



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LOS  
CAMARONES Y CANGREJOS (CRUSTACEA:  
DECAPODA) DE LA LAGUNA DE SONTECOMAPAN,  
VERACRUZ, MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**P R E S E N T A :**

**JORGE LUIS FLORES MEDINA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. FERNÁNDO ÁLVAREZ NOGUERA  
CDMX 2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Índice

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	8
OBJETIVOS .....	9
Objetivo General .....	9
Objetivos Particulares .....	9
ANTECEDENTES .....	10
ÁREA DE ESTUDIO .....	13
MATERIAL Y MÉTODO .....	17
Recopilación y procesamiento de datos de CNCR .....	17
Trabajo de campo .....	17
Trabajo de laboratorio.....	18
RESULTADOS .....	20
Revisión de ejemplares de CNCR .....	20
Recopilación y procesamiento de datos de CNCR .....	25
<i>Comparación de la fauna carcinológica</i> .....	42
Laguna de Alvarado.....	42
Laguna de Tamiahua.....	42
Laguna de Términos, Campeche. ....	42
Comparación por especies entre lagunas .....	44
DISCUSIÓN .....	53
Diversidad .....	53
Ambientes .....	56
CONCLUSIONES.....	62
LITERATURA CITADA .....	63

## RESUMEN

La laguna de Sontecomapan es un estuario de la costa del Golfo de México, que se ubica en el estado de Veracruz y forma parte de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas ( $18^{\circ}30'19''$  y  $18^{\circ}34'N$  y  $94^{\circ}59'$  y  $95^{\circ}02'13''W$ ), se nutre de 12 ríos, entre los que destacan el Chuniapan y el Basura. La laguna ofrece refugio, lugar de alimentación, desove y crecimiento a muchas especies de invertebrados y vertebrados, es por esto que en éstos sistemas la riqueza y diversidad se consideran altas. El presente trabajo tiene como objetivo describir los patrones de distribución de los crustáceos decápodos de la laguna de Sontecomapan, a través de la revisión de los registros incluidos en la base de datos de la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) del Instituto de Biología, UNAM. Para determinar su diversidad total y detectar posibles cambios en la presencia de especies a lo largo del tiempo, se tomaron muestras en la zona de estudio en agosto de 2015 y 2016. Se revisaron en total 441 lotes y se identificaron los organismos decápodos a nivel de especie. Se observó que se han realizado colectas durante 80 años (1936-2016) contabilizándose 43 especies distribuidas en 26 géneros y 13 familias, de las cuáles, la más abundante fue *Callinectes sapidus*. Se reconocen cuatro ambientes principales dentro de la laguna en el que se distribuyen familias específicas: bentos lagunar (Penaeidae, Palaemoidae, Atyidae, Alpheidae, Diogenidae y Portunidae), fango emergido de zona de manglar (Gecarcinidae, Ocypodidae, Sesarmidae), raíces de manglar (Grapsidae, Panopeidae) y sustrato arenoso (Callianassidae y Alpheidae). Se determinaron mediante un análisis de asociación Olmsted-Tukey especies dominantes, raras, comunes y ocasionales. La laguna de Sontecomapan tiene una buena representación de crustáceos decápodos y se observa que existen zonas bien delimitadas con nichos particulares. El análisis de los resultados no mostró cambios significativos en la composición de especies a través del tiempo.

## INTRODUCCIÓN

México es un país considerablemente diverso, es uno de los cinco principales países megadiversos del mundo. Dicho nombramiento se debe al número de especies que en él se encuentran y que son resultado de las características físicas y climáticas con las que nuestro país cuenta. Con una superficie terrestre de 1,960,189 km<sup>2</sup>, el territorio posee una superficie muy heterogénea, con topografías tan diversas que permiten formar regiones geográficas con distintos ambientes y microambientes. Aquí se encuentran bien representados cada uno de los grandes grupos de organismos (bacterias, protistas, hongos, plantas y animales) con una gran cantidad de endemismos. Además, nuestro país tiene 11,000 km de línea de costa, en donde la biodiversidad es aún mayor que la terrestre debido a la heterogeneidad antes mencionada (Cristín y Perrilliat, 2011; Luna-Plascencia *et al.*, 2011).

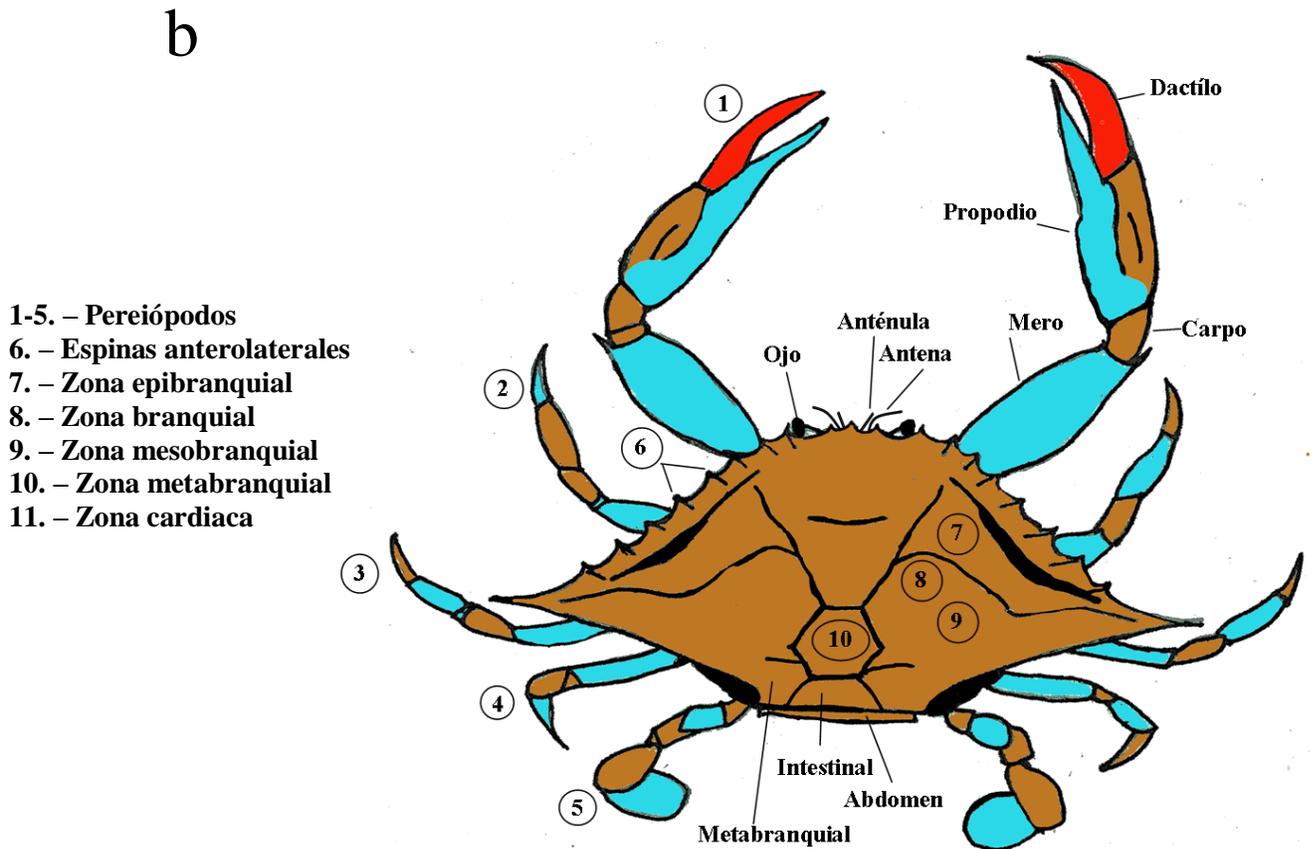
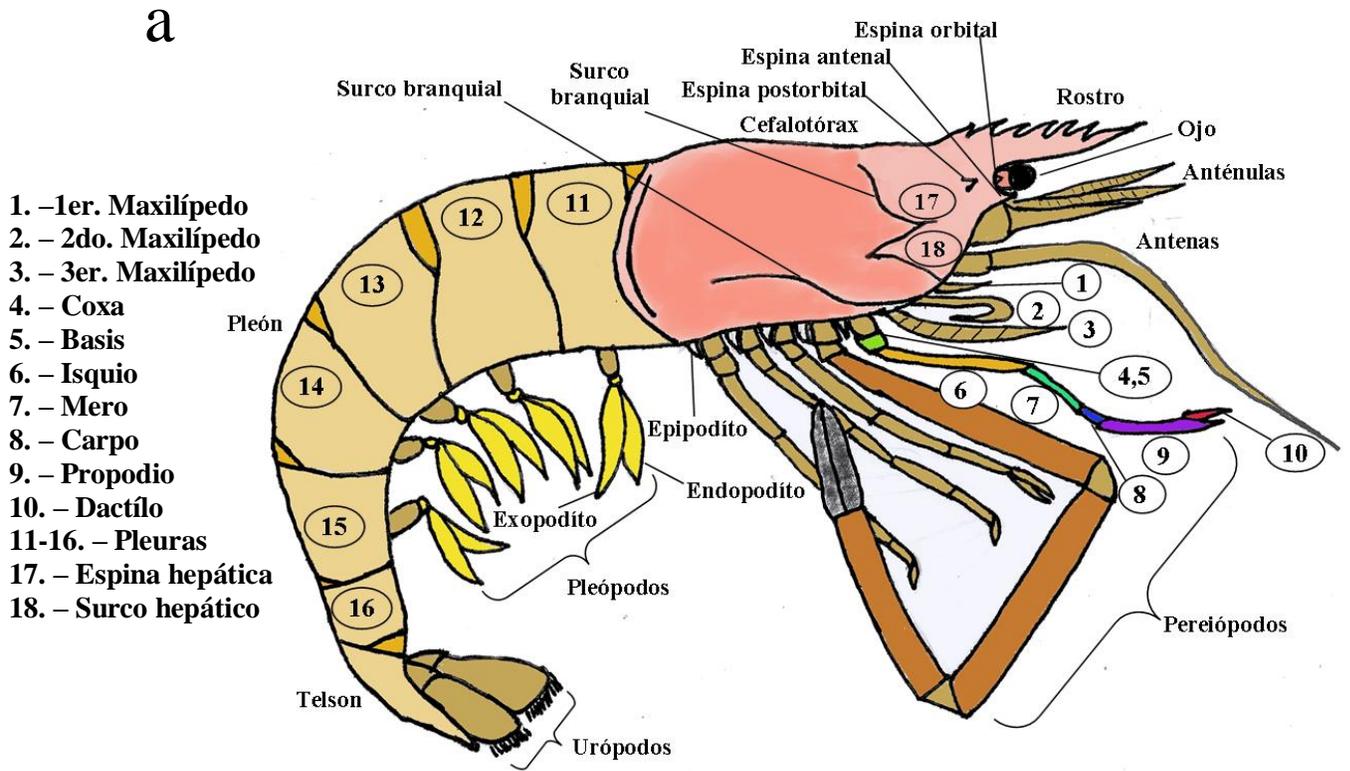
Se estima que México posee en su territorio entre el 10 y 15% de la diversidad biológica de todo el planeta, en apenas 1.3% de la superficie terrestre. Es por eso que existe la necesidad de censar, conocer y conservar la biodiversidad, así como hacer un uso consciente de ella. Es aquí donde aparecen las colecciones científicas, cuya principal función es almacenar y concentrar registros de individuos para conservarlos y mantenerlos disponibles con fines de investigación, divulgación y docencia. Los organismos colectados tienen la cualidad de ser materiales físicos denominados ejemplares, los cuales son de suma importancia para la ciencia. Entender la función y la importancia de cualquier colección científica, necesariamente implica entender primero una propiedad de los ejemplares: su naturaleza única y la relación que tienen con la generación y avance del conocimiento científico. Es por esta razón que las colecciones científicas son una parte fundamental en el desarrollo social y cultural de cada país. Tal es el caso de la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR), la cual tiene como objetivo recabar ejemplares e información de la riqueza carcinológica de cualquier lugar o región del país para ponerla al servicio de la comunidad (Cristín y Perrilliat, 2011).

