



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Campus Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**“Repertorio vocal del manatí antillano
(*Trichechus manatus manatus*) en
el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA), Veracruz”.**

TESIS

Que para obtener el título de:

**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y
COSTEROS**

P R E S E N T A:

Biol. Yessika Nayeli Hernández Baruch

D I R E C T O R:

Dr. Arturo Serrano Solís

A S E S O R:

M.A. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz



Universidad Veracruzana

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz

2010

La presente Tesis titulada: **Repertorio vocal del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA), Veracruz**, realizada por la C. Biol. Yessika Nayeli Hernández Baruch, bajo la dirección y asesoría del consejo particular del Dr. Arturo Serrano Solís y M.A. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz, ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

CONSEJO PARTICULAR:

Dr. Arturo Serrano Solís
Director

M.A. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz
Asesor

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, Noviembre 2010

La presente Tesis titulada: **Repertorio vocal del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA), Veracruz**, realizada por la C. Biol. Yessika Nayeli Hernández Baruch, ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMISIÓN LECTORA:

Dr. Rodrigo Cuervo González
Lector

M.A. Iliana del Carmen Daniel Rentería
Lector

Dra. Maritza López Herrera
Lector

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, Noviembre 2010



*Detrás de cada línea de llegada, hay una de partida
Detrás de cada logro, hay otro desafío.
Si extrañas lo que hacías, vuelve a hacerlo.
Sigue aunque todos esperen que abandones.
No dejes que se oxide el hierro que hay en ti.*

Madre Teresa de Calcuta

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología (COVECYT) por el apoyo financiero a través del Proyecto No. 109067 “Diagnostico de Poblaciones de Manatí en el Sistema Lagunar de Alvarado” del cual se desprende la presente investigación.

Nuevamente agradezco al CONACYT por el apoyo otorgado mediante la beca No. 241833 en el último semestre de la maestría.

A mis sinodales, Dr. Rodrigo Cuervo González, M.A. Iliana del Carmen Daniel Rentería y Dra. Maritza López Herrera, por su contribución y brindarme la asesoría necesaria en la realización de este trabajo.

Mil Gracias.

Al Dr. León David Olivera Gómez, por su tiempo dedicado y por sus comentarios los cuales enriquecieron esta investigación. Muchas gracias.

Al Dr. Arturo Serrano Solís, por el apoyo que me dedicó en la elaboración de esta investigación.

Muchas Gracias.

A mis PROFESORES y AMIGOS de la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros, por compartir gratos momentos en estos dos años y permitir ser una amiga más.

Con mucho cariño los recordaré.

Hernández-Baruch

Y a quienes no fueron parte de la maestría pero considero que son mis grandes amigos, muchas gracias por estar a mi lado cuando los necesité o simplemente por dejarme convivir con ustedes.

Son lo mejor!!

A la Maestra en Desarrollo Rural, Blanca Esther Raya Cruz por su gran ayuda en la elaboración de los mapas que enriquecieron el contenido de mi trabajo.

Blanquis muchísimas Gracias!!

A Italia Retureta Delgado y Tania P. Hernández Cabrera, quienes me apoyaron en la toma de mis grabaciones cuando no fue posible mi presencia en el Sistema Lagunar.

Chicas muchas gracias!

No hay palabras que puedan describir mi profundo agradecimiento hacia mis Padres, quienes durante todos estos años confiaron en mí; comprendiendo mis ideales y el tiempo que no estuve con ellos.

Por todo lo que soy

MIL GRACIAS!!

Hernández-Baruch

DEDICATORIA

A mis padres: Amado Hernández López y Ángela Baruch Baruch

A tí papá que has sido siempre un hombre admirable, que me has brindado cuidados, amor y comprensión, quien con tus sabios consejos orientaste mis pasos por el camino recto de la vida.

Acertada y rica herencia, es tu ejemplo, con el tiempo quizá pueda imitarte pero jamás superarte.

Es por eso que este logro lo quiero compartir contigo, gracias por ser mi padre y por creer en mi...

A ti mami querida por tu apoyo, por el amor que me has brindado sin condiciones, por tu gran corazón y los momentos de alegría que pasamos. Simplemente quiero decir que eres la mejor mamá del mundo. Los amo.

A mis hermanos: Mayra Icela, Cesar Amado y Jesús Alberto.

Que con sus bromas y risas me han llenado de alegría... los adoro.

Y esperando quien sigue en llegar a la meta.

Yessika Nayeli Hernández Baruch

Hernández-Baruch

ÍNDICE

RESUMEN	Página.
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- ANTECEDENTES.....	5
2.1. LOS MAMÍFEROS MARINOS.....	5
2.2. ORDEN SIRENIA.....	5
2.3. COMUNICACIÓN EN MANATÍ	13
2.4. MANATÍ EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO (SLA).....	17
3.- OBJETIVOS.....	19
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
3.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	19
4.- AREA DE ESTUDIO.....	20
5.- MATERIALES Y METODOS.....	23
5.1. NAVEGACIONES.....	23
5.2. GRABACION DE LAS VOCALIZACIONES DE MANATÍES Y RUIDO GENERADO POR ACTIVIDADES HUMANAS.....	24
5.3. ANÁLISIS DE SONIDOS.....	25
6.- RESULTADOS.....	27
6.1. REPERTORIO VOCAL DEL MANATÍ ANTILLANO EN EL SLA.....	33
6.2. NIVELES DE RUIDO REGISTRADOS EN EL SLA.....	36
7.- DISCUSIÓN.....	39
8.- CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TRABAJO.....	44
9.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.-	Taxonomía del manatí antillano según Linnaeus 1758.....	7
Cuadro 2.-	Cuadro comparativo que muestra las diferentes características de los 4 tipos de vocalizaciones.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-	Manatí antillano (<i>Trichechus manatus manatus</i>)	8
Figura 2.-	Localización geográfica del área de estudio y los principales cuerpos de agua que constituyen el Sistema Lagunar de Alvarado.....	22
Figura 3.-	Espectro de sonido de manatí y sus variables medidas.....	26
Figura 4.-	Localización geográfica de los recorridos en lancha, en el SLA..	28
Figura 5.-	Localización geográfica de los muestreos con hidrófono, en el SLA.....	29
Figura 6.-	Mapa que muestra el lugar donde se observaron siete manatíes mediante observación directa en el SLA.....	30
Figura 7.-	Mapa que muestra el lugar donde se detectó un manatí por medio de la ecosonda en el SLA.....	31
Figura 8.-	Mapa que muestra el lugar donde se detectaron cinco manatíes por medio del hidrófono en el SLA.....	32
Figura 9.-	Sonograma del sonido tipo I de manatí presente en el SLA.....	34
Figura 10.-	Sonograma del sonido tipo II de manatí presente en el SLA.....	34
Figura 11.-	Sonograma del sonido tipo III de manatí presente en el SLA.....	35
Figura 12.-	Sonograma del sonido tipo IV de manatí presente en el SLA.....	35
Figura 13.-	Mapa donde se muestran los puntos de muestreo de ruido.....	36
Figura 14.-	Niveles promedio de ruido (dB) en los puntos muestreados en el SLA.....	38

“Repertorio vocal del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA), Veracruz”

RESUMEN

La fauna de mamíferos de México es una de las más diversas del mundo, pues en términos de número de especies ocupa el segundo lugar mundial. Dentro de este grupo se encuentran los sirénidos como el manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*), capaz de emitir sonidos que utiliza para sobrevivir siendo la base de la comunicación, utilizándolos en contextos de socialización, como interacciones sexuales, provocación, el miedo y el juego. El objetivo de este trabajo fue describir el repertorio vocal de la población del manatí y determinar los lugares donde son percibidos con mayor frecuencia. Esta investigación se realizó durante octubre del 2008 a julio del 2010 en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA) ubicado en el centro del estado de Veracruz, compuesto por lagunas costeras salobres, siendo el sitio donde se localiza la población más grande de manatíes y donde están mejor preservados. Se realizaron transectos lineales sistemáticos, cubriendo el máximo del área. Las variables medidas por sonido fueron: frecuencia máxima, mínima, inicial, final y central, duración del sonido, totales armónicos y amplitudes de cada frecuencia. Durante los recorridos la observación fue continua hacia ambos lados de la embarcación, utilizando binoculares y se consideró: fecha, hora, hora de avistamiento, posición geográfica inicial y final. Las grabaciones se analizaron en el programa SpectraPRO – FFT Spectral Analysis System (versión 3.32.17)., Los lugares donde se avistaron los organismos fueron: la laguna de Medano Grande, laguna de Alvarado, laguna de culebrilla y la laguna de Tlalixcoyan; se avistaron 13 manatíes, siete fueron observados de manera directa, cinco detectados mediante el hidrófono y uno mediante ecosondas. Se registraron 4 tipos de vocalizaciones: silbido, chirrido, chillido, gruñido, resaltando como una de las principales variaciones de dichos sonidos, las frecuencias, el total de armónicos y las amplitudes.

Palabras claves: *Trichechus manatus manatus*, comunicación, vocalizaciones, Laguna de Alvarado.

1.- INTRODUCCIÓN

Los mamíferos marinos no están distribuidos al azar en los océanos del mundo, es conocido que ciertas especies son encontradas exclusiva o primordialmente en aguas de una profundidad particular, con rangos de temperatura y régimen oceanográfico específicos y no en áreas carentes de una o más de estas características. En sitios donde las condiciones oceánicas promueven alto contenido de nutrientes es probable que algunas especies de mamíferos marinos estén presentes para explotar dicha riqueza (Jefferson *et al.*, 1993).

La fauna de mamíferos de México es una de las más diversas del mundo, ya que en términos de número de especies ocupa el segundo lugar en el mundo, después de Indonesia (Ceballos y Navarro, 1991; Mittermeier y Goettsch de M., 1992; Arita, 1993 (en prensa); Ceballos y Brown, 1995;).

Las aguas mexicanas cuentan con una gran biodiversidad y son particularmente ricas en especies de mamíferos marinos que viven en sus aguas todo el año o por temporadas (Folkens *et al.*, 2002). De las 121 especies de mamíferos marinos que existen en todo el mundo, en los mares mexicanos podemos encontrar aproximadamente 51 (Serrano, 2006).

Dentro del “grupo” conocido como mamíferos marinos se ha incluido a los vertebrados de la clase Mammalia que pasan la mayor parte de su vida y obtienen su alimento principalmente en el medio acuático, ya sea marino o dulceacuícola. Este grupo es un conjunto de especies de mamíferos marinos que se divide en tres órdenes: carnívora (focas, lobos marinos y morsas, conocidos como pinnípedos), sirenia (manatíes y dugongos) y cetácea (ballenas, delfines y marsopas) (Jefferson y Schiro, 1997; Würsig *et al.*, 2000).

Los mamíferos marinos están adaptados a la vida acuática, a pesar de esto todos ellos respiran mediante pulmones, por lo que tienen que salir a la superficie para tomar aire, estas adaptaciones a la vida acuáticas son distintas para cada orden (Serrano, 2002).

En el Golfo de México se ha registrado la presencia de 30 especies de mamíferos marinos: una especie de carnívoro, una especie de sirenio y 28 especies de cetáceos (Jefferson y Schiro 1997, Würsig *et al.*, 2000).

Dentro de los sirénidos se encuentra el manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) que ocupa un lugar especializado en el ecosistema. La singularidad de su relación con el medio ambiente lo convierte en un animal muy susceptible a la sobre explotación (Del Valle, 2002). En México el número de manatíes está muy reducido debido a que fueron intensamente cazados (Lefebvre *et al.*, 2001) y

porque en la actualidad su hábitat se encuentra seriamente amenazado debido a la modificación de ríos, estuarios y lagunas costeras donde habita esta especie (Olivera-Gómez y Mellink, 2005).

La principal importancia de los sirenios reside no sólo en su interés específico y en su rareza, sino en el hecho de que se trata de los únicos mamíferos de gran tamaño que son acuáticos y herbívoros y capaces de consumir plantas acuáticas, tanto marinas como dulceacuícolas. Se considera que el singular nicho trófico de los sirenios, puede ser la clave para el entendimiento de la evolución de su forma, de su historia de vida y posiblemente explique por qué son tan pocas las especies de este orden (Packard *et al.*, 1984).

Los manatíes se agrupan para alimentarse, migrar, descansar y retozar, pero las asociaciones son muy variables y de corto plazo. Cuando están en grupos, los manatíes exhiben facilitación social (Hartman, 1979). Los rangos de sonido potencialmente grandes para su comunicación pueden ser social y ecológicamente importantes. Los rangos máximos para la detección de vocalizaciones de animales terrestres es típicamente de 10 Km., pero los micrófonos submarinos, llamados hidrófonos, pueden detectar vocalizaciones de baja frecuencia de mamíferos marinos en rangos mayores a 100 kilómetros (Tyack y Clark, 2000). Los sonidos son el medio más importante de comunicación ya que es la forma más eficiente de comunicarse en el agua. Gracias a la

comunicación sonora es que pueden mantener los lazos familiares y la identificación individual.

El manatí antillano es una especie considerada como amenazada tanto en las leyes internacionales (Deutsch *et al.*, 2007) como en las mexicanas (SEMARNAT, 2002).

