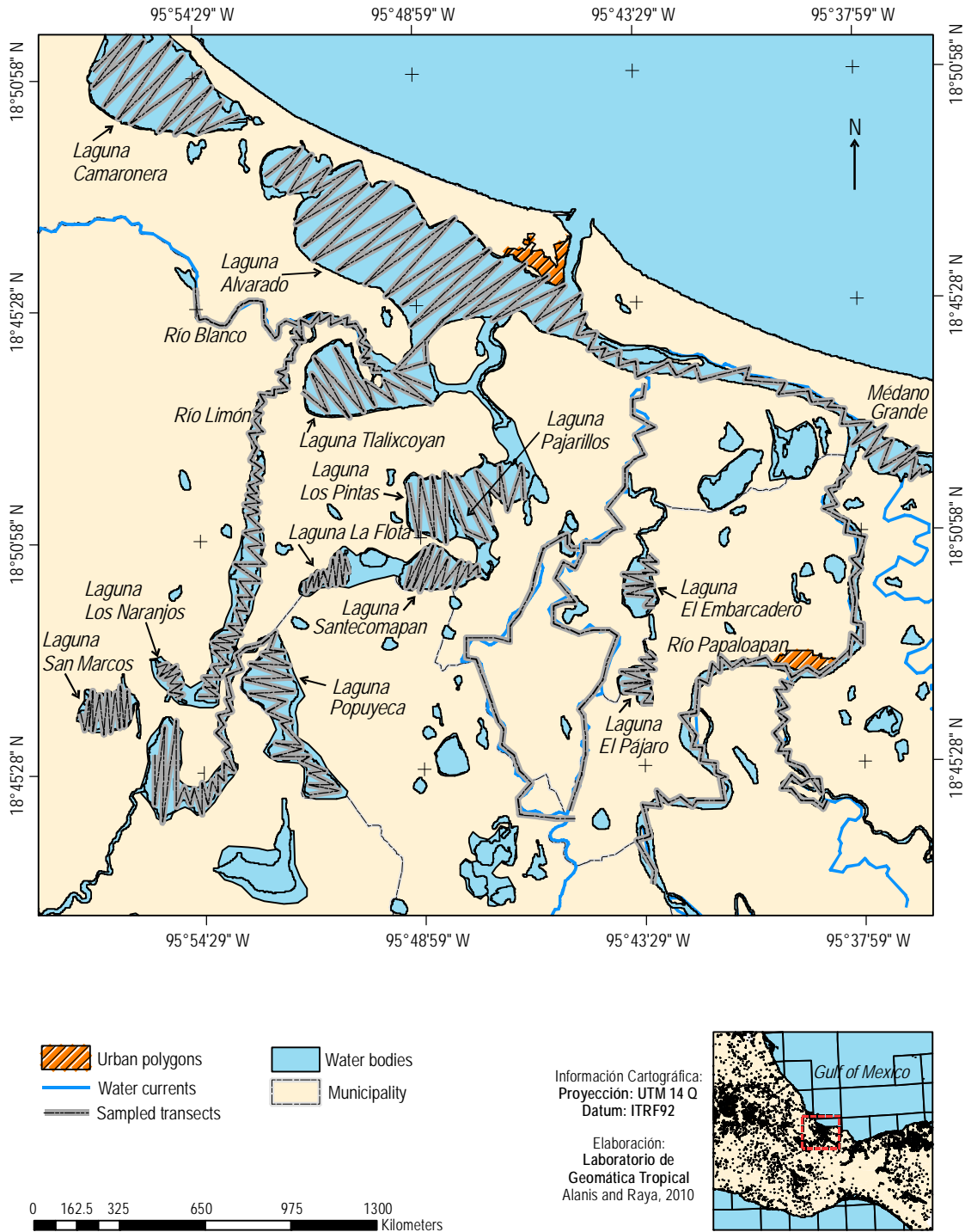


Figure 1. Map of the Alvarado Lagoon System (Veracruz, Mexico) showing the geographic location of the transects covered by boat and the names of rivers and lagoons.