Dentro de los muchos ejemplares resguardados en dicho acervo, se encuentran los decápodos, que taxonómicamente se ubican en el subphylum Crustacea, clase Malacostraca, subclase Eumalacostraca, superorden Eucarida y el orden Decapoda, que incluye organismos semiterrestres, de agua dulce y marinos, entre ellos, a los crustáceos que son mejor conocidos

por el hombre por su importancia en nuestra dieta alimenticia como son el camarón, la langosta, los acocíles, la jaiba, los cangrejos, etc. Morfológicamente, se caracterizan por tener cinco de los ocho apéndices torácicos (pereiópodos) evidentes y bien desarrollados, de ahí les viene el nombre de decápodos, del primero al tercero pueden estar quelados (terminar en forma de pinza) y el resto ser ambulatorios; los otros tres pares de toracópodos conocidos como maxilípedos, son de tamaño reducido y están modificados en apéndices asociados a la cavidad bucal, que sirven para manipular el alimento y llevarlo a la boca, y para generar corrientes de agua que bañan las cámaras branquiales. Poseen un cefalotórax que encierra las somitas cefálicas y torácicas, incluyendo los órganos vitales y las branquias; ésta cubierta puede ser estar separada de la superficie ventral, como sucede en los decápodos con forma de camarón y langosta, o cerrada con la superficie ventral totalmente fusionada al resto del caparazón como sucede en los cangrejos verdaderos. La respiración se realiza en dos cámaras laterales especializadas que permiten la circulación del agua, y la oxigenación de la misma, para que las branquias sean bañadas constantemente con esta agua, y se realice el intercambio gaseoso, a través de difusión tisular. El grupo alberga un estimado de 18,000 especies recientes y fósiles, agrupadas en 10 infraórdenes y dos subórdenes (Dendrobranchata, Bate, 1888 y Pleocyemata, Burkenroad, 1963), en los cuales se distinguen dos patrones morfológicos básicos, el de camarón y el de cangrejo. En el primero, el cuerpo está comprimido lateralmente y el caparazón cubre la cabeza y el tórax, formando el cefalotórax, dejando a menudo un surco cervical que evidencia la línea de fusión entre ambos tagmas. El abdomen es libre, extendido posteriormente con pleópodos bien desarrollados utilizados para la natación (Figura 1a). En el segundo patrón, el de los cangrejos, el cuerpo está deprimido dorsoventralmente, el caparazón se ha ensanchado y el abdomen se ha reducido para plegarse por debajo del caparazón (Fig. 1b) (De Grave, 2009; McLaughlin, 1980; Hendrickx, 1993; Alvarez *et al.*, 2014).

Los decápodos habitan en ambientes distintos y variados, como son ríos, lagos, lagunas y estuarios costeros, sistemas arrecifales, playas arenosas y rocosas. Los estuarios y lagunas costeras son ecotonos litorales que se encuentran en cuerpos de agua formados por depresiones en las zonas costeras, con suelos predominantemente fangosos, alta turbidez y superficies muy irregulares. Las comunidades de flora y fauna que habitan en ellos, presentan un alto grado de adaptaciones evolutivas, ya que su origen es en parte marino y en parte dulceacuícola. La fauna estuarina está delimitada por las desembocaduras de ríos, así como por una barrera arenosa que

las separa del agua marina y funge como medio de contacto entre el agua dulce y salada. Como consecuencia de esto, hay una mezcla de concentraciones salinas y un volumen variado, creando zonas salobres, por lo que el tamaño de estas zonas depende de la cantidad de agua dulce aportada por los ríos y la temporada del año, en donde las lluvias y la acción de las mareas constituyen los factores determinantes. La estructura de la comunidad biológica de los sistemas lagunares estuarinos resulta de la interrelación entre varios ecosistemas como el manglar, el río, el mar, los manantiales, así como por la vegetación acuática sumergida que se caracteriza por ser muy fértil, en donde la micro y macro flora suelen tener una alta productividad, lo que a su vez, da sustento a una red trófica compleja.



**Figura 1.** Patrones morfológicos presentes en decápodos. a) Camarones, b) Cangrejos

Debido a que las poblaciones de decápodos participan en la interacción con la vegetación acuática sumergida, restos de vegetación arbórea, raíces del manglar, sustratos duros formados por arrecifes de ostión y de coral y sustratos suaves sin vegetación, sus relaciones ecológicas con las comunidades que habitan en dichos ambientes son estrechas. Estas relaciones van desde la depredación hasta la competencia por espacio y alimento, buscando su permanencia dentro de la zona, en diferentes áreas y tiempos, dependiendo de su ciclo de vida. En general, éstas zonas reciben y acumulan en abundancia, materia orgánica y nutrientes que provienen de diversas fuentes y son transportados hasta el estuario mediante el aporte de los ríos o a través del movimiento de las mareas (Meráz, 2000; Roldán-Pérez y Ramírez-Restrepo, 2008).

Dentro de los estuarios, los ambientes antes mencionados son un recurso muy importante, pues ofrecen refugio, lugar de alimentación, desove y crecimiento, a muchas especies de invertebrados y vertebrados. La fauna de crustáceos en los estuarios puede dividirse en dos grupos: especies que se encuentran en los estuarios preferentemente como adultos y especies que se encuentran en etapas inmaduras. El primer grupo es menos diverso e incluye a algunos camarones peneidos de la familia Penaeidae y a cangrejos de diferentes familias, por ejemplo de la familia Portunidae. En el segundo grupo dominan langostinos de la familia Palaemonidae, quienes dependen del agua salobre, presente en este sistema, para continuar su ciclo de vida, puesto que las hembras desovan en los ríos y las larvas son arrastradas hasta los estuarios para completar su ciclo de vida, donde se desarrollan para luego migrar de nuevo río arriba (Alvarez *et al.*, 1999).

El estudio de la interacción de los diferentes grupos de invertebrados, en los distintos ambientes que se presentan en las lagunas costeras, ha provocado que se desarrollen metodologías y modelos estadísticos que han facilitado a los investigadores la comprensión del funcionamiento de los diferentes ecosistemas y el desarrollo de estrategias para su conservación, de esta forma se han establecido índices ecológicos de diferente índole. Un patrón de distribución de riqueza de especies o diversidad alfa, se entiende como la existencia de una tendencia geográfica general que afecta el número de especies que existen en un territorio determinado, ésta tendencia puede cambiar gradualmente a lo largo de un periodo, gradiente o zonificación de factores físicos. Los patrones de distribución de la fauna, dependen de la variación espacial y temporal de la

abundancia, la cual puede presentarse en escalas cortas y amplias. Los patrones de escala corta, son el resultado del valor del hábitat y de sus interacciones físicas y biológicas locales, mientras que los patrones de escala amplia implican procesos a nivel regional (Barba-Macías, 1995; Estrada *et al.*, 2012).

La riqueza biológica está dada por la variedad de organismos que conforman una comunidad, y es igual al número de especies. Pero el cómo se presentan estas dentro de un ambiente determinado, es un dato de gran relevancia para conocer la estructura de la comunidad que la habita, de esta forma la abundancia de cada especie (especies dominantes), así como la frecuencia de aparición en los muestreos (especies comunes), o su aparición en una época determinada (especies indicadoras) o su presencia escasa o una sola vez (especies raras), suelen ser parámetros ecológicos imprescindibles para comprender el papel que juegan dentro de dicha comunidad. Las especies raras suelen ser una fracción valiosa de la riqueza total de una comunidad, tienen una distribución restringida y juegan un papel clave, pues independientemente de su densidad o biomasa, pueden ejercer influencia sobre la estructura de la comunidad, por ello son elementos únicos e importantes que deben ser considerados (Valverde *et al.*, 2005).

Sin embargo, la medición de la riqueza biológica no es algo sencillo, pues hay una gran cantidad de factores que hacen de una comunidad una estructura dinámica, con cambios constantes que se deben a la fenología del ecosistema. Dentro de los estuarios, los patrones de distribución de los decápodos pueden modificarse conforme se va modificando el perfil longitudinal de salinidad (Attrill y Thomas, 1996).

Para este estudio, se reconoció a la laguna de Sontecomapan como un estuario típico que ha sido estudiado intensamente por más de 40 años y que puede servir como modelo para analizar la fauna de crustáceos decápodos como un conjunto. Sus características fisiográficas, su biodiversidad y su papel dentro de un área natural protegida (Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, RBLT) le confieren una gran importancia tanto social como biológica.

## JUSTIFICACIÓN

Los estuarios ofrecen una gran cantidad de servicios ecosistémicos, funcionan como zonas de reclutamiento y crianza de especies y son sistemas en los que puede desarrollarse la acuicultura y la pesca. Por lo tanto, representan un sitio para la obtención de alimento para los pobladores locales y de ingresos, tanto para los pescadores, como para las personas que se benefician del turismo.

La laguna de Sontecomapan en el estado de Veracruz, es un ejemplo de los anterior, tanto en el aspecto social como en el económico, además, hidrológicamente representa un humedal con una biodiversidad alta, por lo cual representa un ecosistema que incrementa el potencial biológico de la RBLT, lo cual justifica plenamente la necesidad de desarrollar estudios que aporten información sobre la flora y fauna que alberga, con el fin de elaborar planes de explotación sustentable de sus recursos o para generar planes de conservación y protección de su biota.

Los crustáceos decápodos constituyen uno de los grupos dominantes en los sistemas estuarinos, tanto por su riqueza como por su abundancia, por lo cual, es importante definir la estructura y dinámica de la comunidad de invertebrados en los diferentes ambientes acuáticos. Estos organismos son parte importante de la red trófica, ya que participan en el reciclamiento de materia orgánica, fragmentándola y haciendo circular la energía, permitiendo la aportación de microorganismos, ya sean, bacterias u hongos, en el flujo de energía. Son también consumidores secundarios pues se alimentan organismos planctónicos y finalmente, son parte de la dieta de otros grupos de invertebrados y vertebrados, por lo que facilitan la transferencia energética a otros organismos incluyendo el hombre. El análisis de la diversidad y de los patrones de distribución de los crustáceos decápodos, nos permite conocer el papel ecológico de éstos, sus afinidades dentro de un marco geográfico, así como indagar sobre la salud del sistema estuarino. Conocer la historia de los muestreos en dicho ecosistema, nos permite entender cómo ha cambiado la estructura de la comunidad carcinológica a través del tiempo y nos ofrece pautas para emitir propuestas de manejo y conservación de las especies y del ambiente.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

Describir los patrones de distribución de los crustáceos decápodos de la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México.

### ***Objetivos Particulares***

- Actualizar los registros de los crustáceos decápodos de la laguna de Sontecomapan en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR).
- Evaluar la riqueza y diversidad de decápodos de la laguna de Sontecomapan, Veracruz.
- Analizar la distribución la distribución de las especies de crustáceos decápodos y asociarlos al tipo de hábitat dentro de la laguna de Sontecomapan.
- Comparar la diversidad de crustáceos decápodos de la laguna de Sontecomapan con otras lagunas costeras de México.

## ANTECEDENTES

Chinolla-Rey (1984), realizó un estudio en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, describió la distribución de algunas comunidades faunísticas en zonas intermareales, con la intención de determinar la distribución y abundancia de organismos y su posible relación con las características sedimentológicas del sustrato para llegar a dilucidar un comportamiento estacional.

Raz-Guzmán *et al.* (1992), analizaron la abundancia relativa, la distribución y la composición zoogeográfica de los braquiuros y anomuros de la laguna de Alvarado, Veracruz y compararon esta abundancia con la de otros sistemas estuarinos del Atlántico occidental, en particular, de la laguna de Términos, Campeche.