Se ha reportado que el manatí habita a lo largo de todo el litoral veracruzano (Colmenero, 1986), sin embargo, estudios recientes demuestran que esta especie ha desaparecido de la parte norte del estado (Serrano *et al.*, 2007). Se estima que el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA), es quizá el sitio donde se encuentra la población más grande de manatíes en el estado y donde están mejor preservados (Ortega-Argueta *et al.*, 2003). En este lugar se están llevando a cabo una serie de investigaciones sobre las poblaciones de manatí, entre ellos, estudios de acústica. Es por esto y por la importancia que representa la comunicación en estos organismos que este trabajo contribuye al conocimiento y caracterización de vocalizaciones del manatí antillano, determinando su repertorio vocal y describiendo dichas vocalizaciones.

2.- ANTECEDENTES

2.1. LOS MAMÍFEROS MARINOS

Los mamíferos marinos son una parte integral de la fauna marina y costera de las aguas tropicales y subtropicales del Golfo de México y del Mar Caribe (Jefferson y Schiro, 1997).

Los mamíferos marinos respiran aire, amamantan a sus crías y viven la mayor parte o la totalidad de sus vidas en el mar (Burneo, 2008). Son uno de los grupos de animales más exitosos evolutivamente hablando, razón por la cual en la actualidad se encuentran ampliamente distribuidos en el océano.

2.2. ORDEN SIRENIA

El manatí antillano es un subungulado herbívoro adaptado a la vida acuática, con cuerpo fusiforme y extremidades convertidas en aletas para propulsarse en el agua. Alcanzan hasta 3.5 metros de longitud y un peso de más de 900 kg. Generalmente las hembras tienden a alcanzar mayores longitudes y pesos que los machos. La cola es redonda y aplanada. No presenta extremidades inferiores pero se han encontrado huesos pélvicos vestigiales en la musculatura pélvica. Las

extremidades anteriores son cortas, comparadas con otros mamíferos terrestres, son muy flexibles y presentan de tres a cuatro uñas (Lefebvre *et al.*, 1989; Reynolds, 1991).

La piel es generalmente de color gris a marrón y con pelos cortos esparcidos por todo el cuerpo y presenta una textura áspera. Los ojos son pequeños y localizados a los lados de la cabeza. No presentan oído externo, el orificio del oído es muy pequeño, localizado detrás de los ojos. Los nostrilos se encuentran en la parte superior del labio, se cierran fuertemente por unas válvulas al sumergirse en el agua y los ojos presentan membranas internas que los cubren y para protegen. Presentan bigotes prominentes en el labio superior, el cual es bastante alargado y flexible. Los labios son usados junto con las aletas para manipular la vegetación durante la alimentación (Lefebvre *et al.*, 1989; Reynolds, 1991).

La principal diferencia externa entre los machos y las hembras es la localización de las aberturas urinarias y reproductivas. En la hembra, la abertura reproductiva se encuentra justo frente del ano; en el macho se localiza más hacia arriba, al lado del ombligo. Las hembras además presentan mamas localizadas debajo de las aletas (Lefebvre *et al.*, 1989).

Dentro de las especies que incluye el orden Sirenia, están dos subespecies: manatí de Florida (*Trichechus manatus latirostris*) y manatí de las antillas (*Trichechus manatus manatus*), siendo esta última la que se encuentra en México

(Cuadro 1 y Figura 1) (Reynolds, 1979; Bonde, 1984; Domming y Hayek, 1986; Reynolds y Odell, 1991; Jefferson *et al.*, 1993; Marsh y Lefebre, 1994).

Cuadro 1. Taxonomía del manatí antillano según Linnaeus 1758.

Reyno	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Mammalia
Orden	Sirenia
Familia	Trichechidae
Género	<i>Trichechus</i>
Especie	<i>Manatus</i>



Figura 1. Manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*).

El manatí antillano (*Trichechus manatus*), se distribuye desde el sur de Estados Unidos, las islas del Caribe, América Central, Colombia, Venezuela hasta el noreste de Brasil, es una de las cuatro especies pertenecientes al orden Sirenia. El manatí africano (*Trichechus senegalensis*) se encuentra en costas y ríos del este de África, se sabe poco de esta especie y la población ha decaído por la cacería. El manatí del Amazonas (*Trichechus inunguis*) está restringido al agua dulce del Amazonas y a pesar que está protegido por la ley está sujeto a cacería ilegal. El dugongo (*Dugon dugon*) se encuentra restringido a ciertas regiones de la costa de Australia (Lefebvre *et al.*, 1989).

Hasta 1986 el manatí antillano y el manatí de Florida fueron considerados por muchos biólogos como una sola especie, sin embargo estudios recientes acerca de las características de su cráneo demostraron que son dos poblaciones

separadas geográficamente, la de Florida, extensamente estudiada, se encuentra desde las costas de Louisiana hasta las costas de Virginia; y la subespecie caribeña que se distribuye por el litoral Atlántico desde México hasta el centro de Brasil, junto con las Antillas. Los fríos inviernos de la costa norte del Golfo de México, las profundas aguas e intensas corrientes de Florida parecen mantener la población de Estados Unidos geográficamente y genéticamente aislada (Van Meter, 1989; Reynolds, 1991; Jiménez, 1998).

Estos mamíferos habitan ríos, estuarios y áreas costeras aunque se les encuentra preferentemente en aquellas zonas donde tienen acceso a agua dulce de profundidad mayor a un metro. Raramente se adentran en aguas profundas del océano. A lo largo de la costa viajan en aguas con profundidades de tres a cinco metros, pero rara vez se les encuentra en aguas de profundidad mayor a seis metros. Los manatíes pueden vivir en aguas dulces y saladas, pueden estar indefinidamente en agua dulce pero aún no se sabe cuanto pueden sobrevivir en agua salada. Están restringidos a áreas cercanas a las costas del trópico y sub trópico donde existen los pastos marinos y vegetación de agua dulce. El rango de distribución corresponde al límite de 24°C, isoterma media anual (Lefebvre *et al.*, 1989; Van Meter, 1989; Reynolds, 1991).

Los manatíes pueden desplazarse en su medio a varios cientos de kilómetros, los cuales pueden estar influenciados por cambios estacionales en los niveles de inundación de los cuerpos de agua, por los cambios de salinidad y temperatura de

los estuarios, por alteraciones en la disponibilidad de alimento y por el comportamiento reproductivo. Forzados por estos factores ambientales los manatíes pueden desplazarse de ambientes ribereños hacia la costa y viceversa. De esta forma se piensa que las poblaciones en el Golfo de México pueden moverse a través de los diferentes estados utilizando la línea costera a los sistemas palustres (Colmenero, 1986; Reynolds y Odell, 1991).

Los manatíes utilizan de seis a ocho horas al día para alimentarse y en ese tiempo consumen vegetación aproximadamente de 4 a 9% de su peso corporal. Se alimentan de una gran variedad de plantas sumergidas, emergentes, flotantes y de las orillas de los cuerpos de agua. La orientación de la boca de los manatíes está particularmente adaptada para alimentarse de vegetación sumergida. En el mar se alimentan principalmente de especies de pasto marino, incluyendo *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. Se alimentan además de algunas especies de algas, hojas y botones de mangle rojo. En agua dulce se alimentan de una amplia variedad de plantas incluyendo *Hidrilla verticillata*, algas (zargazo) y *Eichornia crassipes* (lirio de agua). Estos animales son conocidos porque se alimentan de ramas y bellotas y se impulsan para salir del agua y consumir vegetación de las orillas (Lefebvre *et al.*, 1989; Reynolds, 1991).

Los manatíes necesitan agua dulce para vivir, por lo que continuamente buscan fuentes de agua para beber. De esto depende su estancia tan corta en el agua salada (Reynolds, 1991).

El metabolismo de los manatíes es inusualmente lento comparado con el de otros mamíferos. Un metabolismo lento es una adaptación para animales tropicales grandes que deben mantener su temperatura corporal estable y vivir de una dieta relativamente pobre. Esta temperatura corporal en los manatíes es de 36.4 °C, pero puede variar dependiendo de la estación, o con la temperatura del agua. Se sabe que los manatíes viven una larga vida, pero no se ha podido determinar la edad que pueden alcanzar (Lefebvre *et al.*, 1989).

La temperatura mínima que los manatíes pueden soportar antes de entrar en estado de letargo de 19–20 °C. Al descender esta temperatura, los manatíes migran a refugios de agua tibia, sin embargo se han observado manatíes en aguas de hasta 13.5 °C sin signos de enfermedad (Reynolds, 1991).

Alcanzan la madurez sexual entre los 4 y 5 años, se ha visto que antes de esa edad las hembras no tienen éxito para criar a sus hijos, algunas hembras se reproducen exitosamente entre los 7 y 9 años de edad. No forman parejas permanentes. Durante el apareamiento una hembra es seguida por un grupo de 12 o más machos que se reproducen al azar durante ese tiempo, aunque se cree que la hembra puede escoger a los machos con los que quiere copular (Lefebvre *et al.*, 1989).

El período gestacional es de al menos 12 meses y tienen usualmente una cría por gestación de aproximadamente 1.20 m de largo y 30 kg de peso, las cuales permanecen con la madre por uno o dos años, identificando los lugares de

alimentación, refugios de aguas cálidas y rutas migratorias de la madre (Reynolds, 1991).

Ocasionalmente se ha visto casos de gemelos y hembras que cuidan a las crías huérfanas. El intervalo entre partos es probablemente de tres a cinco años, sin embargo si una hembra pierde su cría al poco tiempo después de nacer, ésta puede tener otra cría a los dos años. Las crías se alimentan de las glándulas mamarias de la madre debajo del agua por intervalos de tres minutos. La leche de manatí contiene más grasas, proteínas y sales que la leche de vaca, además que no contiene lactosa. Las crías comienzan a comer plantas cuando tienen unas pocas semanas de nacidos (Lefebvre *et al.*, 1989; Quintana, 1993).

Los manatíes se describen como semisociales, la unidad social básica es la madre y su cría. El comportamiento diario de los manatíes se centra en pocas actividades, de seis a ocho horas para alimentación, un poco más para descansar solos o con otros manatíes y el resto del día es utilizado para actividades como viajar, socializar con la boca y jugar con otros manatíes. Su comportamiento es simple pero de acuerdo a las necesidades del animal. Debido a que los manatíes no tienen enemigos naturales, su única defensa es huir. La falta de estrés ambiental se refleja también en su comportamiento social y como no necesitan trabajar en grupo para obtener comida o alejar predadores, tienen una vida social no estructurada (Lefebvre *et al.*, 1989; Reynolds, 1991).

2.3. COMUNICACIÓN EN MANATÍ

Según Reynolds (2001), éstos emiten tres tipos de sonido por los cuales pueden ser reconocidos mediante un hidrófono:

a) Vocalizaciones: parecidas a los chillidos de los ratones, los utilizan para comunicarse entre ellos, y generalmente entre madre y cría.

b) Expulsión de gas producto de la digestión: la dieta de los manatíes produce grandes cantidades de gas, el cual expulsan de su cuerpo constantemente, emitiendo grandes sonidos.

c) Masticación: durante la alimentación, la cual realizan dentro del agua, se puede reconocer el sonido que los manatíes realizan durante la masticación.

Los seres humanos tienen un rango auditivo que oscila entre los 20 Hz y los 20,000 Hz. Existen ondas sonoras con frecuencias que se encuentran fuera de este rango, pero eso no quiere decir que no haya ser vivo o algún aparato creado por el hombre que sea capaz de detectarlas. Ciertos organismos son capaces de emitir y detectar sonidos imperceptibles para nosotros y detectarlos, que les son útiles para sobrevivir, así como sonidos producidos por individuos de otra especie, o por fuentes no vivas (BDRI, 2007).

La comunicación es generalmente definida en términos de una señal de información que proviene del que la emite para el que la recibe. Las señales de

comunicación originalmente emitidas en animales son para uso de advertencias, de información tales como los sonidos de respiración, locomoción o ingestión (Watkins y Schevill, 1976 y Kenyon, 1969). Es la interacción entre animales en las que la información transmitida por un animal o grupo de animales afecta al comportamiento de otros animales. Los animales suelen intercambiar información usando una señal como una expresión facial, un sonido o un contacto. La comunicación ayuda a los animales a coordinar sus principales actividades vitales, esto es, la búsqueda de comida y la caza, la marca de territorio, el apareamiento, la cría de la descendencia y la defensa (Vaughan, 1986).

El sonido es la base de la comunicación para la mayoría de los manatíes (Sousa-Lima *et al.*, 2002). Dado que el sonido tiene el potencial de viajar largas distancias, lo cual proporciona una manera confiable para la comunicación entre ellos. Estos organismos también dependen de otros tipos de señales para sobrevivir en su hábitat acuático, ya que para los mamíferos es vital la percepción de sonidos, sus actividades biológicas se pueden ver afectadas a diversos niveles dependiendo de las características de los ruidos emitidos en sus zonas de distribución (Guerrero *et al.*, 2006).

La comunicación acústica de los manatíes implica sonidos con frecuencias pico de 2,5 a 5 kHz. Los sonidos han sido descritos como gorjeos, silbidos, o chirridos y pueden durar entre 0,15 a 0,5 segundos (Hartman, 1979; Reynolds y Odell, 1991).