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,

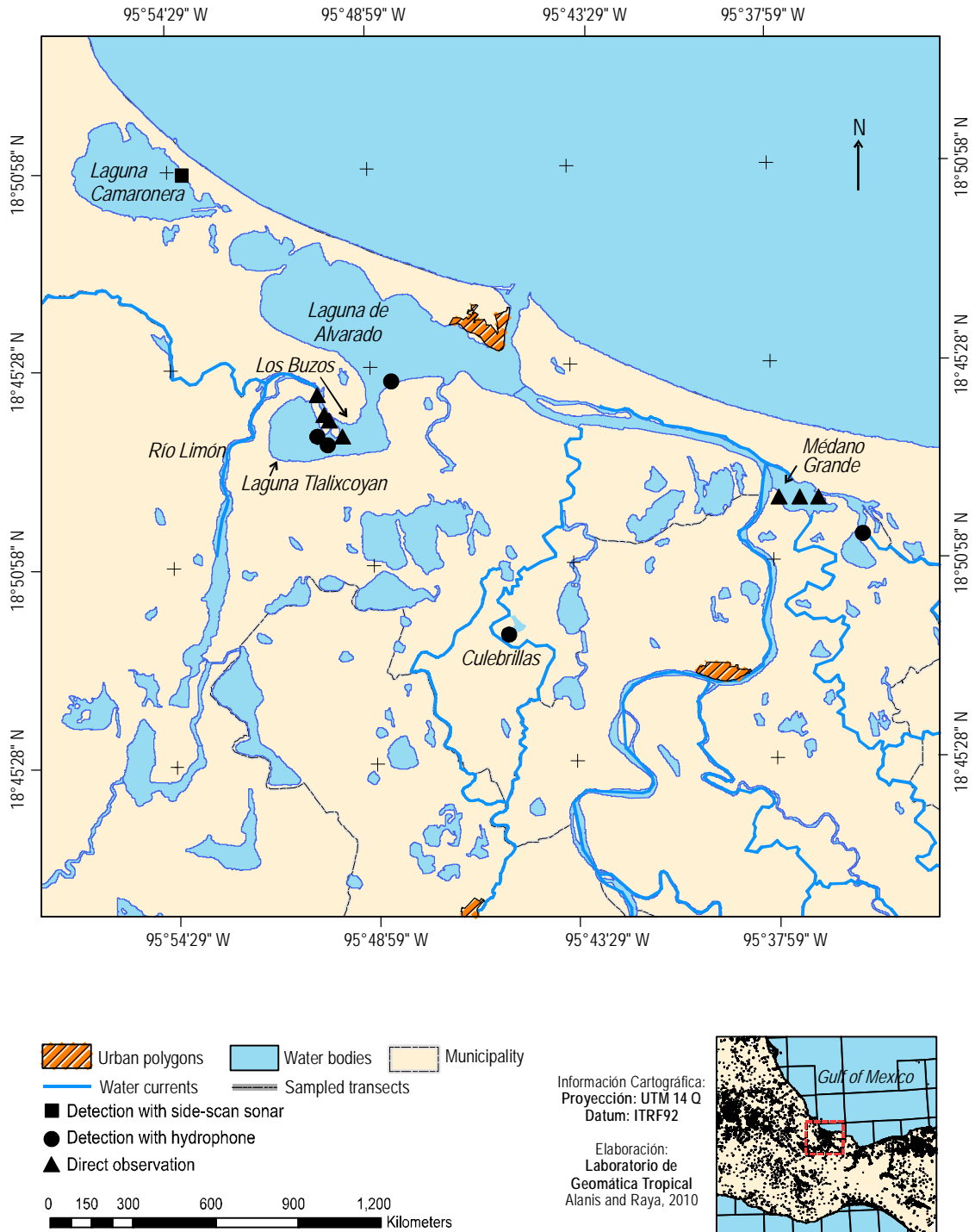


Figure 2. Map showing the geographical sightings of manatees in the Alvarado Lagoon System: triangles indicate direct observations, circles indicate hydrophone observations, and the square indicates the side-scan sonar observation.

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 cuadrado, 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).

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.

*Received September 2011,
received in revised form January 2012,
accepted March 2012.*