De la Lanza y Raz-Guzmán (1993), determinaron que las especies *Penaeus* (*Litopenaeus*) *setiferus*, *P. (Farfantepenaeus) duorarum*, *Callinectes sapidus* y *Palaemonetes spp.*, fueron parte fundamental del zooplancton de la laguna de Términos, Campeche. Caracterizaron y ubicaron a los organismos encontrados dentro de la red trófica establecida entre los animales y la vegetación de la laguna de Términos, dándoles valores de importancia dentro de la red, de acuerdo al porcentaje de carbono que producen y que consumen.

Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (1995), describieron el comportamiento de la laguna de Términos en el Golfo de México en distintas épocas del año, midieron la fluctuación de factores abióticos y el impacto de éstos sobre las comunidades faunísticas macrobentónicas asociadas a mangle rojo.

Monroy (1996), realizó un inventario sobre los crustáceos decápodos encontrados en la plataforma continental y el sistema lagunar de Alvarado del estado de Veracruz. A partir de material biológico obtenido de 1990 a 1994, identificó 22 especies, agrupadas en 19 géneros y ocho familias, donde el 81% correspondió al infraorden Brachyura. Consideró que la riqueza específica fue menor, comparada con otros sistemas estuarinos, debido a las fluctuaciones de salinidad en el sistema, así como la presencia de cambios

estacionales en la biomasa de *Ruppia marítima*, vegetación que brinda zonas de refugio y crianza.

Alvarez *et al.* (1999), publicaron un listado de especies que habitan en el estado de Veracruz, tomando en cuenta, datos de la CNCR del Instituto de Biología (IB) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y registros publicados en artículos científicos. Consideraron que existen 355 especies de decápodos, de las cuales, 68 (18.6%) son especies estuarinas, y debido a la poca cantidad de sitios tomados en cuenta para muestreos, se consideró que la riqueza de dicho ambiente es baja.

Rodríguez-Cruz (2001), realizó un estudio en el sistema lagunar de Chantuto-Panzacola, dentro de la reserva de la biosfera La Encrucijada, Chiapas, con el fin de conocer la abundancia relativa de especies de decápodos y su distribución espacial; registró 11 familias y 24 especies distribuidas en los cinco diferentes puntos de muestreo.

Castellanos-Baltazar (2002), describió las características hidrológicas de la laguna de Sontecomapan, Veracruz, aportando datos de temperatura media, salinidad promedio, dirección del viento, oxígeno disuelto, profundidad, turbidez, velocidad de corriente, porcentajes de sedimentación y composición mineral de sedimentos que varían de acuerdo a la época y describe a la laguna, como un sistema somero de agua cálida, bien oxigenado y de carácter mesohalino, con temporadas de lluvias, secas y nortes bien marcadas, en las cuales las características medidas van fluctuando.

Domínguez *et al.* (2003), reportan una disminución en la diversidad de macrocrustáceos en la laguna de Mecoacán, Tabasco. Encontraron que debido a la limitada distribución de vegetación sumergida y a la prevalencia de condiciones oligohalinas y mesohalinas causadas por actividad humana (dragado del canal de comunicación), ha sufrido un reajuste en los factores físicos que caracterizan el sitio a partir del año 2000, permitiendo el asentamiento de sustratos lodosos y evitando el crecimiento de las comunidades bentónicas.

Ramírez (2006), analizó y describió la abundancia, distribución espacial, estructura poblacional y proporción sexual de camarones peneidos de la laguna de Términos, Campeche, tomando en cuenta la variación de algunos parámetros ambientales

como temperatura, salinidad, transparencia del agua y profundidad. Encontraron que *Litopenaeus setiferus*, la especie más abundante junto con *Farfantepenaeus duorarum* y *F. aztecus* tienen una amplia distribución espacial. Concluye que las condiciones de la laguna de Términos se encuentran dentro de los límites de tolerancia para los peneidos, por lo que se considera que ocupan esta laguna como área de crianza.

Pérez-Mozqueda (2014), realizó un estudio taxonómico de los cangrejos violinistas del género *Uca* de la laguna de Tamiahua, identificando cinco especies del género: *Uca panacea*, *U. rapax*, *U. spinicarpa*, *U. virens* y *U. vocator*. Sus resultados mostraron que existen dos principales grupos de cangrejos violinistas, los que prefieren un sustrato lodoso (*U. rapax*, *U. virens* y *U. vocator*) y los que prefieren un sustrato arenoso (*U. panacea* y *U. spinicarpa*), no obstante, algunas especies se pudieron observar en una combinación de los dos sustratos.

Mingüer-Rodríguez (2016), caracterizó la fauna de invertebrados asociada a las raíces de mangle de la laguna de Sontecomapan, Veracruz, y evaluó la asociación de gradientes ambientales presentes en el sistema, de acuerdo con los patrones de distribución y abundancia de las especies de invertebrados encontradas durante un año, en tres sitios de muestreo a lo largo de la laguna. Registró que la comunidad está compuesta de 17 especies de los phyla Annelida, Mollusca y Arthropoda, las cuales, presentaron su mayor abundancia durante las temporadas de lluvias y nortes, así como en sitios alejados de la boca de la laguna; mientras que la diversidad y riqueza de especies fue más alta en sitios cercanos a la boca de la laguna y en temporada de secas.

Olivares-Casillas (2016), describió la estructura poblacional, proporción sexual, madurez sexual, fecundidad y distribución espacial de una población del camarón fantasma *Lepidophthalmus manningi* a lo largo de la barra de Sontecomapan. Reportó un total de 104 ejemplares, con una proporción sexual 1:1, en organismos que alcanzan la madurez sexual a tallas cercanas a 1.2 cm para machos y 1.3 en hembras. La estructura poblacional se compuso en su mayoría por adultos, con excepción del mes de febrero, cuando prevalecieron los juveniles. Únicamente se presentaron hembras ovígeras en febrero y mayo, marcando una época reproductiva estacional y no continua. Concluyó que hay una sincronización biológica para esta población, en cuanto a temporadas de

reclutamiento y reproducción, en relación con los factores ambientales que presenta la laguna de Sontecomapan y que la distribución espacial que se observó se dio por una reducción local en la distribución de esta población, debido a factores físicos provocados por efectos antropogénicos.

## ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Sontecomapan se ubica en la región de Los Tuxtlas, en el municipio de Catemaco, Veracruz, México. Sus humedales y manglares se encuentran en las partes bajas costeras y entre los puntos de relieve más significativos de la sierra de Los Tuxtlas; colindando por el este-sur con la sierra de Santa Marta; por el este, con el volcán San Martín Tuxtla; por el suroeste con los cerros que separan las cuencas hidrográficas del lago de Catemaco de la franja costera y la cuenca de la laguna de Sontecomapan y al norte con el Golfo de México. Se encuentra entre los  $18^{\circ} 30'19''$  y  $18^{\circ} 34'$  N y los  $94^{\circ} 59'$  y  $95^{\circ} 02'13''$  W. Cuenta con aproximadamente 89 hectáreas, con 12 km de longitud por 1.5 km de ancho. El promedio de profundidad es de 1.5 m, pero el punto más profundo registrado es de 5.5 m. Posee una única conexión con el mar en la barra de Sontecomapan (Reséndez, 1983; Gómez-Marín, 2003).

El aporte de agua dulce es por varios ríos y arroyos, principalmente en la zona sur y sureste: río la Palma, Sábalo, Coscoapan y Viejo Coscoapan, Hualtajapan y los arroyos de Agua Agria, del Sumidero, La Basura, Sontecomapan, Chuniapan, del Fraile, de los Pollos, Bocana, Remolino y la Boya. Estos a su vez dividen a la laguna en varias zonas, como son la Barra, que va de la playa a Roca Morro, el canal. El Real, que abarca la zona del río la Palma hasta el canal que se abre y que conforma la laguna en su mayor parte (Figura 2) (Castellanos-Baltazar, 2002).

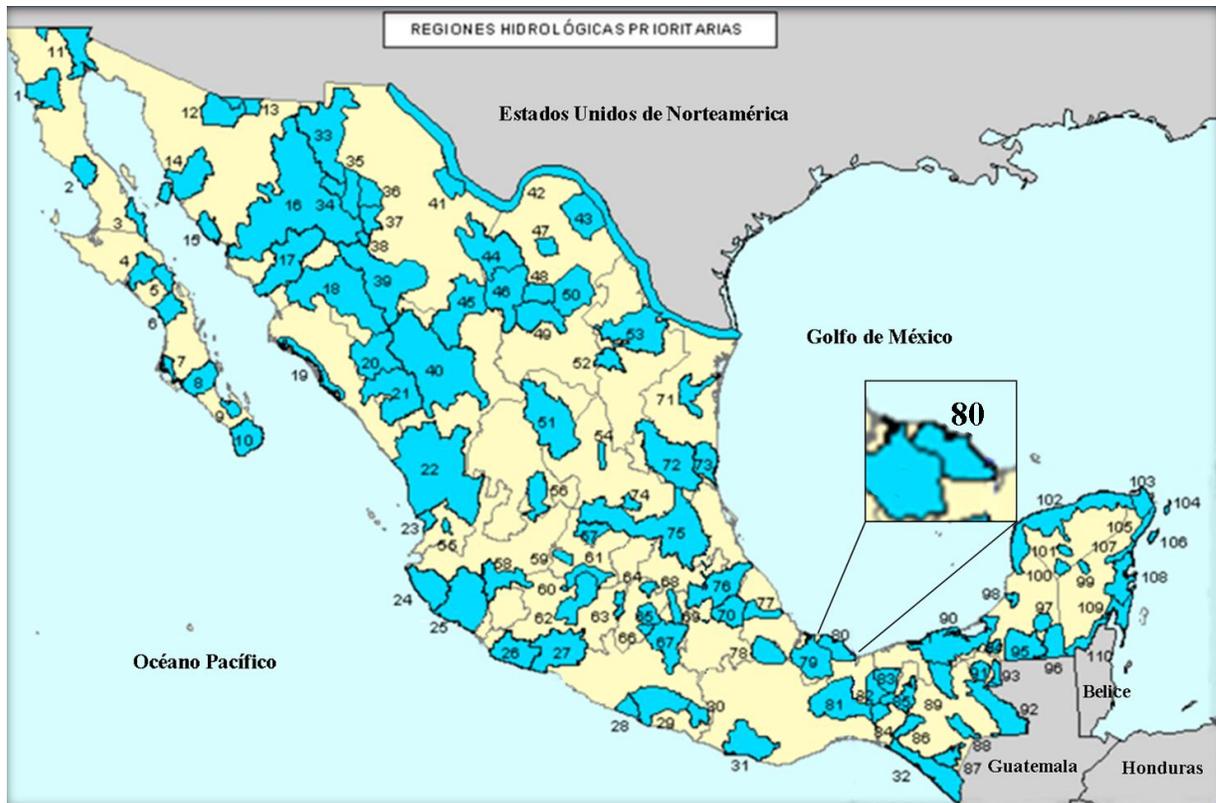
Con base en la clasificación de climas de Köppen, modificada por García (1970), la laguna tiene un clima Am (f)(i), cálido húmedo con lluvias todo el año y temporadas climáticas bien marcadas, diferenciadas en temporadas de lluvias, secas y nortes, en donde las características físico-químicas tienden a variar. Presenta una temperatura ambiente promedio de  $29.7^{\circ}\text{C}$ , con un máximo de  $30.8^{\circ}\text{C}$  y un mínimo de  $28.8^{\circ}\text{C}$ . Una

salinidad promedio de 12.4<sup>o</sup>/∞, lo que la caracteriza como un sistema mesohalino, con un máximo de 25.5<sup>o</sup>/∞ y un mínimo reportado en 1970 de 7.8<sup>o</sup>/∞. La concentración de oxígeno disuelto es de 7.3 mg/L con un máximo de 8.3 mg/L y un mínimo de 6.4 mg/L.. El sustrato está conformado por arena en un 48.6%, 36.8 % de limo y 14.6% de arcilla, lo que da una textura global de tipo arena-limosa (Castellanos, 2002). La cuenca de Los Tuxtlas (Figura 3), está incluida en el programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, establecido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) y fue creado con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país, considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para poder usar esa información en futuros planes de investigación, uso y manejo sustentable. En dicho polígono también se encuentran el lago de Catemaco, La Escondida, El Zacatal, laguna El Ostión, y el lago cráter San Martín (Fig. 4) (Arriaga *et al.*, 1998, 2002).