Los manatíes utilizan sonidos en varios contextos de socialización, incluidos la provocación, las interacciones sexuales, el miedo y el juego. A diferencia de la ecolocalización usada por los cetáceos, las vocalizaciones del manatí no parecen ser utilizadas para la navegación. La comunicación táctil también parece ser importante, porque los manatíes son vistos frecuentemente acariciándose unos a otros y rozándose con otros objetos. Fuera de la temporada de apareamiento, los machos y las hembras participan en interacciones sociales, que incluyen los besos, el frotarse las narices, los roces y el retozo. Esos encuentros son casuales y breves (Hartman, 1979).

Los manatíes son muy sensibles a los sonidos de baja frecuencia. En algunos estudios se encontró, que los manatíes son especialmente sensibles a los sonidos en la frecuencia de 1,5 kHz (aproximadamente similar a la frecuencia de sonido hecha por el tono de la señal de emergencia de la televisión (Bullock *et al.*, 1980). Sin embargo, otros estudios que examinaron la anatomía del oído, sugieren que los manatíes pueden escuchar un poco mejor en frecuencias más altas, es decir alrededor de 5 kHz (similar a la señal de un detector de humo) (Glaser y Reynolds, 2003). Hasta ahora, los audiogramas de comportamiento sugieren que los manatíes pueden escuchar sonidos con frecuencias tan altas como los 46 kHz, con la mejor sensibilidad entre los 10 y los 20 kHz (Gerstein *et al.*, 1999). Del mismo modo, los estudios que utilizan mediciones potenciales auditivas evocadas (AEP, por sus siglas en inglés) indican que los manatíes responden a los test de prueba desde los 4 kHz hasta los 40 kHz (Mann *et al.*, 2005).

Los estudios auditivos tienen importancia práctica, porque los manatíes suelen ser golpeados y matados o heridos gravemente por embarcaciones acuáticas. En la Florida, aproximadamente 100 manatíes son muertos cada año por embarcaciones acuáticas (FFWC, 2004). La habilidad de los manatíes para escuchar y localizar el sonido de los barcos es una cuestión importante, sobre todo para desarrollar estrategias de conservación. Los investigadores predicen que los manatíes tienen relativamente buenas habilidades de localización, lo que es consistente con los resultados de los estudios, que muestran que los manatíes pueden detectar embarcaciones que se aproximan (Mann *et al.*, 2005). Estos estudios han encontrado, que los manatíes que se encuentran en aguas poco profundas y al borde de los canales, responden a las embarcaciones que se acercan aumentando su velocidad de natación y dirigiéndose hacia las aguas profundas más cercanas (Nowacek *et al.*, 2005).

2.4. MANATÍ EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO (SLA)

El manatí es un animal que ha sido poco estudiado debido a que en condiciones naturales son muy difíciles de observar. Las investigaciones que se han realizado en México se han dirigido especialmente a conocer su distribución espacial y a estimar su abundancia (SEMARNAT, 2001).

Las observaciones documentadas del manatí se han llevado a cabo en México, desde la primera década del siglo pasado, por ejemplo, Gaumer (1917) señalaba que el manatí era una especie relativamente abundante en el río Grijalva y sus tributarios Chilapa, Chilapilla, al igual que en Macuspana, Tabasco. Posteriormente, Lazcano y Packard (1989) informaron sobre la presencia de esta especie en las costas y principales ríos y estuarios de Tamaulipas y Veracruz. Asimismo, registraron un gran número de ellos en la Laguna de Alvarado, Nautla, Coatzacoalcos y en el río Papaloapan.

La distribución actual de la especie está mucho más fragmentada que en tiempos anteriores y en general es menos abundante que hace uno o dos siglos. La principal causa de esta disminución poblacional ha sido la cacería por parte del hombre (Powell, 1996). Debido a esta tendencia negativa en la especie, la especie está catalogada como vulnerable por la UICN (2008). Está incluida en el apéndice I de CITES (2008) y en México es considerada en estado de protegida (SEMARNAT, 2001) al igual que en todos los países donde se encuentra. Dentro

de las amenazas que existen actualmente sobre la especie se incluyen la cacería, la captura accidental en redes de pesca, la destrucción de su hábitat (manglares, humedales de agua dulce, banco de pastos marinos, etc.), los atropellos por botes a motor, la contaminación con agroquímicos y metales pesados y la sedimentación progresiva de los cursos de agua. Frente a estas amenazas, nuestro conocimiento sobre la ecología y el estado de conservación del manatí a lo largo de su distribución tiene grandes lagunas (Powell, 1996).

El 22.6 % del área total del SLA (51,960.52 has) 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, Buen País 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.

En Veracruz existen muy pocos estudios relacionados con esta especie particularmente en el Sistema Lagunar de Alvarado. Razón por la cual en este estudio se llevaron a cabo grabaciones vocales, las cuales ayudaron a determinar los sitios en los que se encuentran, y su repertorio vocal.

3.- OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Describir el repertorio vocal de la población del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) presente en el Sistema Lagunar de Alvarado (SLA), Veracruz.

3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Obtener grabaciones de las vocalizaciones del manatí.
- Describir el repertorio vocal de la población del manatí.
- Establecer los lugares en los cuales los organismos son detectados con mayor frecuencia mediante sus vocalizaciones.
- Medir los niveles de ruido en diferentes puntos del SLA.

4.- ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema Lagunar de Alvarado está comprendido en la Llanura Costera del Golfo de México (Abarca y Cervantes, 1996) y se encuentra ubicado en el centro del estado de Veracruz, dentro de las coordenadas 18° 53'00" y 18°25'00" de latitud Norte y 95°34'00 y 96°08'00" longitud Oeste. Es una gran planicie de inundación localizada en los municipios de Alvarado, Tlaxiucoyan, Ignacio de la Llave, Acula, Tlacotalpan e Ixmatalahuacan (Figura 2). Es de forma alargada y corre paralelamente a la línea de costa con una longitud aproximadamente de 26 km desde la punta oeste de la Isla Vives hasta el extremo noroeste de la Laguna Camaronera, con 5 km de anchura máxima y una profundidad media de 2.5 m (De la Lanza y Lozano, 1999). En general, el sistema lagunar es somero (2 m. promedio).

El sistema lagunar está compuesto por lagunas costeras salobres, destacándose principalmente, las lagunas de Alvarado, Buen País y Camaronera, más de 100 lagunas interiores, como Tlaxiucoyan y las Pintas, y varios ríos, destacándose, los ríos Papaloapan, Acula, Blanco y Limón (Portilla-Ochoa, 2003). Este complejo lagunar, tiene una extensión de 267,010 hectáreas. De acuerdo a la base de datos de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) se han registrado 346 especies de aves (Benítez *et al.*, 1999). De dichas especies destacan algunas con poblaciones mayores a los 20,000 individuos. La diversidad

faunística está representada por 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 de reptiles y más de 15 especies de mamíferos tanto terrestres como acuáticos (Montejo-Díaz, 2003).

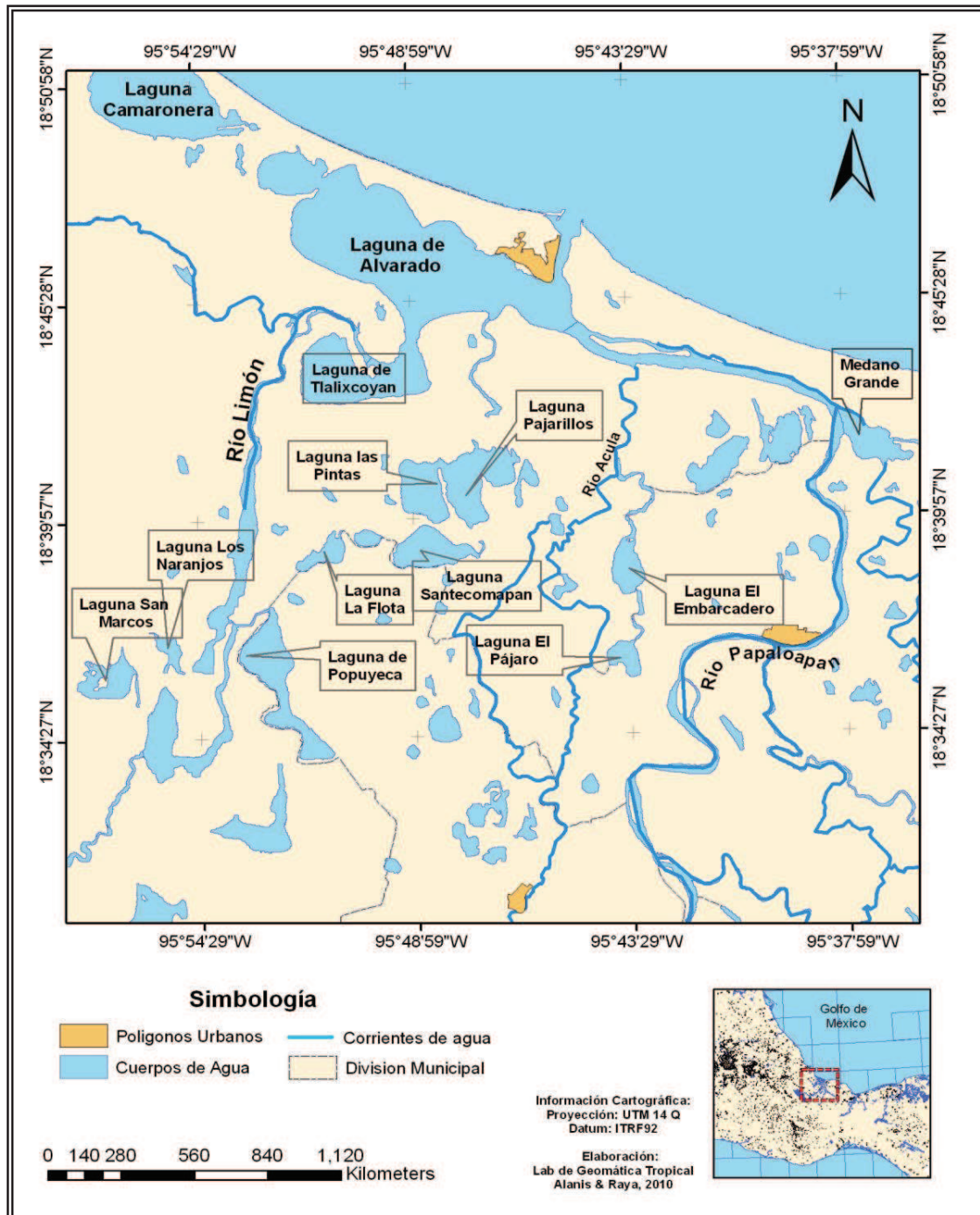


Figura 2. Localización geográfica del área de estudio y los principales cuerpos de agua que constituyen el Sistema Lagunar de Alvarado.

5.- MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. NAVEGACIONES

Las navegaciones se realizaron en una lancha de 7.6 m de eslora y manga de 1.5 m, con motor fuera de borda de 75 caballos de fuerza. Los muestreos se hicieron por medio de transectos lineales sistemáticos, cubriendo el máximo del área, donde se sistematizó el ángulo del zigzag y la separación entre transectos. El diseño de los transectos se basa en la metodología para diseño de transectos propuesta por Thomas *et al.* (2007) y Buckland *et al.* (2008). Estos recorridos se hicieron a una velocidad aproximada de 15 km/hr y en cada grabación se hacían paradas continuas apagando el motor de la lancha y observando a nuestro alrededor aproximadamente de 20 a 30 minutos. Durante los transectos se mantuvo la observación continua hacia ambos lados de la embarcación, el equipo de trabajo consta de 6 observadores, se utilizan binoculares Bushnell 7x50 con brújula y retícula con el fin de localizar a los individuos. Durante la navegación, se anotaron los siguientes datos: fecha, hora, hora de avistamiento, posición geográfica inicial, posición geográfica final obtenida con un GPS (marca Garmin modelo GPS map 76CSx precisión ± 3 m), condiciones climatológicas como luminosidad, visibilidad en kilómetros y observaciones generales.

En cuanto a datos de avistamientos, se registró el número de individuos por avistamiento y/o por grupo, los movimientos de los animales con respecto a la embarcación, la zona donde se observaron, la distancia a la embarcación y el ángulo (con respecto a la embarcación) en el cual son avistados. Asimismo, se buscaron a los manatíes mediante el uso de un hidrófono y una ecosonda (marca Hummingbird modelo 734 c²). La ecosonda transmite fuertes impulsos sonoros para luego captar y clasificar los ecos que servirán para ubicar la situación del objeto que los produce. Este tipo de ecosonda se ha usado con éxito en la detección de manatíes (González-Socoloske *et al.*, 2009).

5.2. GRABACION DE LAS VOCALIZACIONES DE MANATÍES Y RUIDO GENERADO POR ACTIVIDADES HUMANAS

Las grabaciones de sonidos se llevan a cabo con una duración de 1 a 2 minutos en diferentes puntos del SLA, así como en zonas de distribución de manatíes. Además se grabó durante los avistamientos por el período de tiempo que duró el avistamiento. Así mismo para las grabaciones del ruido generado por las embarcaciones, se realizaron en diferentes puntos del SLA. El equipo de grabación consiste de una grabadora portátil Sony Hi-MD Walkman modelo MZ-RH910 (frecuencia muestra: 44.1 kHz; aumento de sonido: amplificador digital, frecuencia respuesta: 20 Hz – 20 kHz, / - 3 dB) y un hidrófono (marca Cetacean

Research Technology modelo C54XRS frecuencia de respuesta de 0.016 Hz a 203 kHz) y una interfase de audio portátil con 4 entradas y 4 salidas (marca M-Audio, modelo Fast Track PRO).