La vegetación es típicamente de manglar, con una mayor presencia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), pero que se encuentra mezclado con otras especies como *Pachira acuatica*, *Acacia cornigera*, *Muelleria frutecens*, *Pithecellobium belizence*, *Hibiscus tiliaceus*, *Randia acuelata*, *Darbergia brownei* y *Machaerium falciforme*. En la zona influenciada por pleamar, se encuentra como especie dominante el mangle negro (*Avicennia germinans*). En la zona litoral se puede encontrar manchones de vegetación sumergida conocida como “ceibadales” compuestos por *Ruppia marítima* (Robles, 1997).



**Figura 2.** Ríos y arroyos que alimentan la laguna de Sontecomapan. Tomado y modificado de INEGI 2018.



**Figura 3.** Mapa de regiones hidrológicas prioritarias de México, mostrando la región #80, la cual engloba a la laguna de Sontecomapan. Tomado y modificado de Arriaga *et al.* (1998).



**Figura 4.** Ubicación espacial de la laguna de Sontecomapan con referencia del volcán San Martín y el lago de Catemaco. Tomada de Google Earth 2017.

## MATERIAL Y MÉTODO

### *Recopilación y procesamiento de datos de CNCR*

Se consultó la base de datos de la CNCR del IB de la UNAM y se seleccionaron los registros de crustáceos decápodos en la laguna de Sontecomapan a lo largo del tiempo. Los ejemplares fueron revisados e identificados a nivel de especie con ayuda de las claves taxonómicas: Villalobos (1960), Pérez-Farfante (1970), Chace (1972), Williams (1974), Crane (1975), Williams (1984), Abele y Kim (1986), Pérez-Farfante (1997), Villalobos-Hiriart (1998), García-Pérez (2002), Pérez-Mosqueda (2012) y Toledano-Carrasco (2016).

### *Trabajo de campo*

Se realizaron dos colectas de ejemplares en la laguna durante los meses de agosto de 2015 y 2016 abarcando la zona de manglar, desembocaduras de ríos y la barra arenosa. El muestreo fue general sin importar el grado de conservación o afectación antropogénica. En 2015, se colectó en la barra arenosa de Sontecomapan, mientras que, en el 2016, se eligieron seis localidades: 1 y 2, desembocadura del río Coscoapan; 3, El Chancorral; 4, cerca de Los Pollos; 5, canal del Real; 6, El Real. A lo largo de la laguna que presentaron una o varias características que hacen un sistema complejo como lo son: zonas de manglar, pastos marinos, desembocaduras de ríos, zonas fangosas, áreas de pesca y parte de la barra arenosa (Figura 5).

Una vez seleccionados los puntos de muestreo, se utilizaron diferentes artes de pesca, como nucleadores, bombas de extracción por presión, extracción manual y redes de cuchara. También se tomó el registro de parámetros físico-químicos: salinidad, turbidez, oxígeno disuelto, profundidad y temperatura del agua con ayuda de un sensor multiparámetro (YSI, 556 mps). Se comparó de manera visual la composición del suelo en cada zona para conocer el sustrato de cada localidad.



**Figura 5.** Puntos de muestreo dentro de la laguna de Sontecomapan. Loc 1 y 2, desembocadura del río Coscoapan; 3, El Chancorral; 4, cerca de Los Pollos; 5, Canal del Real; 6, El Real. Tomado de Google Earth, 2018.

### ***Trabajo de laboratorio***

Una vez obtenidas, las muestras fueron separadas por morfotipos y conservadas en EtOH70% para su determinación taxonómica.

Los datos obtenidos de la CNCR y los de campo fueron cuantificados e integrados en una base de datos con la cual se evaluó la riqueza de los crustáceos decápodos. Con ayuda de un soporte Mini repo, una lámpara de luz blanca y una cámara Canon EOS Rebel Ef-s 18-5, se fotografiaron 13 organismos, cada uno perteneciente a las 13 familias presentes en la Laguna de Sontecomapan. A partir de los datos, se realizaron análisis estadísticos y los resultados obtenidos se expresaron con gráficas de columnas para

representar gráficas de columnas para analizar los registros de organismos por periodos de colecta, así como la forma en que presentaron familias, géneros y especies.

Se realizó una prueba de Olmstead-Tukey para determinar si las especies registradas han sido históricamente dominantes, comunes, raras o indicadoras. Esta prueba analiza gráficamente la abundancia de cada especie en función del porcentaje de su frecuencia de aparición, quedando como especies dominantes aquellas con abundancias y frecuencias mayores respecto a la media aritmética de ambas variables y como raras a aquellas que poseen un valor bajo de frecuencia en los valores considerados (Luviano-Aparicio, 2013).

Con la lista de especies y fechas de colecta se realizó una curva de acumulación, y con el software EstimateS 9.1.0, se realizó una curva de rarefacción para estimar la riqueza de especies para una submuestra, basada en una muestra de referencia empírica, para ello, se utilizó el estimador de riqueza no paramétrico Chaos 2, el cual se basa en la incidencia de las especies; es decir, se requiere de datos de presencia-ausencia de las especies así como su frecuencia. La rarefacción es un método que fue propuesto para comparar el número de especies cuando las muestras difieren en tamaño. Estima la riqueza de especies en función del tamaño de muestra más pequeño y es bastante útil cuando los únicos datos disponibles son listas de especies con datos sobre sus abundancias (Kraker-Castañeda y Cobar-Carranza, 2011).

Posteriormente, se realizó una indagación sobre los decápodos registrados en las lagunas de Alvarado, Tamiahua y Términos para hacer una comparación de la riqueza de decápodos presentes en otras lagunas.

## RESULTADOS

### *Revisión de ejemplares de CNCR*

Se revisó un total de 441 lotes de la CNCR, en donde se encontraron 43 especies agrupadas en 26 géneros y 13 familias de las cuales se presenta su clasificación de acuerdo con la propuesta de Ahyong *et al.* (2011) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación de los decápodos de la laguna de Sontecomapan registrados en la CNCR

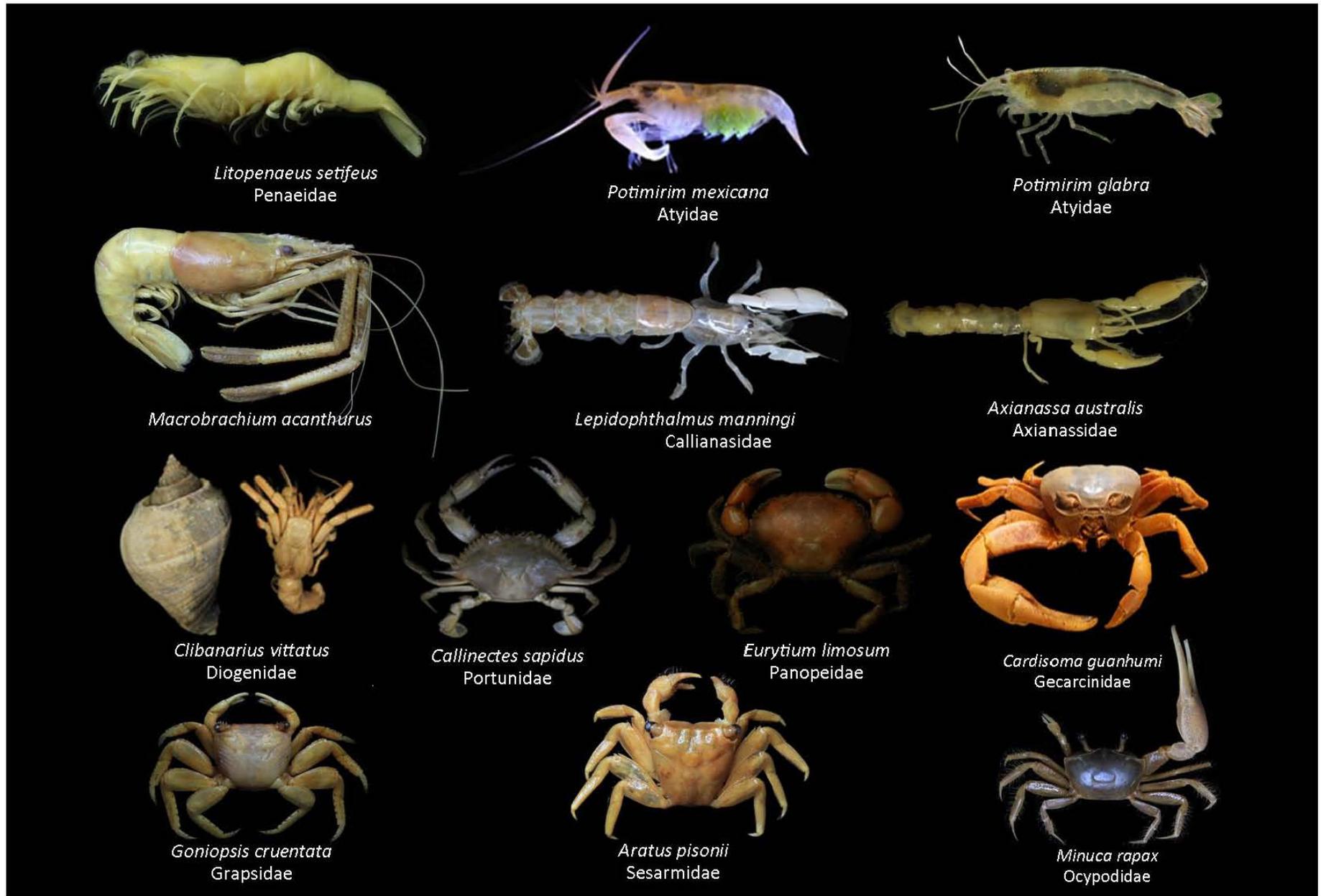
- 
- Reino** Animalia  
**Phylum** Arthropoda von Siebold, 1848  
**Subphylum** Crustacea Brünnich, 1772  
**Clase** Malacostraca Latreille, 1802  
**Subclase** Eumalacostraca Grobben, 1892  
**Superorden** Eucarida Calman, 1904  
**Orden** Decapoda Latreille, 1802  
**Suborden** Dendrobranchiata Spence Bate, 1888  
**Superfamilia** Penaeoidea Rafinesque, 1815  
**Familia** Penaeidae Rafinesque, 1815  
**Género** *Farfantepenaeus* Burukovsky, 1997  
**Especie** *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1891)  
**Especie** *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939)  
**Género** *Litopenaeus* Pérez-Farfante, 1969  
**Especie** *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767)  
**Suborden** Pleocyemata Burkenroad, 1963  
**Infraorden** Caridea Dana, 1852  
**Superfamilia** Alpheoidea Rafinesque, 1815  
**Familia** Alpheidae Rafinesque, 1815  
**Género** *Alpheus* Fabricius, 1798  
**Especie** *Alpheus estuarensis* Christoffersen, 1984  
**Género** *Leptalpheus* Williams, 1965  
**Especie** *Leptalpheus* sp. Williams, 1965  
**Superfamilia** Atyoidea de Haan, 1849  
**Familia** Atyidae de Haan, 1849  
**Género** *Atya* Leach, 1816  
**Especie** *Atya scabra* (Leach, 1816)  
**Género** *Potimirim* Holthuis, 1954  
**Especie** *Potimirim aff. brasiliiana* Villalobos, 1960  
**Especie** *Potimirim mexicana* (de Saussure, 1857)  
**Superfamilia** Palaemonoidea Rafinesque, 1815  
**Familia** Palaemonidae Rafinesque, 1815  
**Género** *Macrobrachium* Spence Bate, 1868