5.3. ANÁLISIS DE SONIDOS

Los análisis de sonidos se llevaron a cabo utilizando el programa SpectraPRO – FFT Spectral Analysis System (versión 3.32.17). Las variables medidas para cada sonido son la amplitud (dB), la frecuencia (kHz) y la duración (seg). En este programa se muestran claramente las diferentes vocalizaciones de los manatíes las cuales quedan plasmadas en un sonograma mostrando el panorama de un espectro de sonido en varios segundos. Automáticamente posicionando el cursor, el programa proporciona los valores necesarios para analizar las vocalizaciones. Los sonidos se digitalizaron con un convertidor a 10-bit A/D con una frecuencia de muestreo de 20 kHz. Con esta información se llevó a cabo la descripción de los sonidos.

De cada sonido se evaluaron las siguientes variables:

Frecuencia máxima (Khz), frecuencia mínima (khz), frecuencia inicial (khz), frecuencia final (khz), frecuencia central (khz), duración de vocalización es (mseg), total armónicos y amplitud (dB) (Figura 3).

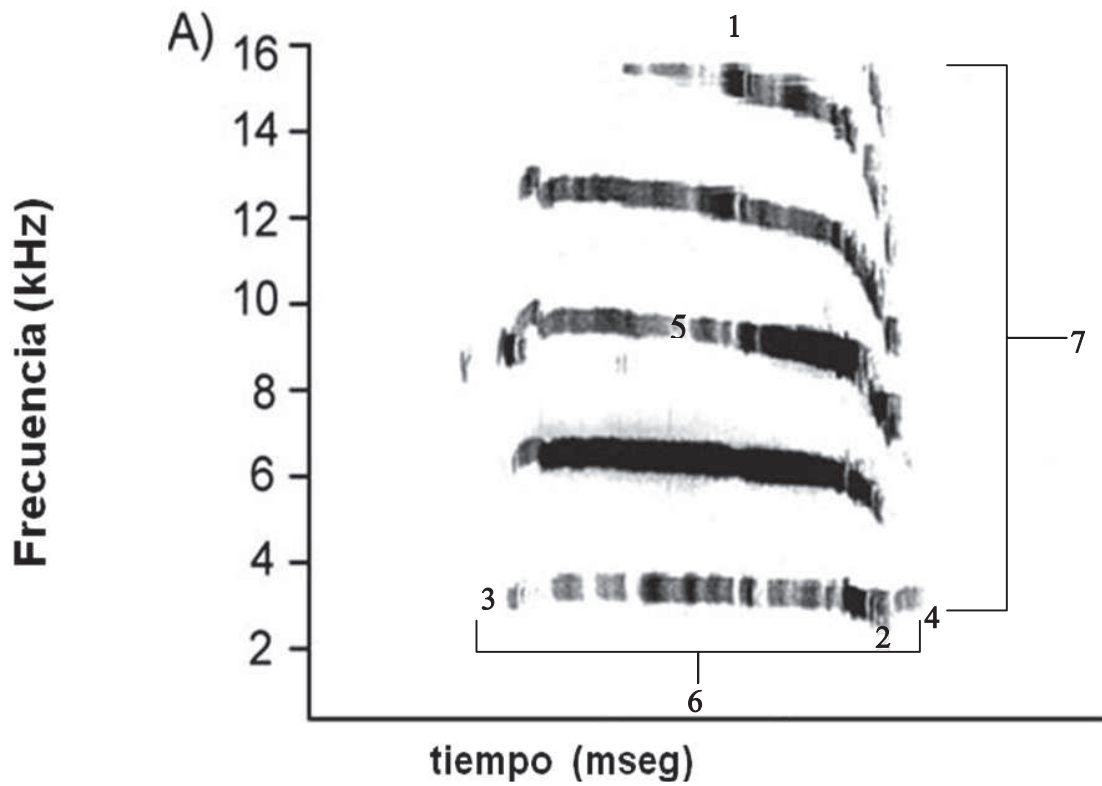


Figura 3. Espectro de sonido de manatí y sus variables medidas. 1) Frecuencia máxima (Khz); 2) Frecuencia mínima; 3) Frecuencia inicial; 4) Frecuencia final; 5) Frecuencia central; 6) Duración (mseg); y 7) Total de armónicos y Amplitud (dB).

6.- RESULTADOS

Durante los meses de octubre del 2008 a julio del 2010, se realizaron 45 salidas al Sistema Lagunar de Alvarado (SLA). Con un esfuerzo de búsqueda de 7.3 horas diarias en promedio. En total se obtuvo un esfuerzo de 332.36 horas, tratando de cubrir la mayor área posible (Figura 4) y un total de 1027.63 km recorridos obteniendo un porcentaje de cobertura de un 93% (Figura 5). Durante las salidas al campo se avistaron 13 manatíes, con un promedio de 0.28 organismos por salida. Siete manatíes fueron observados de manera directa (Figura 6), cuatro animales se observaron en el canal de los buzos y tres en la laguna de medano grande, un manatí se detectó mediante el uso de la ecosonda en la laguna Camaronera (Figura 7) y cinco se detectaron mediante el uso del hidrófono (Figura 8), los lugares donde se detectaron fueron: la laguna de Medano Grande, laguna de Alvarado, laguna de culebrilla y la laguna de Tlalixcoyan, siendo éste último donde se detectó un mayor número de organismos.

Se grabó un total de 10 horas acumuladas, de las cuales se discriminaron 4 tipos de vocalizaciones diferentes de un total de 54 sonidos.

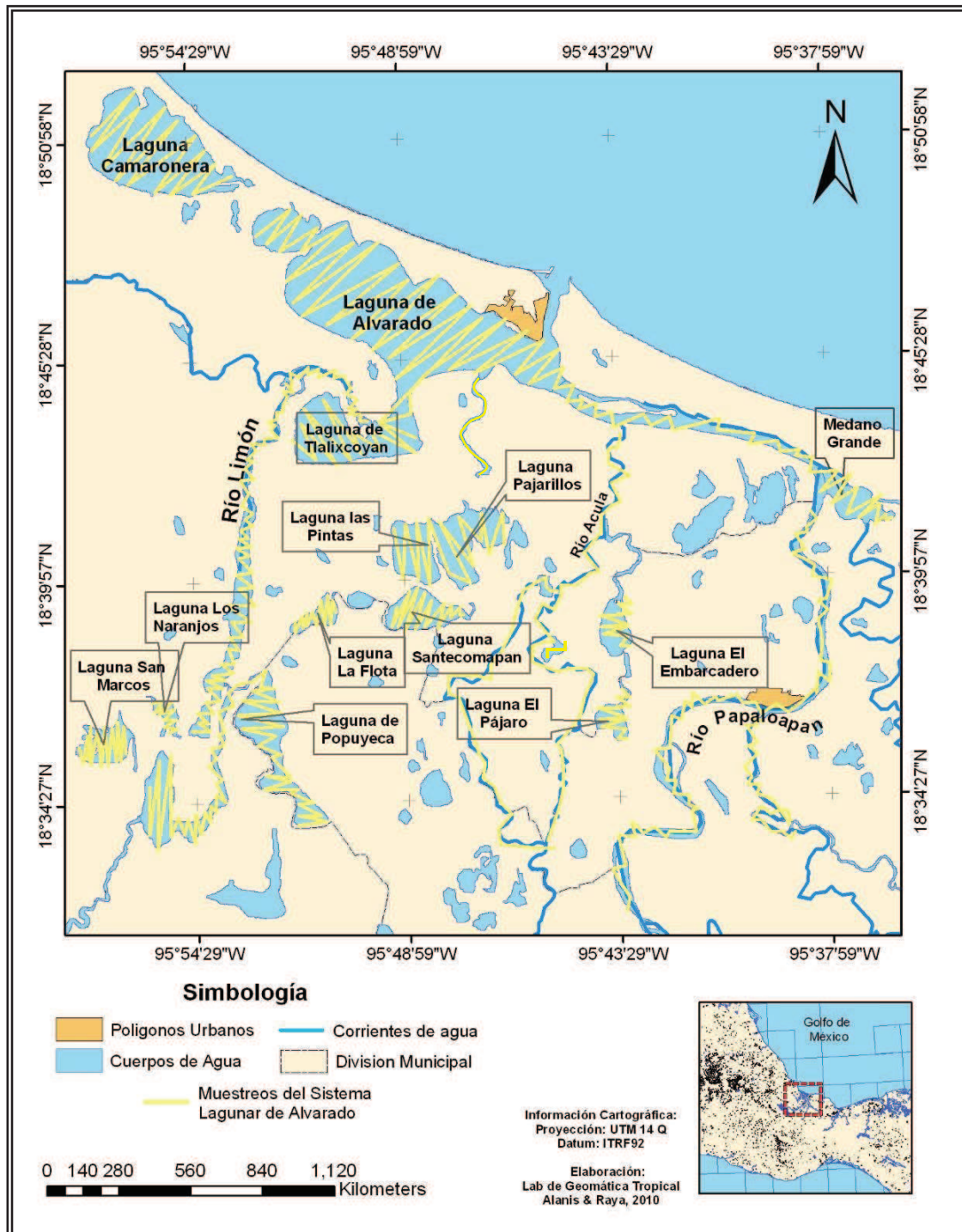


Figura 4. Localización geográfica de los recorridos en lancha, en el SLA.

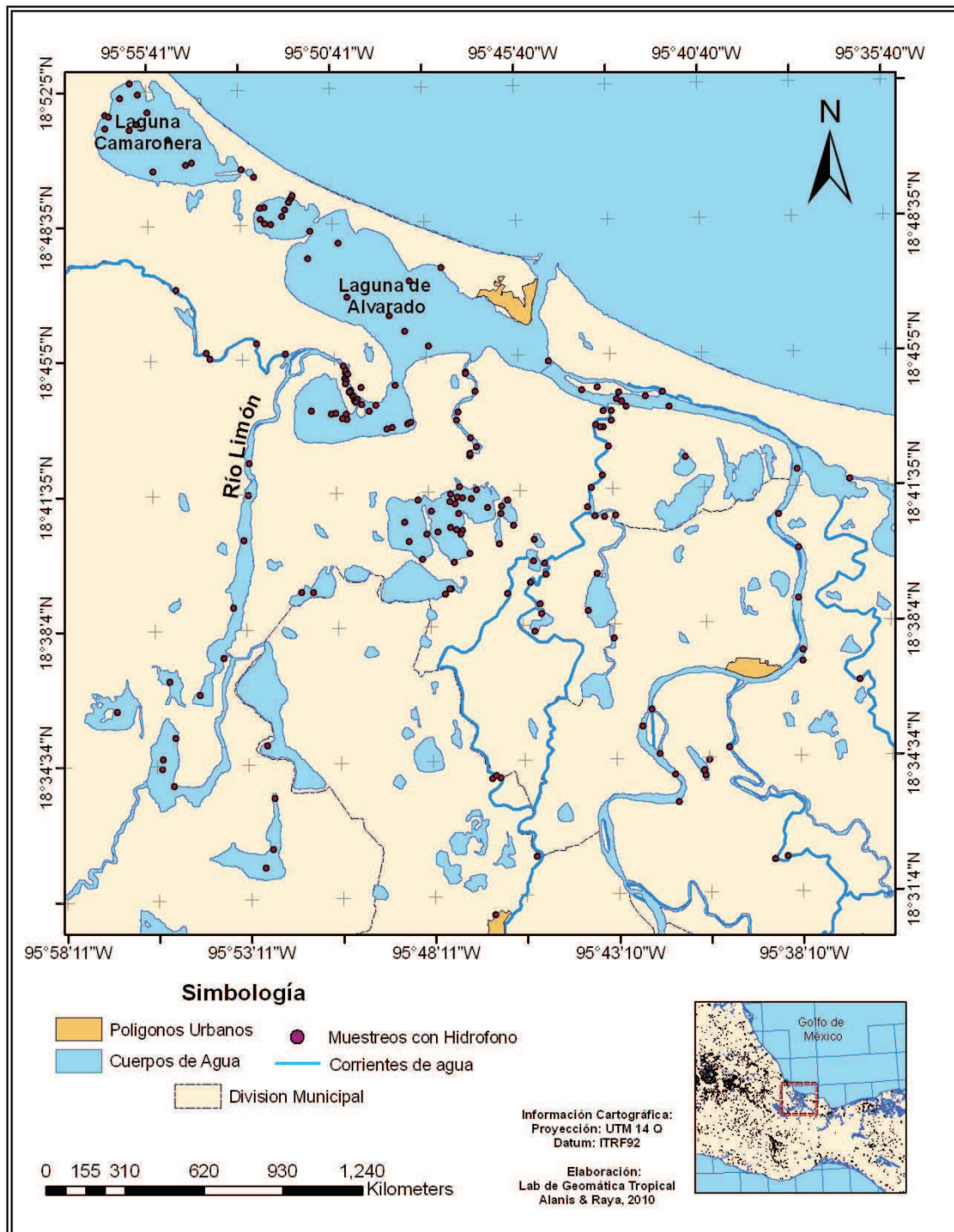


Figura 5. Localización geográfica de los muestreos con hidrófono, en el SLA.