**Especie** *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836)  
**Especie** *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758)  
**Especie** *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1836)  
**Especie** *Macrobrachium hobbsi* Villalobos & Nates 1990  
**Especie** *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836)  
 Infraorden Axiidea Saint Laurent, 1979  
**Familia** Callianassidae Dana, 1852  
**Género** *Callichirus* Stimpson, 1866  
**Especie** *Callichirus major* Say, (1818)  
**Género** *Lepidophthalmus* Holmes, 1904  
**Especie** *Lepidophthalmus manningi* Felder & Staton, 2000  
 Infraorden Gebiidea Saint Laurent, 1979  
**Familia** Axianassidae Schmitt, 1924  
**Género** *Axianassa* Schmitt, 1924  
**Especie** *Axianassa australis* Rodrigues & Shimizu, 1992  
 Infraorden Anomura Mcleay, 1838  
 Superfamilia Paguroidea Latreille, 1802  
**Familia** *Diogenidae* Ortmann, 1892  
**Género** *Clibanarius* Dana, 1851  
**Especie** *Clibanarius vittatus* (Bosc, 1802)  
 Infraorden Brachyura Latreille, 1802  
 Superfamilia Potunoidea Rafinesque, 1815  
**Familia** Portunidae Rafinesque, 1815  
**Género** *Arenaeus* Dana, 1851  
**Especie** *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818)  
**Género** *Callinectes* Stimpson, 1860  
**Especie** *Callinectes marginatus* (Milne Edwards, 1861)  
**Especie** *Callinectes rathubunae* Contreras, 1930  
**Especie** *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896  
**Especie** *Callinectes similis* Williams, 1966  
 Superfamilia Xanthoidea MacLeay, 1838  
**Familia** Panopeidae Ortmann, 1893  
**Género** *Eurypanopeus* Milne-Edwards, 1880  
**Especie** *Eurypanopeus depressus* (Smith, 1869)  
**Género** *Eurytium* Stimpson, 1859  
**Especie** *Eurytium limosum* (Say, 1818)  
**Género** *Panopeus* Milne-Edwards, 1834  
**Especie** *Panopeus herbstii* (H. Milne-Edwards, 1834)  
**Especie** *Panopeus lacustris* Desbonne, 1867  
**Especie** *Panopeus simpsoni* Rathbun 1930  
 Superfamilia Grapsoidea Mcleay, 1838  
**Familia** Gecarcinidae MacLeay, 1838  
**Género** *Cardisoma* Latreille, 1828  
**Especie** *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828  
**Género** *Gecarcinus* Leach, 1814  
**Especie** *Gecarcinus lateralis* (Guérin, 1832)  
**Familia** Grapsidae MacLeay, 1838  
**Género** *Goniopsis* De Haan, 1833  
**Especie** *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803)  
**Género** *Pachygrapsus* Randall, 1840  
**Especie** *Pachygrapsus gracilis* (Saussure, 1857)

**Especie** *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850)  
**Familia** Sesarmidae Dana, 1851  
**Género** *Aratus* Milne Edwards, 1853  
**Especie** *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards, 1837)  
**Género** *Armases* Abele, 1992  
**Especie** *Armases americanum* (de Saussure, 1858)  
**Especie** *Armases cinereum* (Bosc, 1802)  
**Especie** *Armases ricordi* (H. Milne Edwards, 1853)  
**Género** *Sesarma* Say, 1817  
**Especie** *Sesarma crassipes* Cano, 1889  
**Especie** *Sesarma curacaoense* (de Man, 1892)  
 Superfamilia Ocypodoidea Rafinesque, 1815  
**Familia** Ocypodidae Rafinesque, 1815  
**Género** *Minuca* Bott, 1954  
**Especie** *Minuca rapax* (Smith, 1870)  
**Especie** *Minuca virens* (Salmon & Atsides, 1968)  
**Especie** *Minuca vocator* (Herbst, 1804)  
**Género** *Ocypode* Weber, 1795  
**Especie** *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787)  
**Género** *Ucides* Rathbun, 1897  
**Especie** *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)

---

Las especies más representativas que se encontraron en la laguna de Sontecomapan, pertenecen a las siguientes familias: Penaeidae (*Litopenaeus setiferus*), Alpheidae (*Leptalpheus* sp.), Atyidae (*Potimirim mexicana*), Palaemonidae (*Macrobrachium acanthurus*), Callianassidae (*Lepidophthalmus manningi*), Axianassidae (*Axianassa australis*), Diogenidae (*Clibanarius vittatus*), Portunidae (*Callinectes sapidus*), Panopeidae (*Eurytium limosum*), Gecarcinidae (*Cardisoma guanhumi*), Grapsidae (*Goniopsis cruentata*), Sesarmidae (*Aratus pisonii*), Ocypodidae (*Minuca rapax*) (Fig. 6).



**Figura 6.** Especies representativas de cada familia de crustáceos decápodos de la laguna de Sontecomapan, registradas en la CNCR.

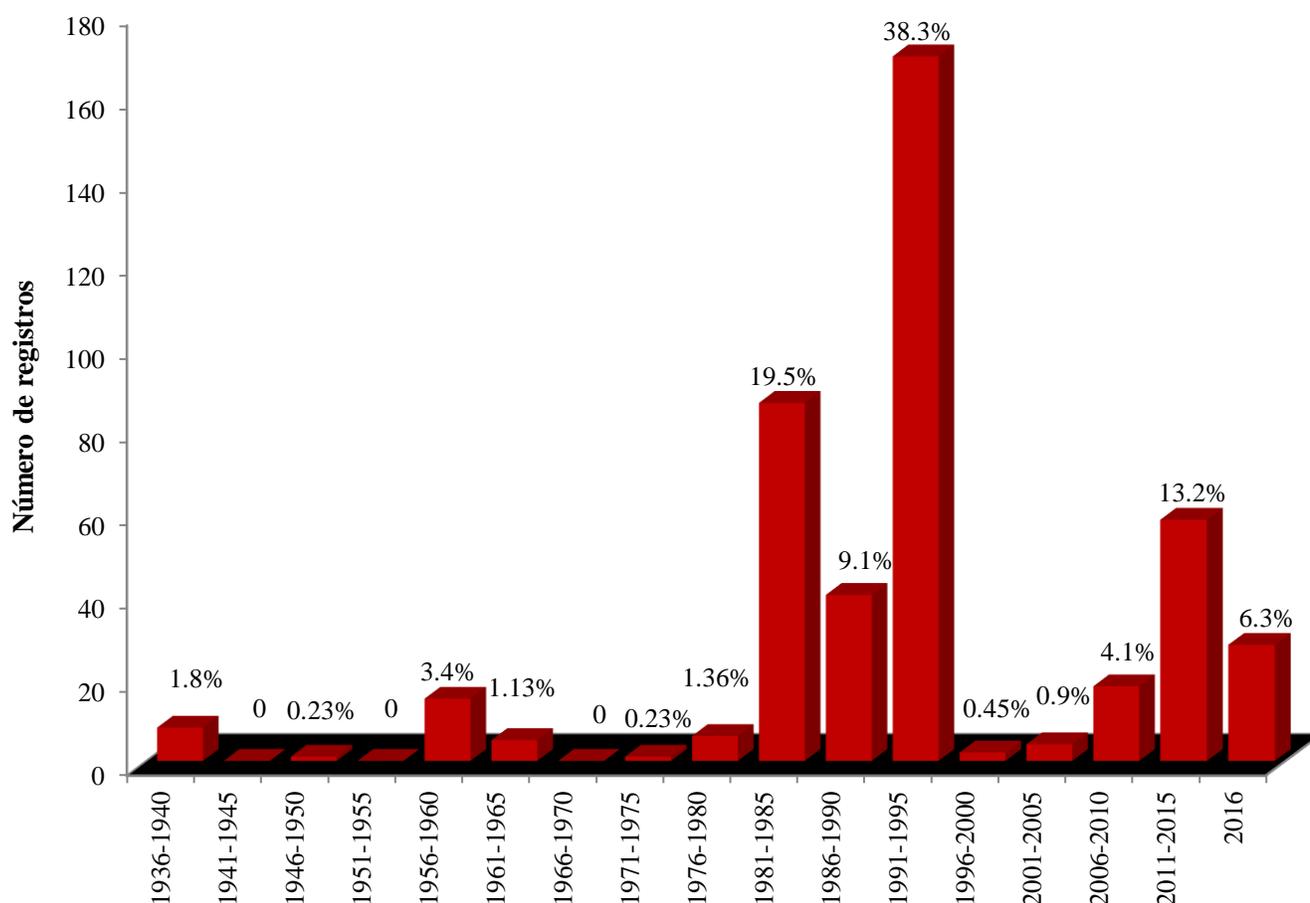
La tabla 2 muestra la lista de especies de decápodos por familia, de la laguna de Sontecomapan registrados en la Colección Nacional de Crustáceos con el número de registros de cada especie.

**Tabla 2.** Lista de especies de decápodos de la laguna de Sontecomapan registradas en CNCR del Instituto de Biología, UNAM.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Número de registros</b>
Penaeidae	<i>Farfantepenaeus aztecus</i>	6
	<i>Fanfantepenaeus duorarum</i>	15
	<i>Litopenaeus setiferus</i>	9
Alpheidae	<i>Alpheus estuarensis</i>	2
	<i>Leptalpheus sp.</i>	4
Atyidae	<i>Atya scabra</i>	4
	<i>Potimirim brasiliiana</i>	2
	<i>Potimirim mexicana</i>	5
Palemonidae	<i>Potimirim sp.</i>	2
	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	46
	<i>Macrobrachium carcinus</i>	4
	<i>Macrobrachium heterochirus</i>	2
Callinassidae	<i>Macrobrachium hobbsi</i>	10
	<i>Macrobrachium olfersii</i>	6
	<i>Macrobrachium sp. (juv)</i>	6
	<i>Callichirus major</i>	3
	<i>Lepidophtalmus manningi</i>	8
Axianassidae	<i>Axianassa australis</i>	1
Diogenidae	<i>Clibanarius vittatus</i>	14
Portunidae	<i>Arenaeus cribrarius</i>	3
	<i>Callinectes marginatus</i>	2
	<i>Callinectes rathbunae</i>	60
	<i>Callinectes sapidus</i>	72
	<i>Callinectes similis</i>	21
	<i>Callinectes sp. (juv)</i>	12
Panopeidae	<i>Eurypanopeus depressus</i>	8
	<i>Eurytium limosum</i>	3
	<i>Panopeus lacustris</i>	2
	<i>Panopeus simpsoni</i>	2
	<i>Panopeus herbstii</i>	1
Gecarcinidae	<i>Cardisoma guanhumi</i>	7
	<i>Gecarcinus lateralis</i>	1
Grapsidae	<i>Goniopsis cruentata</i>	6
	<i>Pachygrapsus gracilis</i>	24
	<i>Pachygrapsus transversus</i>	1
Sesarmidae	<i>Aratus pisonii</i>	11
	<i>Armases americanum</i>	15
	<i>Armases cinereum</i>	6
	<i>Armases ricordi</i>	2
	<i>Sesarma crassipes</i>	1
	<i>Sesarma curacaoense</i>	4
Ocypodidae	<i>Minuca rapax</i>	10
	<i>Minuca sp.</i>	1
	<i>Minuca virens</i>	9
	<i>Minuca vocator</i>	5
	<i>Ocypode quadrata</i>	1

### ***Recopilación y procesamiento de datos de CNCR***

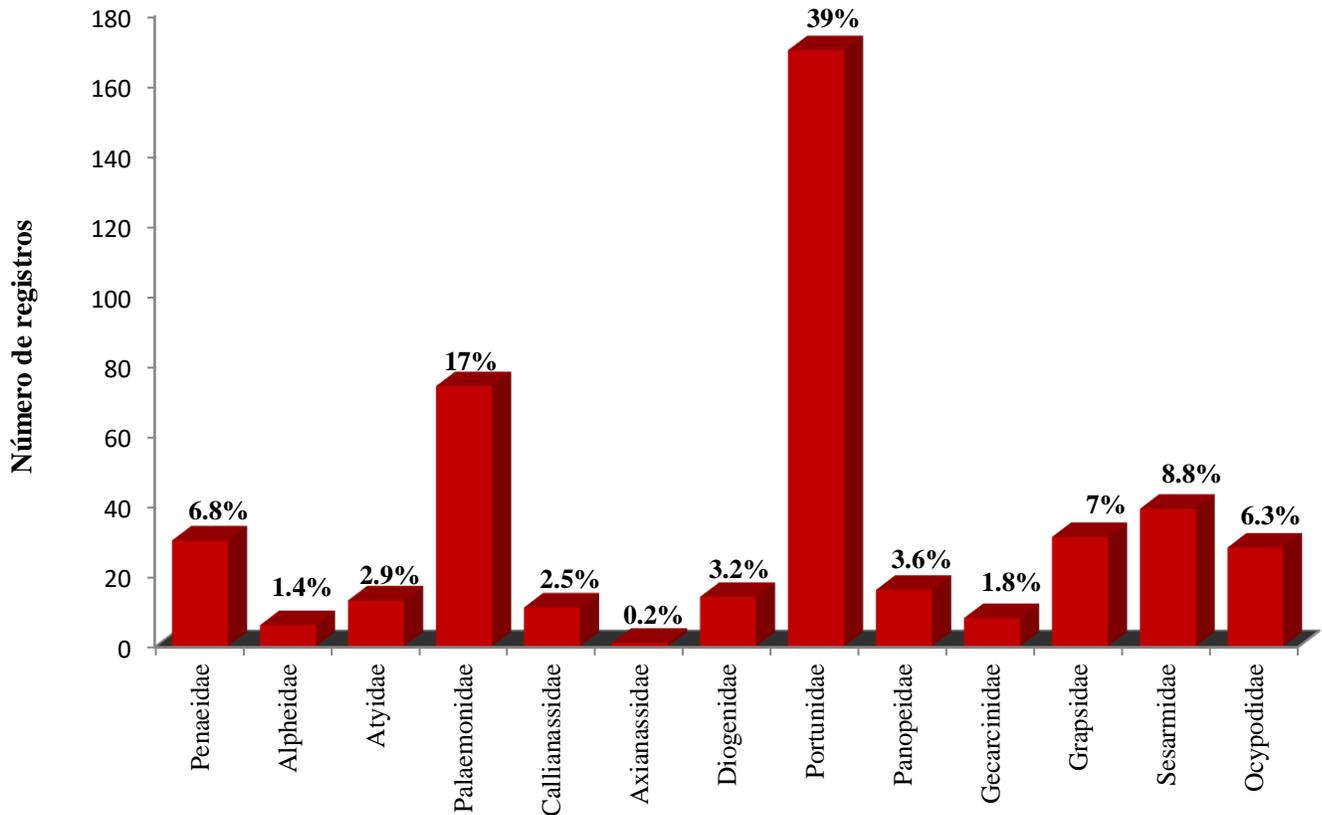
Del total de lotes revisados, se encontró que durante 80 años, la CNCR ha recibido diversas aportaciones de material de investigación provenientes de la laguna de Sontecomapan, donde el registro más antiguo corresponde al año 1936 y el más reciente al año 2016. El número de registros a lo largo de la historia de las investigaciones, ha variado en los diferentes periodos de muestreo (figura 7). El periodo de 1981 a 1995 fue el periodo con más registros de crustáceos decápodos de la laguna de Sontecomapan para la CNCR. En 14 años se obtuvo el 72% de los registros. Dentro del periodo mencionado, se observó que de 1991 a 1995 se obtuvieron el 41% del total de los registros.



**Figura 7.** Registros por periodos de muestreo en la laguna de Sontecomapan, depositados en la CNCR.

Como resultado de ésta revisión, se observó que los registros más antiguos (1936), pertenecen a las especies *Arenaeus cribrarius*, *Callinectes marginatus*, *Callinectes sapidus* y *Goniopsis cruentata*. Mientras que las especies más recientemente registradas (2016), son en su mayoría el resultado de un esfuerzo por muestrear en una zona amplia de la laguna, por lo que, entre los registros obtenidos hay organismos de las familias Penaeidae (*Farfantepenaeus aztecus*, *F. duorarum*), Atyidae (*Potimirim mexicana*), Axianassidae (*Axianassa australis*), Palaemonidae (*Macrobrachium acanthurus*), Portunidae (*Callinectes similis*) Panopeidae (*Eurypanopeus depressus*, *Panopeus herbstii*), Grapsidae (*Pachygrapsus gracilis*) y Sesarmidae (*Aratus pisonii*, *Armases cinereum*).

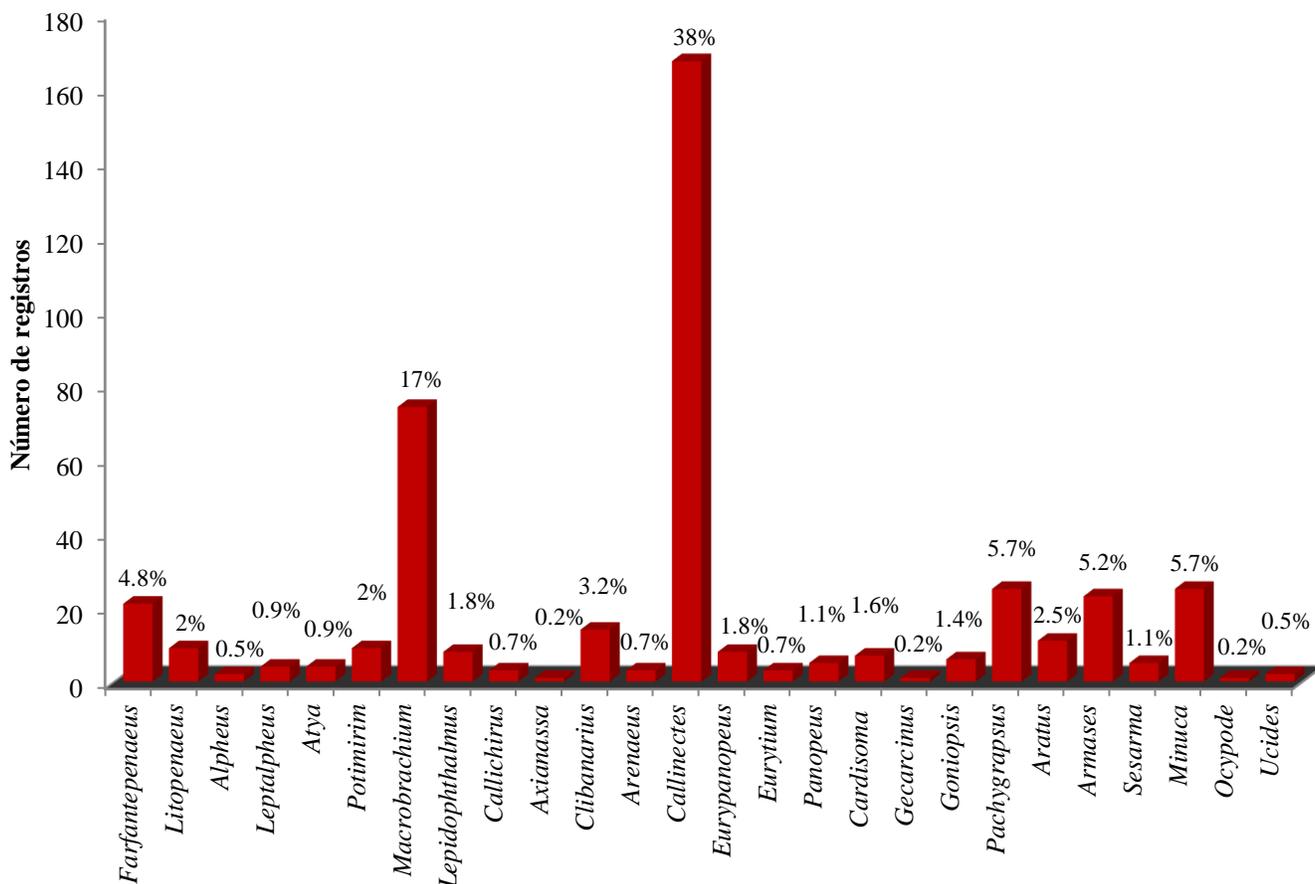
La familia con más registros dentro de la CNCR fue Portunidae con 171 (39%), seguida por Palaemonidae, con 75 (17%) y Sesarmidae con 39 (8.8%) (Fig. 8). Por el contrario, las familias más escasamente representadas fueron Axianassidae (0.2%) y Alpheidae con (1.4%).



**Figura 8.** Número de registros por familias de los decápodos de la laguna de Sontecomapan depositadas en la CNCR.

El género más frecuente en la CNCR es *Callinectes*, que con 167 registros representa el 38% del total, seguido de *Macrobrachium* con 74 (17%) y del género *Pachygrapsus* con 25 y el 5.7%. Por otra parte los géneros *Axianassa*, *Gecarcinus* y *Ocypode*, contaron con sólo un registro dentro de la CNCR (Figura 9).

Tal como lo muestra la figura 10, a nivel de especie, los registros más abundantes de la CNCR fueron para *Callinectes sapidus*, con 72 registros (16%), seguido de *Callinectes rathbunae*, con 60 registros (14%) y de *Macrobrachium acanthurus* con 39 registros (10%). Por otra parte, se encontraron especies que sólo cuentan con un registro para la laguna de Sontecomapan, entre ellas están *Axianassa australis*, *Panopeus herbstii*, *Gecarcinus lateralis*, *Pachygrapsus transversus*, *Sesarma crassipes* y *Ocypode quadrata*.