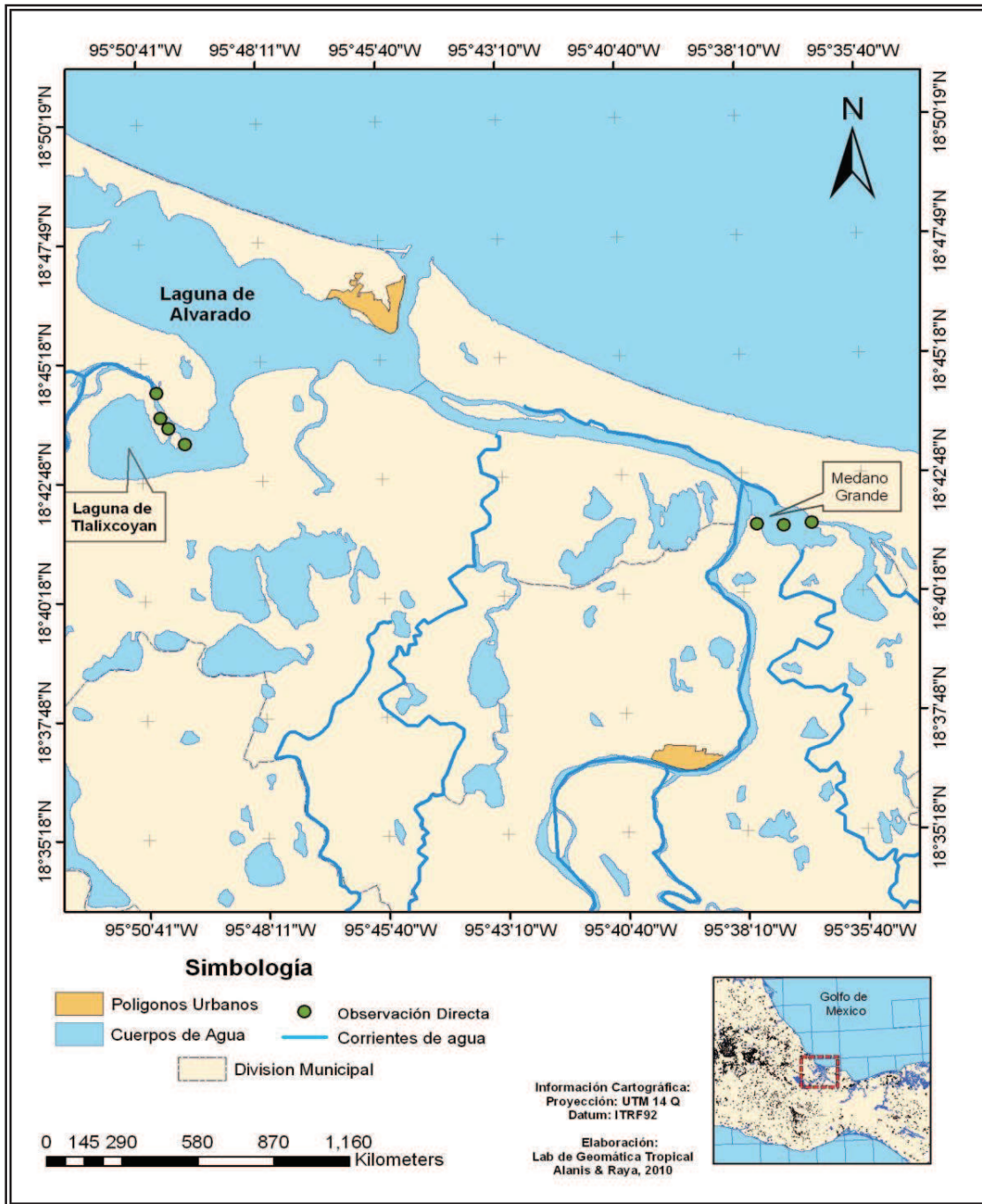


Figura 6. Mapa que muestra el lugar donde se observaron siete manatíes mediante observación directa en el SLA.

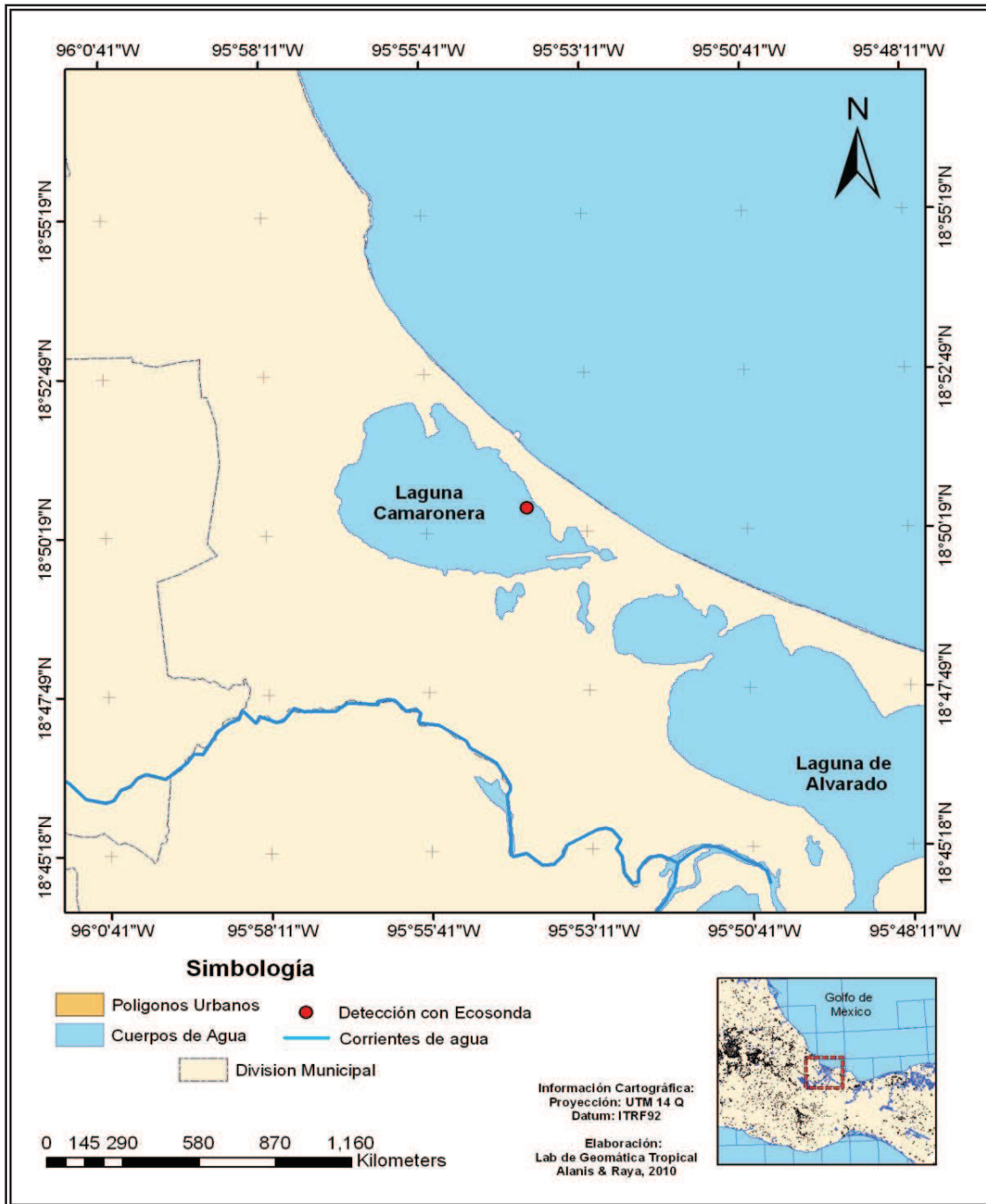


Figura 7. Mapa que muestra el lugar donde se detectó un manatí por medio de la ecosonda en el SLA.

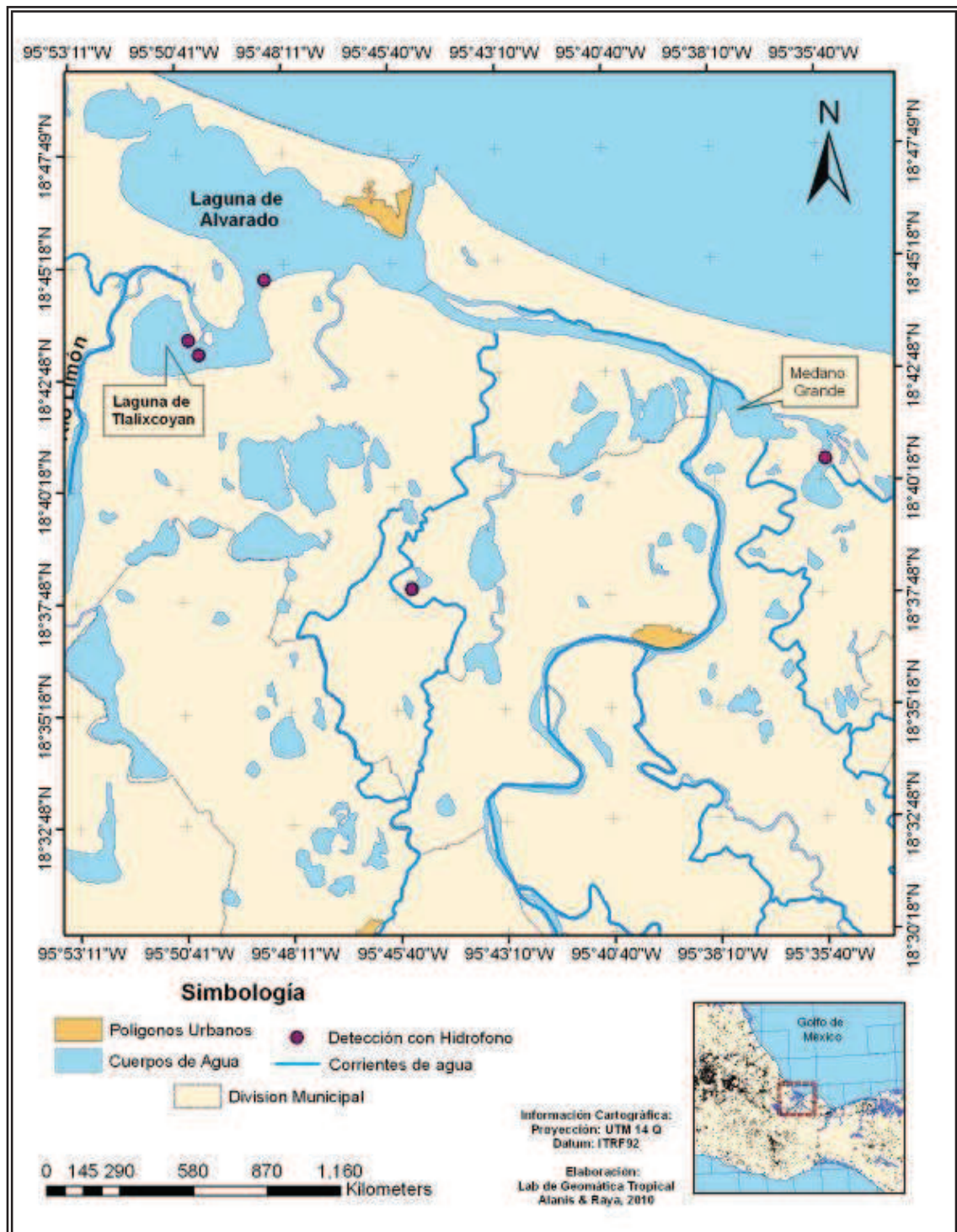


Figura 8. Mapa que muestra el lugar donde se detectaron cinco manatíes por medio del hidrófono en el SLA.

6.1. REPERTORIO VOCAL DEL MANATÍ ANTILLANO EN EL SLA

En total se registraron 4 tipos diferentes de vocalizaciones, cuyas características se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 2. Cuadro comparativo que muestra las diferentes características de los 4 tipos de vocalizaciones.

Vocalización	Frec. Máx. kHz	Frec. Min. kHz	Frec. Ini. kHz	Frec. Fin. kHz	Frec. Cent. kHz	Amp. Max. kHz	Duración mseg	Armónicos Total
Sonido I	1.966	0.509	0.581	0.581	1.215	90	363	3
Sonido II	2.913	0.424	0.424	0.443	1.245	89	43	
Sonido III	1.991	0.163	0.207	0.207	0.914	89	97	9
Sonido IV	2.125	0.174	0.186	0.209	0.975	90	245	

El Sonido I suena parecido a un silbido y suele ser de larga duración (Figura 9). El Sonido II es un sonido parecido a un chirrido y se caracteriza por ser un sonido de corta duración (Figura 10). El Sonido III se caracteriza por ser un sonido parecido a un chillido y con una duración corta (Figura 11). Finalmente, el Sonido IV es un sonido parecido a un gruñido y se caracteriza por ser un sonido de duración media (Figura 12).