**Figura 9.** Número de registros por géneros de los decápodos de la laguna de Sontecomapan depositados en la CNCR.

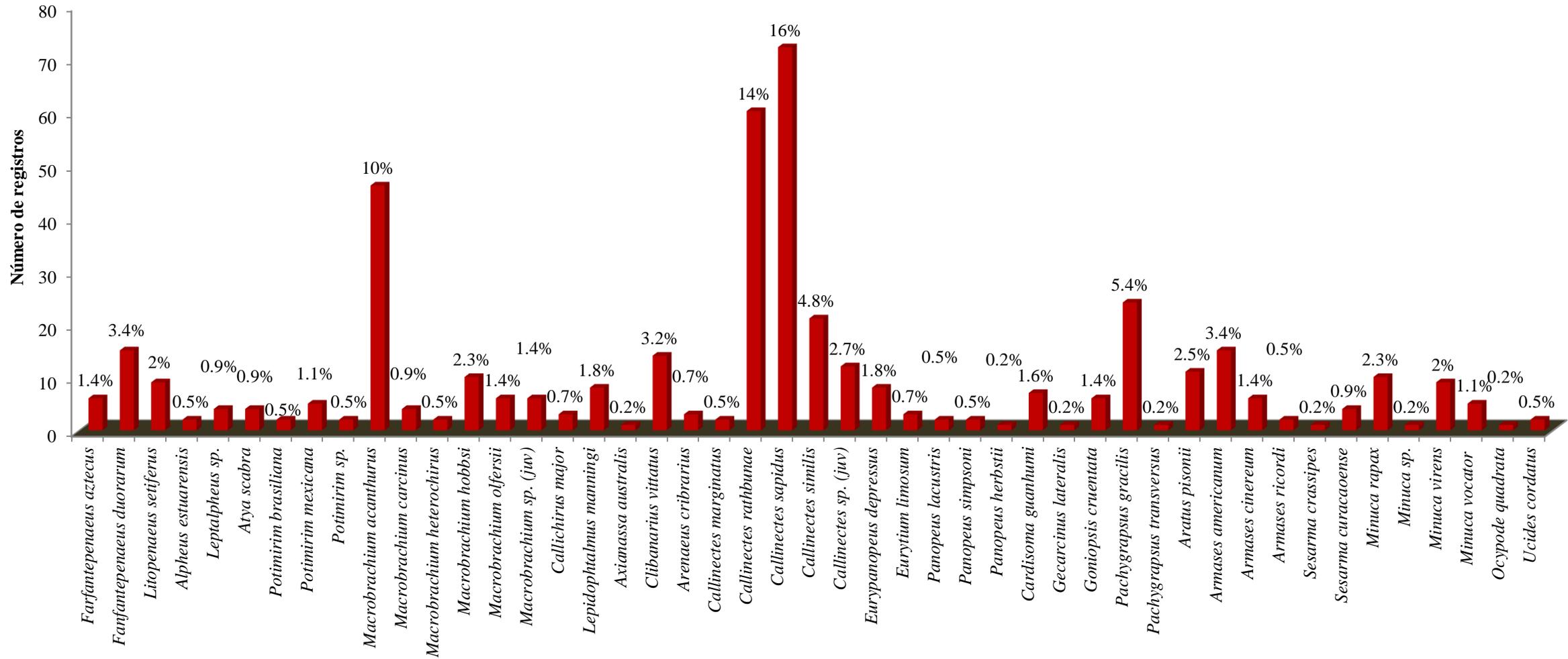


Figura 10. Número de registros por especie de los decápodos de la laguna de Sontecomapan depositados en la CNCR

De igual manera, al revisar los registros de la CNCR, se pudieron ubicar las zonas en las que los organismos han sido capturados a lo largo del tiempo. Lo anterior se muestra en la figura 11, la cual señala la distribución histórica de los organismos, a nivel de familia. Puede observarse que existen familias que se encontraron a lo largo de toda la laguna, como es el caso de Penaeidae, Palaemonidae, Grapsidae y Ocypodidae. En otros casos, como en el de la familia Diogenidae y Panopeidae, se han registrado en la parte central y norte de la laguna. O la familia Callianassidae, que se ha registrado sólo en la parte de la barra arenosa. También, hay sitios que han sido poco visitados para obtener muestras, como el río El Sábalo, Arroyo Bocana, El Chancorral, El Zacatal o el arroyo Chuniapan.

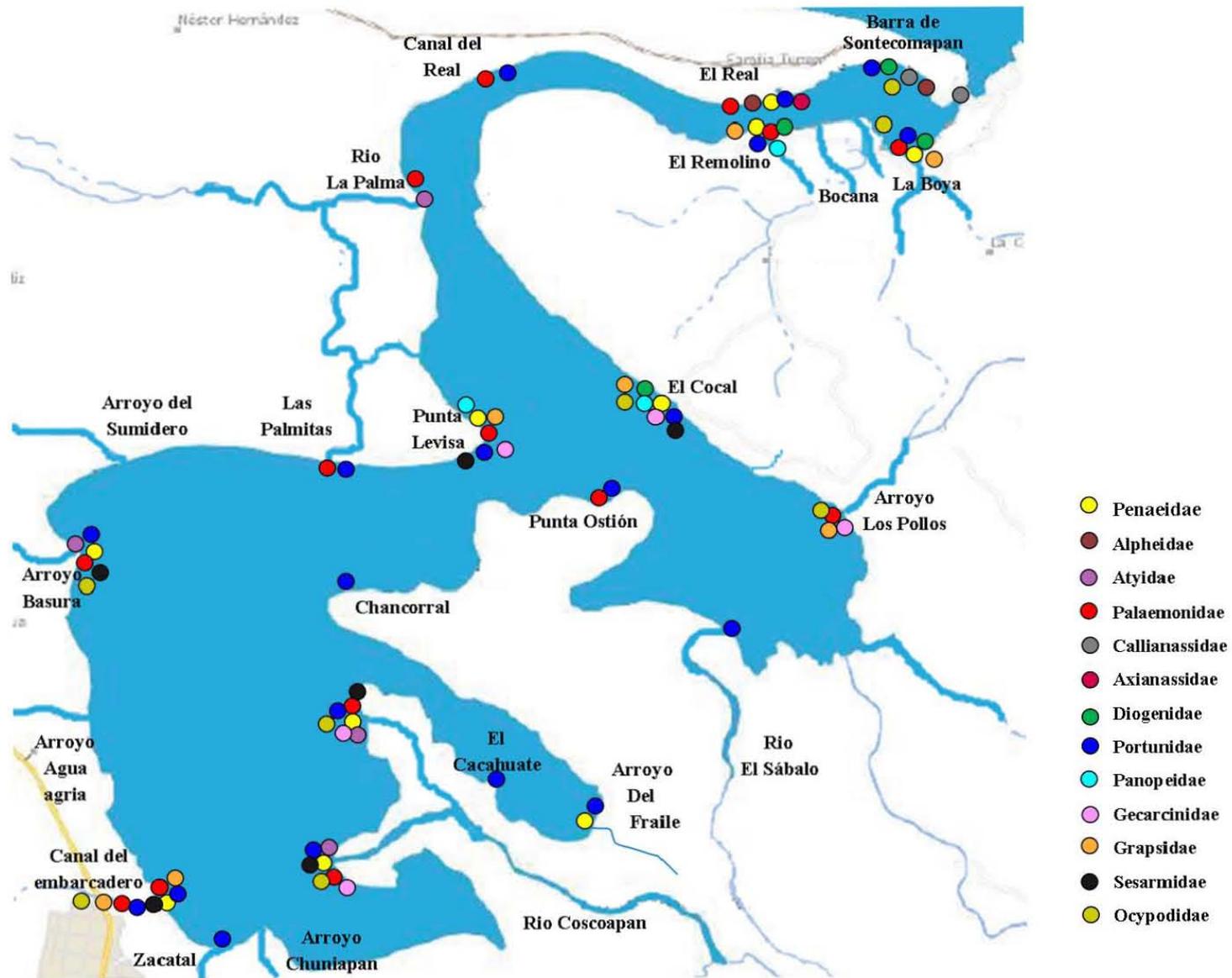
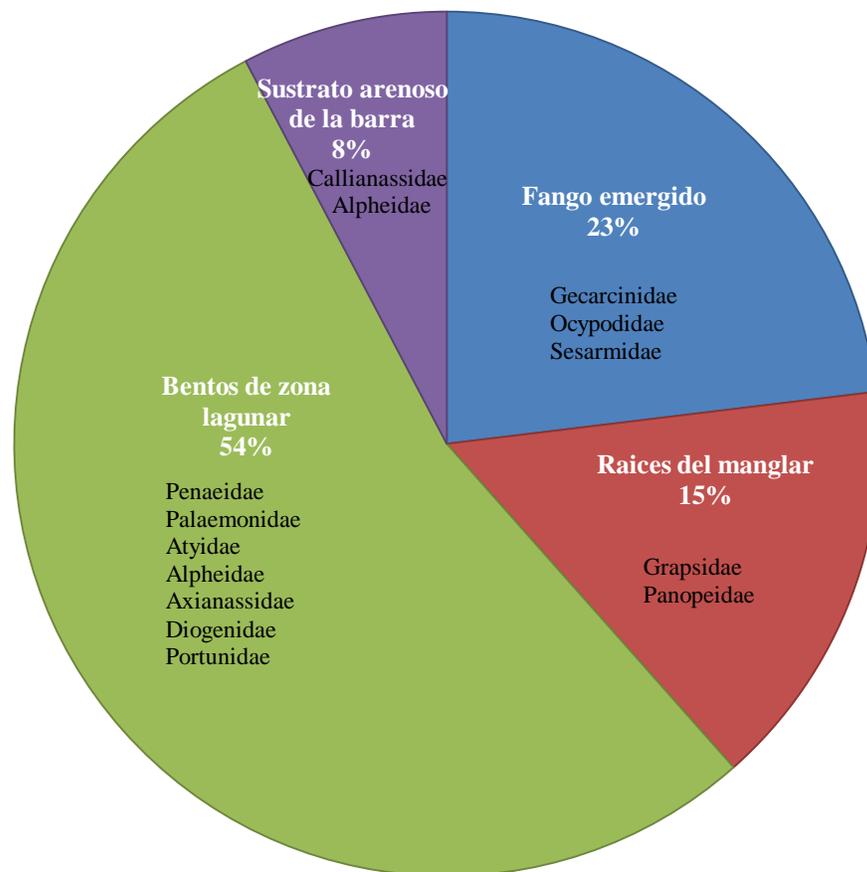


Figura 11. Distribución de familias de decápodos registrados en la CNCR en la laguna de Sontecomapan

De acuerdo con distribución de las familias de decápodos presentes en la laguna de Sontecomapan se establecieron cuatro ambientes principales clasificados como: 1) raíces de mangle, 2) fango emergido contiguo a raíces de mangle, 3) bentos de la laguna y 4) barra arenosa.

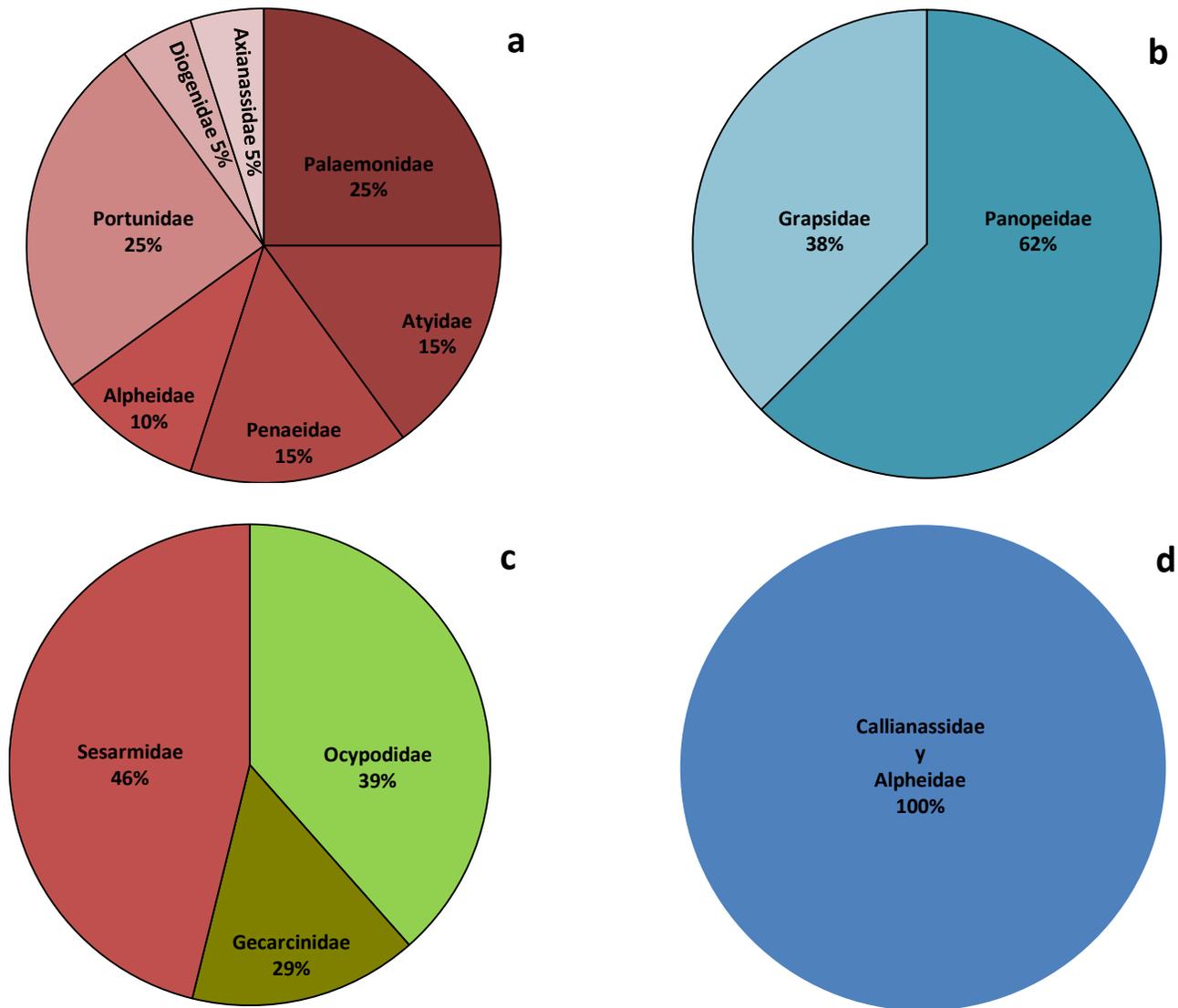
Del total de registros obtenidos en la CNCR, el ambiente nombrado bentos lagunar, es donde se acumula el mayor número de familias de decápodos (54%), seguido del fango (23%) y de raíces del manglar (15%). La barra arenosa es la que menos registros presentó (8%). La figura 12 muestra el porcentaje de familias de decápodos de acuerdo al ambiente en que se encontraron y cuales son las familias que habitan cada ambiente.