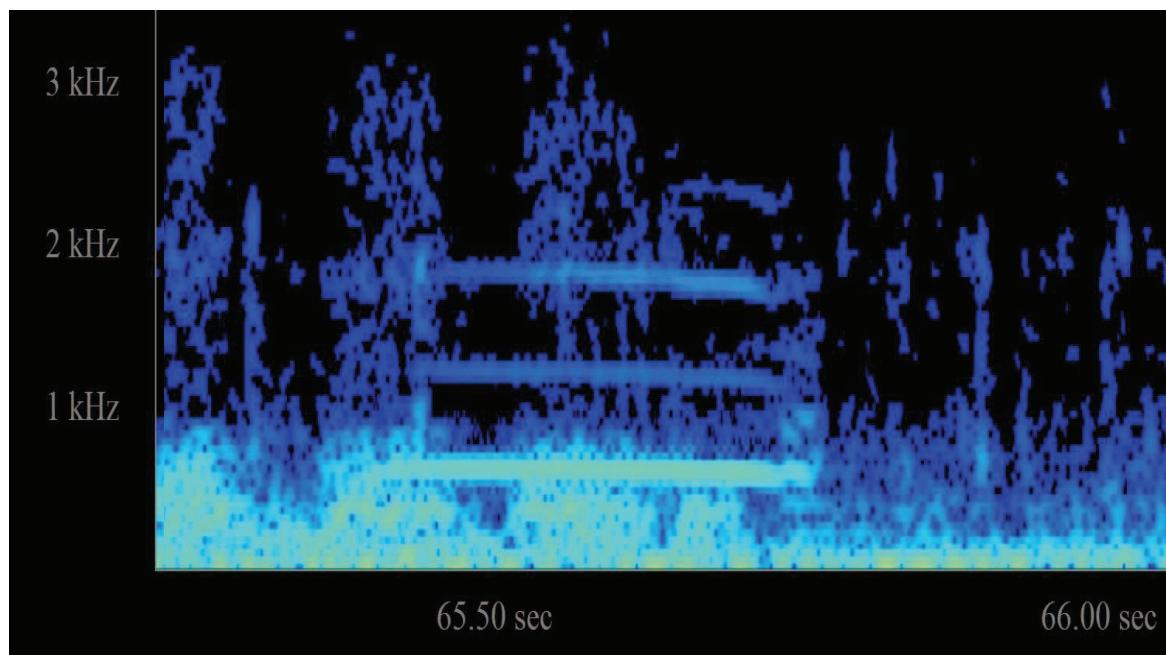


Figura 9. Sonograma del Sonido tipo I de manatí presente en el SLA.

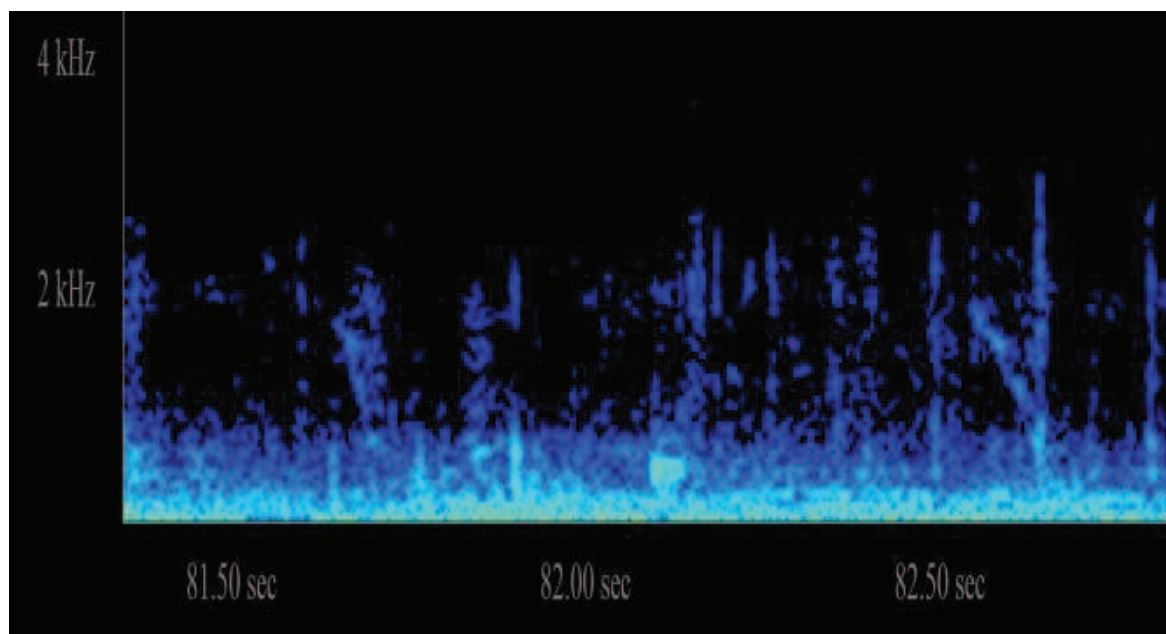


Figura 10. Sonograma del Sonido tipo II de manatí presente en el SLA.

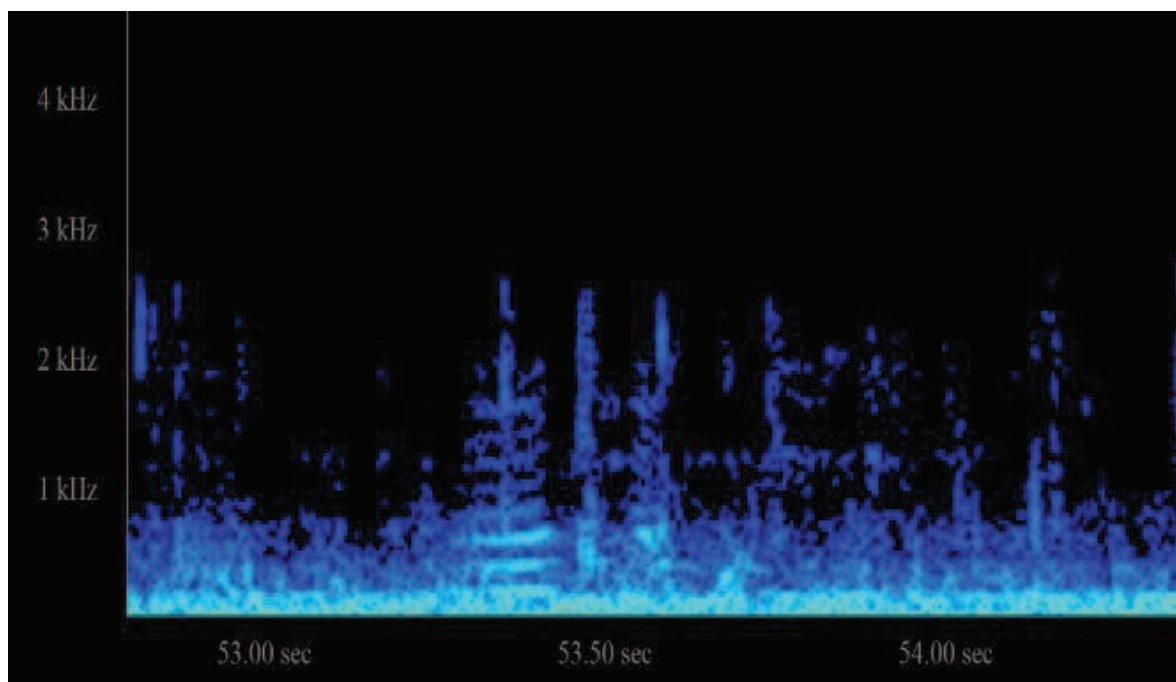


Figura 11. Sonograma del Sonido tipo III de manatí presente en el SLA.

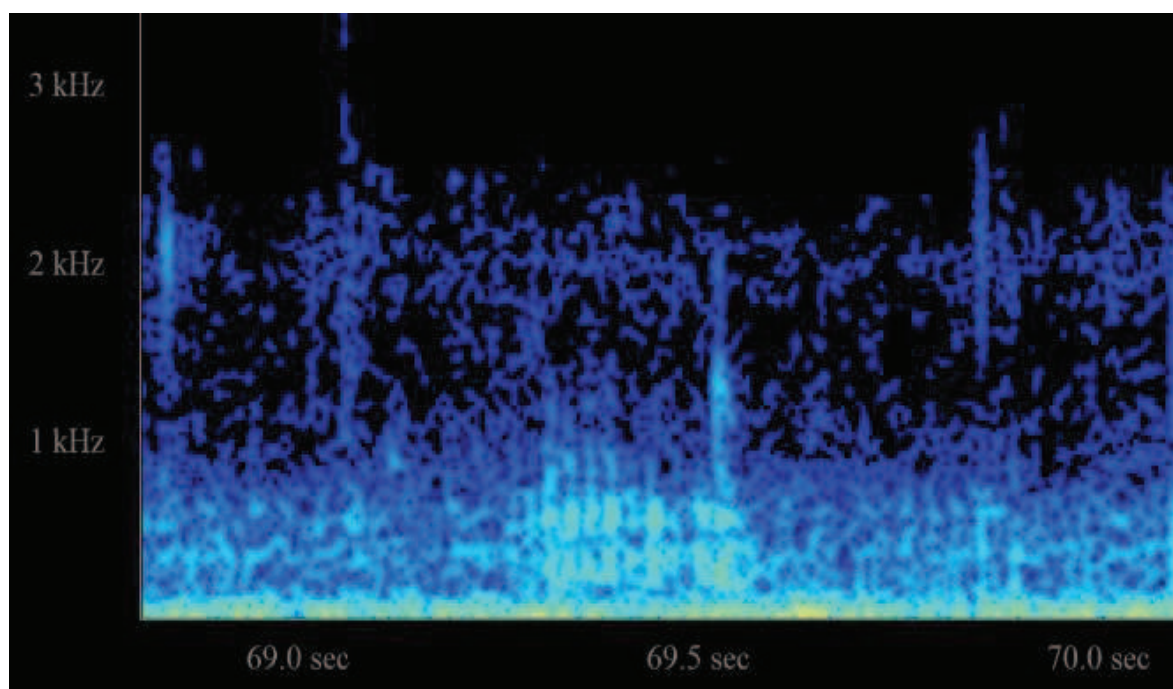


Figura 12. Sonograma del Sonido tipo IV de manatí presente en el SLA.

6.2. NIVELES DE RUIDO REGISTRADOS EN EL SLA

Se midieron los niveles de ruido en 19 puntos del SLA (Figura 13).

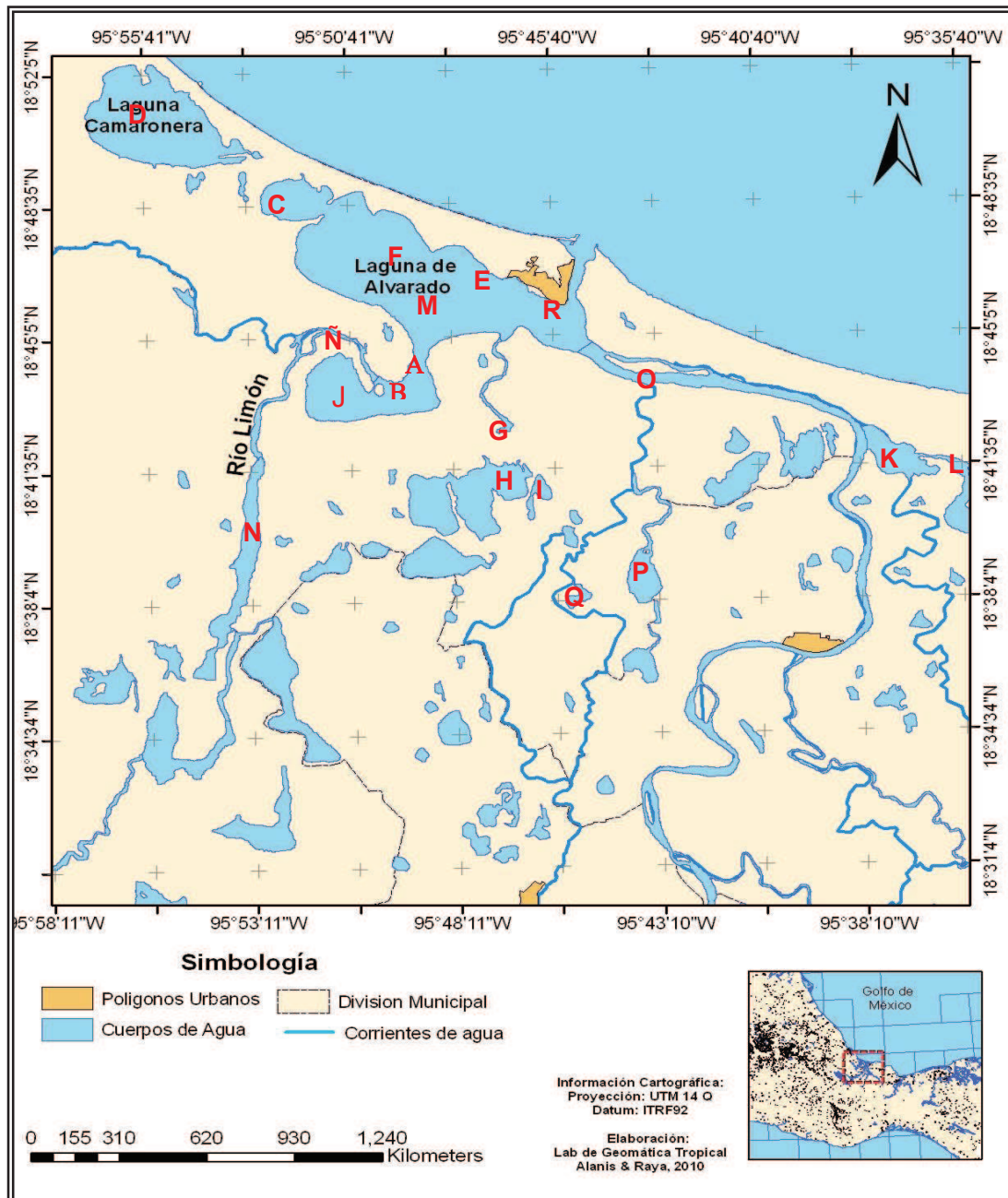


Figura 13. Mapa donde se muestran los puntos de muestreo de ruido. Cada una de las letras representa un punto de grabación.

Se obtuvieron los valores promedios de la intensidad del ruido en dB teniendo al punto “E” que corresponde a la laguna de Alvarado como la zona con menos ruido, presentando una intensidad de 14 dB y al punto “B” correspondiente a la laguna de Tlalixcoyan como la zona más ruidosa con 129 dB (Figura 14).

El ruido fondo típico del SLA en ausencia de lanchas es muy tranquilo y sólo se escucha la corriente del agua, el golpeteo de las rocas arrastradas por la corriente en los ríos y organismos como aves, sapos, nutrias, etc., y entre ellos el manatí. En los lugares donde existe el tránsito de lanchas que es casi en todo el SLA y a todas horas, se puede distinguir claramente el ruido producido por estas embarcaciones desde una distancia de 3 kilómetros aumentando cuando pasan junto a nuestra lancha y disminuyendo al alejarse.

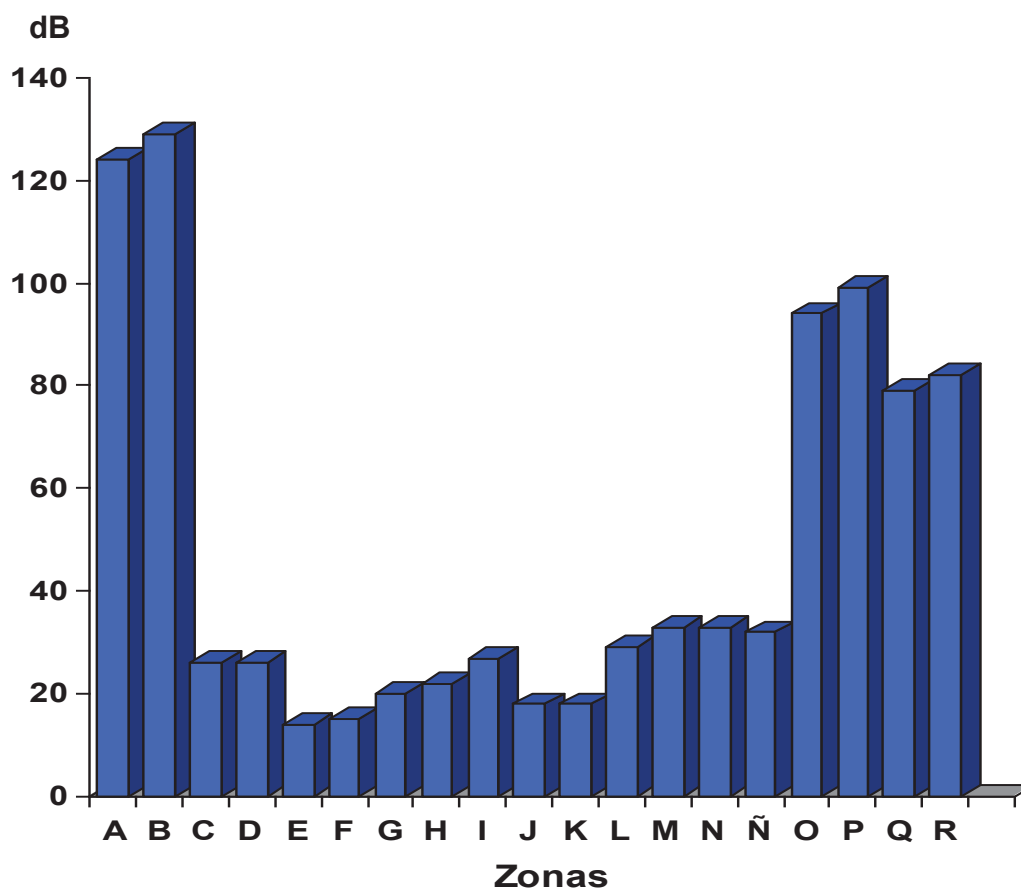


Figura 14. Niveles promedio de ruido (dB) en los puntos muestreados en el SLA.

Las frecuencias registradas en los puntos de muestreo del Sistema Lagunar de Alvarado fueron de 10.8 Hz la mínima y de 11,014.2 Hz la máxima.

7.-DISCUSIÓN

En el presente trabajo, se muestran las diferentes vocalizaciones que emiten los manatíes en el Sistema Lagunar. Estas vocalizaciones son producidas con la finalidad de comunicarse, socializar, reconocimiento entre madre-cría y reproducirse (Watkins y Schevill, 1976; y Kenyon, 1969). Aunque algunas vocalizaciones no tienen finalidad, sino son respuestas conductuales dependiendo del contexto y del estado motivacional del organismo (O'shea y Poche, 2006).

Los datos sobre las frecuencias fundamentales de las vocalizaciones de manatí en este trabajo, son similares a los ya publicados y los tipos de vocalizaciones funcionan como caracteres propios de la especie, pues estos sonidos están dentro de los rangos establecidos por (Hartman, 1979; Reynolds y Odell, 1991) La comunicación acústica de los manatíes implica sonidos con frecuencias pico de 2,5 a 5 kHz y que pueden durar entre 0.15 a 0.5 segundos, descritos como gorjeos, silbidos, o chirridos. Se sabe que otras especies como los delfines, para explorar su entorno emiten un click o una serie de clicks cuya frecuencia varía desde 20 kHz a más de 100 kHz. Siendo capaces de orientarse, calcular distancias, tamaño, forma, estructura y densidad de los objetos (Jácome, 1990; Maldonado y Alcalá, 1996), sin embargo a diferencia de la eco localización usada por los cetáceos, las vocalizaciones del manatí no parecen ser utilizadas para la navegación (Hartman, 1979).

Como en todas las especies de vida silvestre, sobre las poblaciones de manatíes actúan factores biológicos, ecológicos y la actividad del hombre que determinan su distribución (SEMARNAT, 2001). Durante la realización de este trabajo hubo diversas dificultades para la realización de los avistamientos, una de ellas y la más importante, es que las aguas del Sistema Lagunar son muy turbias, dificultando así la observación directa de los individuos. Sin embargo la turbidez del agua no es factor limitante para la especie, ya que se le encuentra en aguas completamente claras, así como en aguas extremadamente turbias (Hartman, 1979).

Las zonas con mayor dificultad de grabación y análisis de sonidos fueron en la laguna principal junto al municipio de Alvarado y brazos de ríos en los que había viviendas, esto por el intenso tránsito de embarcaciones que a veces obligan a los manatíes desplazarse a otros lugares o que enmascaran los sonidos emitidos por el manatí. Se sabe que el aumento del tráfico de embarcaciones y urbanizaciones, puede constituir una amenaza importante para esta especie (Augusta, 1992), es de esperarse que en áreas con excesivo movimiento antrópico, bien por tránsito de botes o bien por actividad de pesca, los manatíes tiendan a huir o por lo menos a disminuir ostentablemente su actividad, y con ello, la posibilidad de registrarlos visual y vocalmente (Castelblanco *et al.*, 2005).

Durante las grabaciones de vocalizaciones de estos mamíferos en la laguna de Tlalixcoyan, se observó a un grupo de tres individuos salir a respirar después de que una embarcación pasó junto a nuestra lancha. Se sabe que los manatíes que se encuentran en aguas poco profundas, responden a las embarcaciones que se acercan aumentando su velocidad de natación y dirigiéndose hacia las aguas profundas más cercanas (Nowacek *et al.*, 2005).

Se han realizado trabajos de acústica en manatí, entre ellos el trabajo de O'shea y Poche (2006) en donde estudiaron los aspectos de la comunicación del manatí de la Florida (*Trichechus manatus latirostris*), haciendo una comparación de sonidos entre manatí en cautiverio específicamente en Blue Spring State Park y el río San Juan, Florida midiendo los parámetros de 479 vocalizaciones de 14 individuos, 9 silvestres y 5 de los manatíes en cautiverio. El objetivo principal de ese estudio fue caracterizar los rangos de los atributos de la vocalización de manatíes silvestres y compararlos con muestras de individuos en cautiverio. Estos autores obtuvieron un total de nueve tipos de vocalizaciones, el resultado fue que varios individuos tenían vocalizaciones con frecuencias fundamentales que demostraron poco o nada de traslapo con otros en la misma categoría de edad. Además, las hembras adultas tenían generalmente frecuencias fundamentales más bajas que sus crías.

En el presente estudio hasta el momento se han encontrado tan solo 4 tipos de vocalizaciones. La diferencia en los resultados puede deberse a varios factores.

Inicialmente pueden existir diferencias en las vocalizaciones entre las poblaciones, como sucede con otros mamíferos como ballenas jorobadas (Helweg, 1998 y Cerchio *et al.*, 2001), delfines y orcas (Baron, 2008). Las diferencias se pueden deber también a los grandes niveles de ruido que existen en el SLA pues las principales fuentes de ruido son las embarcaciones con motor fuera de borda, las cuales son utilizadas para el transporte y para la pesca, algunas de estas emiten ruidos (hasta 129 dB), lo cual puede estar enmascarando las vocalizaciones de los manatíes, también por el reducido número de organismos que quedan en el sistema y finalmente por lo reducido de la muestra. No existe aun normatividad que regule los niveles de ruido permisibles a los que un manatí puede ser expuesto, sin embargo los niveles registrados sobrepasando los niveles permitidos para pinnípedos (focas, lobos marinos, etc) por el “US Marine Mammal Protection Act” (NMFS, 2002).

Según Castelblanco *et al.* (2005), la temporada más eficiente para la observación de manatíes es la época seca, es decir a comienzos de año (Enero-Mayo), durante la sequía los individuos permanecen en las partes más hondas del río, existiendo además cierta preferencia por lugares específicos. Lo cual coincide con lo mencionado por los habitantes y pescadores del SLA, pues señalan que esto se debe básicamente a la disminución del volumen de agua en el Sistema Lagunar de Alvarado, lo cual origina una alta densidad de estos animales.

A pesar de que el área de estudio es muy amplia y no es homogénea, es importante señalar que los resultados obtenidos son muy significativos, pues hemos podido determinar que el manatí está presente en el SLA detectándolos de manera visual, mediante hidrófono y ecosondas , siendo los dos primeros métodos con los cual se obtuvo un significativo resultado en cuanto a organismos detectados. Considerando que el trabajo realizado hasta este momento ha sido muy provechoso y que la metodología utilizada fue la acertada para la detección de estos organismos ya que permite un alto alcance auditivo y que el esfuerzo de muestreo permitió cubrir casi en su totalidad el hábitat del manatí permitiendo así conocer los lugares de preferencia de los mismos, por lo que es importante centrar los esfuerzos de conservación de estas áreas y extender el monitoreo de la especie.

8.- CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TRABAJO

☆ Se obtuvieron 4 tipos de vocalizaciones diferentes de un total de 54 sonidos de los cuales el sonido tipo 3 se registró un total de 42 veces, por consiguiente el sonido tipo 4 se encontró solo una vez.

- Este resultado es muy importante en la realización de este trabajo a pesar del tiempo en el cual se muestreó, sin embargo según (Jimenez, 2000) es mejor llevar a cabo grabaciones a muy tempranas horas entre 5 y 7 am o tardes entre 6 a 9 pm, pues se conoce que los manatíes tienden a ser más activos durante el amanecer, el crepúsculo y la noche. Cabe precisar que para la realización de este trabajo sólo se monitoreó durante el día.
- Este trabajo es de gran importancia, pues es un antecedente para futuros estudios sobre la especie en este Sistema Lagunar, de igual manera ahora se tiene la noción de los lugares que frecuentan, teniendo así una oportunidad de conservar estos lugares y preservar a la especie ayudándola en su lucha por la sobrevivencia.

- El área de estudio que se impuso para el monitoreo de la población de manatí es muy extensa y a pesar de que se cubrió casi en su totalidad, considero no fue suficiente el tiempo para la realización de este trabajo para ello y obtener un mejor resultado es conveniente un seguimiento sobre las grabaciones de sonidos del manatí, tratando de cubrir las estaciones del año, para tener una documentación más completa sobre las vocalizaciones de estos organismos, ya que los presentados aquí sirven de base en el reconocimiento de las mismas.

☆ Los lugares donde se avistaron los organismos fueron: la laguna de Mediano Grande, laguna de Alvarado, laguna de culebrilla y la laguna de Tlalixcoyan. Siendo este último el lugar donde se registró más actividad vocal. De igual forma donde detectaron mediante el hidrófono un número mayor de manatíes con un total de dos organismos.

- El utilizar los censos acústicos como una forma de detectar manatíes en un ambiente donde avistarlos visualmente es casi imposible, es un método que debe seguirse utilizando pues, se obtuvo un resultado significativo en la realización de este trabajo. Sabiendo ahora que Tlalixcoyan es uno de los lugares de preferencia para estos organismos el seguimiento del monitoreo en este lugar es

preciso y necesario para tomar medidas con respecto al tránsito de embarcaciones y moderar el ruido generado por los motores.

☆ Los niveles de ruido registrados en el área de estudio son muy altos hasta , en especial en la zona enfrente del puerto de Alvarado, lo cual puede estar perturbando negativamente la distribución y reproducción de los manatíes.

- Dada la situación en la que se encuentra el manatí a nivel mundial y en particular en el SLA, es necesario continuar con el monitoreo de esta especie para garantizar su preservación, ya que los manatíes utilizan los sonidos para comunicarse, socializar y reproducirse es urgente investigar los efectos del ruido artificial sobre los mamíferos marinos para conocer a ciencia cierta el impacto que se está causando en estos organismos.
- Realizar actividades encaminadas al control de tráfico de embarcaciones a motor, pues no sólo están poniendo en peligro a la población existente, sino que los están alejando de sus lugares originales de alimentación, reproducción y descanso.
- En vista del número de manatíes que se han observado, es recomendable continuar con los esfuerzos en la búsqueda de este organismo y así determinar la situación actual de esta población.

☆ El SLA es un ecosistema único en el país por la riqueza y diversidad de especies que en el se encuentran.

- Por ello es necesario extender el programa de monitoreo para el manatí y otras especies importantes. Realizar un plan de conservación para la población de manatí existente en el SLA, ya que se sabe que es la población más grande o la única que existe en el estado de Veracruz.

9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca, F.J. y M. Cervantes . 1996. En: Manual para el manejo y conservación de los humedales de México. Publicación especial bajo colaboración de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Ecología, U.S. Fish and Wildlife Service, Arizona Game and Fish Department y Wetlands International the Americas-Programa México. 4pp.

Arita, H. T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pp. 109-125 en Avances en el estudio de los mamíferos de México. Eds. R. A. Medellín and G. Ceballos. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México. 464 pp.

Augusta, C. 1992. Overview of Manatee Population and Preliminary Recommendations. Manatee Special Development Area. Manuscrito no paginado.

Baron, S. 2008. Differences in acoustic signals from Delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico. 56pp.

BDRI, (The Bottlenose Dolphin Research Institute). 2007. [actualizado al 20 de enero, 2010]. Página electrónica (<http://www.thebdri.com/spain/research/bioacoustics.htm>).

Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. [actualizado al 10 de noviembre, 2009]. Página electrónica (<http://www.conabio.gob.mx>).

Bonde, R. K. 1984. Sea cows and manatees. p 295-297 In D. MacDonal (ed.). The Encyclopedia of Mammals. Facts on File, Nueva York, Nueva York.

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. 434 pp.

Bullock, T.H., D.P. Doming, y R. Best. 1980. Evoked brain potentials demonstrate hearing in a manatee (Sirenia: Trichechus inunguis). Journal of Mammalogy. 61:130-133.

Burneo, S. 2008. Mamíferos marinos de Galápagos. Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Ecología II. 1-9 pp.

Castelblanco, M. D. N., G. I. Camelo y A. L. Bermúdez. 2005. Ecología y conservación del manatí antillano *Trichechus manatus manatus* en la zona coprendida entre Puerto Carreño, Colombia y Puerto Ayacucho, Venezuela (2004-2005). Informe final. Sirenian International. 3-44 pp.

Ceballos G. y D. Navarro. 1991. Diversity and conservation of Mexican mammals. Pp. 167-198 in Topics in Latin American mammalogy: history, biodiversity, and education (M. A. Mares y D. J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma Press, Norman. 468 pp.

Ceballos, G. y J.H. Brown. 1995. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology*. 9:559-568.

Cerchio, S., Jacobsen, J. K., and Norris, T. F. 2001. "Temporal and geographical variation in songs of humpback whales, *Megaptera ovaeangliae*: synchronous change in Hawaiian and Mexican breeding assemblages," *Anim. Behav.* 62, 313–329.

CITES, 2008. Convention on international Trade in Endangered species of wild fauna and flora. Appendices I, II, III. 47 pp. [actualizado al 17 de noviembre, 2009]. Página electrónica (www.cites.org).

Colmenero, L. C. 1986. Aspectos de la ecología y comportamiento de una colonia de manatíes (*Trichechus manatus*) en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco. *Anales Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Series de Zoología* 56: 589-602. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Del Valle, F. 2002. Protocolo de monitoreo para el manatí (*Trichechus manatus*, l). Guatemala: FDN, NFWF. 49 pp.

De la Lanza, E. y Lozano, M. 1999. Comparación fisicoquímica de las lagunas de Alvarado y Términos. Instituto de Biología, UNAM. *Hidrobiológica* 9 (1): 15-30.

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 biochemistry in healthy manatees (*Trichechus manatus latirostris*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. **38**(2): 269–279.

Domming, D. P. y L. C. Hayek. 1986. Interspecific and intraspecific morphological variation in manatees (Sirenia: *Trichechus*). *Marine Mammal. Sci.* 2 : 87-144.

Folkens, P., Reeves, R., Stewart, B., Clapham, P. y Powell, J. 2002. Guide to marine mammals of the world. 1ª Edición. National Audubon Society. New York, U. S. A. 527 pp.

Florida Fish and Wildlife Conservation Commission (FFWC). 2004. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. [actualizado al 5 de diciembre 2009]. Página electrónica (<http://www.floridamarine.org>).

Gaumer, 1917. Monografía de los Mamíferos de Yucatán. Secretaría de Fomento. México. 331 pp

Gonzalez-Socoloske D. 2009. Detection of free-ranging west indian manatees *trichechus manatus* using side-scan sonar. *Endang Species Res* 8: 249–257.

Gerstein, E.R., L. Gerstein, S.E. Forsythe, y J.E. Blue. 1999. The underwater audiogram of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*). *Journal of the Acoustic Society of America* 105:3575-3583.

Glaser, K.S. (photographs) y J.E. Reynolds, III (text). 2003. Mysterious manatees. University Press of Florida, Gainesville. 187pp.

Guerrero, R.M.: Urban, R. J. y Rojas, B.L. 2006. Las ballenas del Golfo de California. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Instituto Nacional de Ecología, México DF. 523pp.

Hartman, D.S. 1979. Ecology and behavior of the manatee (*Trichechus manatus*) in Florida. American Society of Mammalogists Special Publication 5: 153 pp.

Helweg, D. A., Cato, D. H., Jenkins, P.F., Garrigue, C., and McCauley, R. D. 1998. "Geographic variation in South Pacific humpback whale songs," *Behav. Ecol.* **135**, 1–27.

Jefferson, T. A. y A. J. Schiro. 1997. Distribution of cetaceans in the offshore Gulf of Mexico. *Mammal Review* 27:27-50. Published for the Mammal Society by Blackwell Scientific Publications, Oxford, Gran Bretaña.

Jefferson, T. A., S. Leatherwood y M.A. Webber. 1993. Marine mammals of the world. FAO species identification guide-UNEP. Rome. 320 pp.

Jiménez I. 1998. Plan de Acción para la Conservación del Manatí en Costa Rica. Costa Rica: Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe (PRMVS), UNA. 119 pp.

Jiménez, I. 2000. Los manatíes del río San Juan y los Canales de Tortuguero: ecología y conservación. Amigos de la Tierra. San José, Costa Rica. 120 pp.

Kenyon, K.W. 1969. The Sea Otter in the Eastern Pacific Ocean. North American Fauna No. 68. US Department of the interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC.

Lazcano, M. A. y J. M. Packard. 1989. The Occurrence of Manatees (*Trichechus manatus*) in Tamaulipas, México, *Mar. Mamm. Sci.* 5 (2), 202-205p.

Lefebvre LW, O'Shea TJ, Rathbun GB, Best RC. 1989. Distribution, Status and Biogeography of the West Indian Manatee. Florida: Sandhill Crane Press, 878 pp.

Lefebvre, L., Marmontel, M., Reid, J.P., Rathbun, G.B., Domning, D.P., 2001. Status and biogeography of the West Indian manatee. *En*: Woods, Ch.A., Sergile, F.E. (Eds.), *Biogeography of the West Indies, Patterns and perspectives*, second ed. CRC, Boca Raton, FL, 425–474 pp.

Mann, D.A., D.E. Colbert, J.C. Gaspard, B.M. Casper, M.L.H. Cook, R.L. Reep, y G.B. Bauer. 2005. Temporal resolution of the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) auditory system. *Journal of Comparative Physiology*. 191:903-908.

Marsh, H. y L. W. Lefebre. 1994. Sirenian status and conservation efforts. *Aquatic Mammal*. 20: 155-170.

Mittermeier, R. A. y C. Goettsch de M. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. Pp. 63-73. En: J. Sarukhán y R. Dirzo (eds) *México ante los retos de la biodiversidad* (.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.

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: Portilla-Ochoa, E. (ed) *Establecimiento de unidades de gestión ambiental en el humedal de Alvarado, Veracruz, México. Base para su ordenamiento ecológico y social. Reporte académico semestral North American Wetlands Conservation Council (NAWCC). Área Biología de la Conservación. Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana.*

NMFS. 2002.
http://www.nmfs.noaa.gov/prot_res/readinggrm/MMSURTASS/LFAexecsummary.PDF. [actualizado al 22 de octubre 2010]

Nowacek, S.M., R.S. Wells, E.C.G. Owen, T.S. Speakman, R.O. Flamm, D.P. Nowacek. 2005. Florida manatees, *Trichechus manatus latirostris*, respond to approaching vessels. *Biological Conservation* 119:517-523.

Olivera-Gómez, L.D. y Mellink, E. 2005. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) as a function of habitat characteristics, in Bahía de Chetumal, Mexico. *Biol. Cons.* 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 pp.

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*. Ref. #02-03-099. 32 pp.

O'shea. T. J. y Poche, L. B Jr. 2006. Aspects of underwater sound communication in Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*). *Journal of Mammalogy*, 87(6):1061–1071

Packard, J.M., G.B. Rathbun y D.P. Domning. 1984. Sea cows and manatees. Pp. 292-295 in *The Encyclopedia of Mammals* (D. Macdonald, ed.). Facts on File Publications, New York. 944 pp.

Portilla-Ochoa, E. 2003. Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (IFR). Sistema Lagunar de Alvarado. [actualizado al 3 de marzo 2008]. Página electrónica (<http://www.ramsar.org>).

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*. 68 pp.

Quintana R. E. 1993. Estimación de la Distribución y el Tamaño Poblacional del Manatí *Trichechus manatus* (Trichechidae-Sirenia) en Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos, (tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 80 pp.

Reynolds, J. E. 1979. Internal and external morphology of the manatee (sea cow). *Anat. Rec.* 193- 663 pp.

Reynolds JE, Odell DK. 1991. *Manatees and Dugongs*. New York: Facts on File. 192 pp.

Reynolds, 2001. Comunicación personal. Catedrático de Marine Science and Biology Eckerd College, Florida. En: protocolo de monitoreo para el manatí (*trichechus manatus*, l). Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN) y National Fish and Wildlife Foundation (NFWF). 44 pp.

SEMARNAT, 2001. Proyecto de conservación, recuperación y manejo del manatí *Trichechus manatus* en México. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre. 54 pp.

SEMARNAT, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059.SEMARNAT-2001 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. 2002. Mamíferos marinos en México. Guía de campo. México: Editorial Asbe. Veracruz. Xalapa, México, 53 pp.

Serrano, A. 2006. Mamíferos marinos: ¿veracruzanos desconocidos? La ciencia y el hombre. Volumen (XIX). No. 1. 53-56 .

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.

Sousa-Lima, R.S.: Paglia, A. P. y Da Fonseca, G. A. B. 2002. Signature Information and individual recognition in the isolation calls in the Amazonian manatees, *Trichechus inunguis* (Mammalian: Sirenia). *Animal Behavior*. 63: 301-310.

Tyack, P.L. and Clark, C.W. 2000. Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. In: *Hearing in Whales and Dolphins* (A.N. Popper, R.H. Fay y W.W.L. Au, eds), pp. 156-224. Springer- Verlag, NewYork.

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

UICN, 2008. International Union for conservation of Nature and Natural Resources. The UICN Red list of Threatened species. [actualizado al 15 de noviembre 2009]. Página electrónica (www.uicnredlist.org).

Van Meter VB. 1989. The West Indian Manatee in Florida. Florida: Florida Power and Light Company. 41 pp.

Vaughan, T. A. 1986. Mammalogy. Third Edition, Saunders College Publishing, Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona. 576 pp.

Watkins, W.A. y Schevill, W..E. 1976. Right whale feeding and baleen rattle. *Journal of Mammalogy*. 57, 58-66.

Würsig, B., T.A. Jefferson y D.J. Schmidly. 2000. The marine mammals of the Gulf of Mexico. Texas A & M, University Texas. 232 p.