**Figura 12.** Porcentaje de familias de decápodos de acuerdo al tipo de ambiente en que se encontraron. Datos de la CNCR.

En la figura 13 se muestra el porcentaje de familias presentes en los cuatro ambientes considerados en este estudio. La figura 13a nos señala que el bentos lagunar se encontró habitado por siete familias (Penaeidae, Palaemonidae, Atyidae, Alpheidae, Axianassidae, Diogenidae y Portunidae), donde de acuerdo al número de especies registradas, las familias Palaemonidae y Portunidae son las mejor representadas (25%), seguida de Penaeidae y Atyidae (15%), mientras que la familia Alpheidae representa el 10% Axianassidae y Diogenidae representan el 5% cada una, siendo estas las que menos registros presentan en este hábitat. La figura 13b presenta el ambiente raíces de manglar el cual se encontró dominado por dos familias, Grapsidae (38%) y Panopeidae (62%) siendo la segunda, la que más registros presentó en dicho ambiente. La figura 13c muestra a las familias de decápodos que habitan en el fango emergido de zona manglar, se encontraron organismos de la familia Gecarcinidae (29%), Sesarmidae (46%) y Ocypodidae (39%), siendo la segunda familia la mejor representada. Por último, la figura 13d muestra que el sustrato arenoso de la barra de Sontecomapan, está dominado por la familia Callianassidae, sin embargo, existe una relación simbiótica no forzada con organismos de la familia Alpheidae y otros organismos, los cuales utilizan las galerías de los calianásidos como refugio (Figura 13).

La tabla 3 muestra características físicas y químicas de las zonas de muestreo. La profundidad promedio de los seis sitios fue 63 cm. La temperatura se presentó muy homogénea en cualquiera de las zonas, oscilando entre los 28 y los 30° C. La zona 4 mostró la mayor concentración salina (22 ppm), seguida de la zona 6 (16.83 ppm). Mientras que la zona 1 y 2 presentó la concentración salina más baja (1.31). Tomando en cuenta que el recorrido de las zonas de muestreo comenzó desde el embarcadero de Sontecomapan hacia la barra de Sontecomapan, la numeración de las mismas se dio en ese sentido, por lo tanto, se puede apreciar un aumento en la salinidad en dirección hacia la barra de Sontecomapan. El pH presentó una variación mínima entre las localidades, donde el más bajo se presentó en la zona 1 (7.97) y el más alto en la zona 6 (9.06). En cuanto al sustrato, se logró observar que existe heterogeneidad importante, donde la materia orgánica en descomposición, las conchas de moluscos fragmentados, los pastos, fango, arena, arcilla, etc., permiten la diversidad biológica.

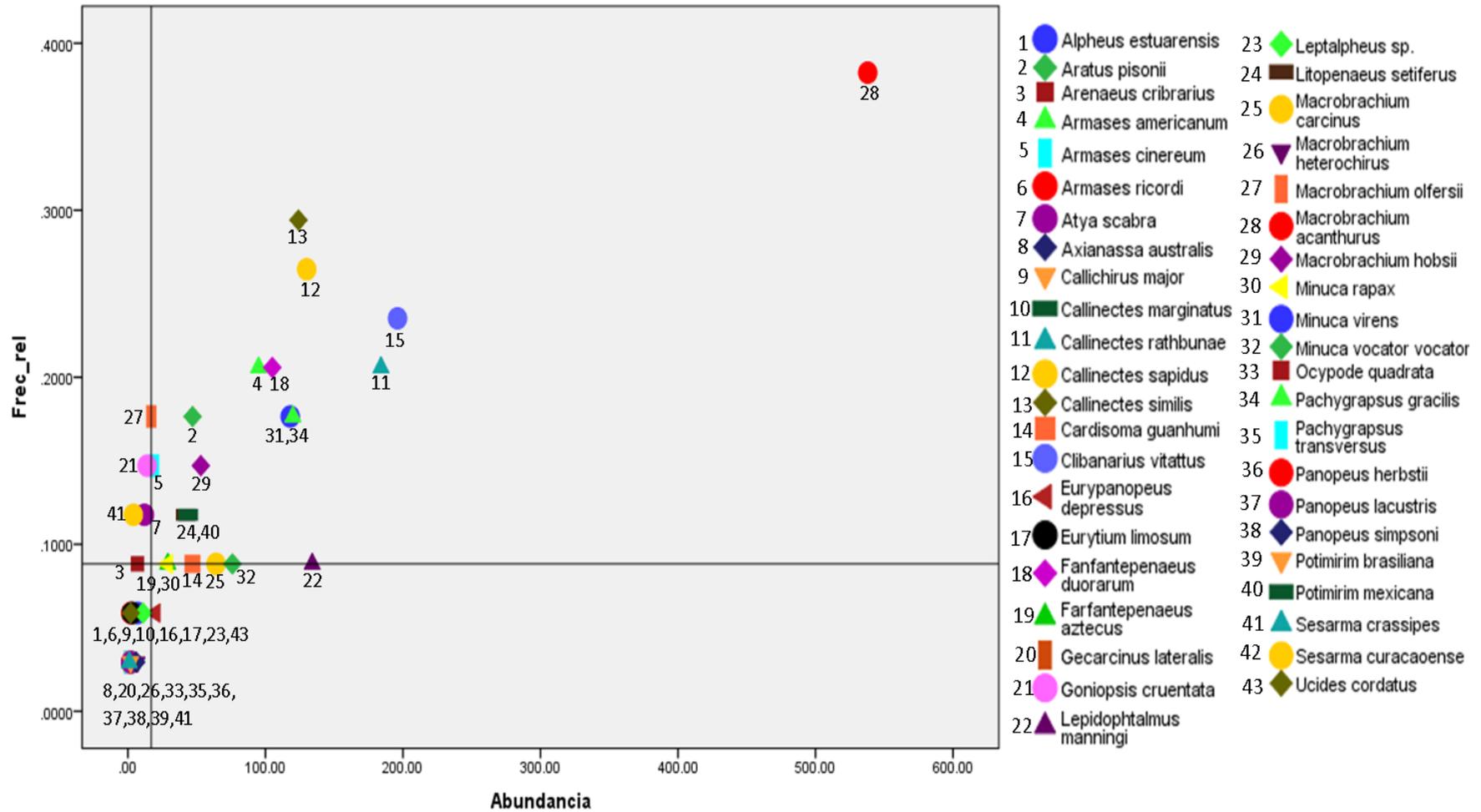


**Figura 13.** Porcentaje de familias presentes en los cuatro ambientes. A, Bentos lagunar; b, Raíces de manglar; C, Fango emergido de zona manglar; d, Barra de arena

**Tabla 3.** Parámetros físico-químicos obtenidos en cada zona de muestreo.

<b>Zona</b>	<b>Hora</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Salinidad (‰)</b>	<b>pH</b>	<b>Sustrato</b>
1	10:42 a.m.	18°30'43'' N 95°01'26'' W	61.5	28.4	1.31	7.97	Fango, pastos, limo, arcilla.
2	11:23 a.m.	18°30'43'' N 95°01'25'' W	58.5	29.5	1.74	8.42	Fango, Limo, arcilla.
3	11:56 a.m.	18°37'93'' N 95°08'47'' W	63	29.7	5.08	8.52	Lodo, trozos concha.
4	12:54 p.m.	18°32'53'' N 95°00'61'' W	79	30.14	22	8.74	Lodo, rocas.
5	13:32 p.m.	18°32'97'' N 95°10'65'' W	60	30.01	5.34	8.8	Fango.
6	14:00 p.m.	18°33'21'' N 94°59'91'' W	55	30.69	16.83	9.06	Fango, pastos.

Se realizó una prueba de Olsmtead-Tukey (Figura 14), que al tener la frecuencia relativa de los registros en función de la abundancia de los mismos, nos ha permitido demostrar que la especie más dominante es *Macrobrachium acanthurus*, puesto que ha aparecido con una mayor frecuencia y abundancia, en comparación con las demás especies a través de la historia de los muestreos. El diagrama de asociación muestra que 16 especies (*Aratus pisonii*, *Armases americanum*, *Armases cinereum*, *Callinectes rathbunae*, *C. sapidus*, *C. similis*, *Clibanarius vittatus*, *Farfantepenaeus duorarum*, *Lepidophthalmus manningi*, *Litopenaeus setiferus*, *Macrobrachium acanthurus*, *M. hobsii*, *M. olfersii*, *Minuca virens*, *Pachygrapsus gracilis*, y *Potimirim mexicana*) se encuentran como especies dominantes en el sistema (cuadrante superior derecho), mientras que cuatro especies (*Arenaeus cribrarius*, *Atya scabra*, *Goniopsis cruentata*, *Sesarma curacaoense*), están presentes como especies ocasionales (cuadrante superior izquierdo). El cuadrante inferior izquierdo muestra que 17 especies se comportan como especies raras (*Alpheus estuarensis*, *Armases ricordi*, *Axianassa australis*, *Callichirus major*, *Callinectes marginatus*, *Eurytium limosum*, *Gecarcinus lateralis*, *Leptalpheus sp.*, *Macrobrachium heterochirus*, *Ocypode quadrata*, *Pachygrapsus transversus*, *Panopeus herbstii*, *Panopeus lacustris*, *P. simpsoni*, *Potimirim aff. brasiliana*, *Sesarma crassipes*). Mientras que el cuadro inferior derecho muestra que seis especies (*Cardisoma guanhumi*, *Eurypanopeus depressus*, *Farfantepenaeus aztecus*, *Macrobrachium carcinus*, *Minuca rapax*, *Minuca vocator*), se han presentado como especies comunes en la laguna a lo largo de la historia de colecta, registrada en la CNCR. Este análisis entre la abundancia y frecuencia de aparición en los muestreos de cada especie, reveló que existe un alto porcentaje de especies raras (39.53%) en la laguna de Sontecomapan. Pero al mismo tiempo, el porcentaje de especies que dominan el sistema, también es alto (37.22%). Las especies que son comunes estuvieron representadas por el 13.95%, y las ocasionales, son pocas, sólo se encontró el 9.3%.



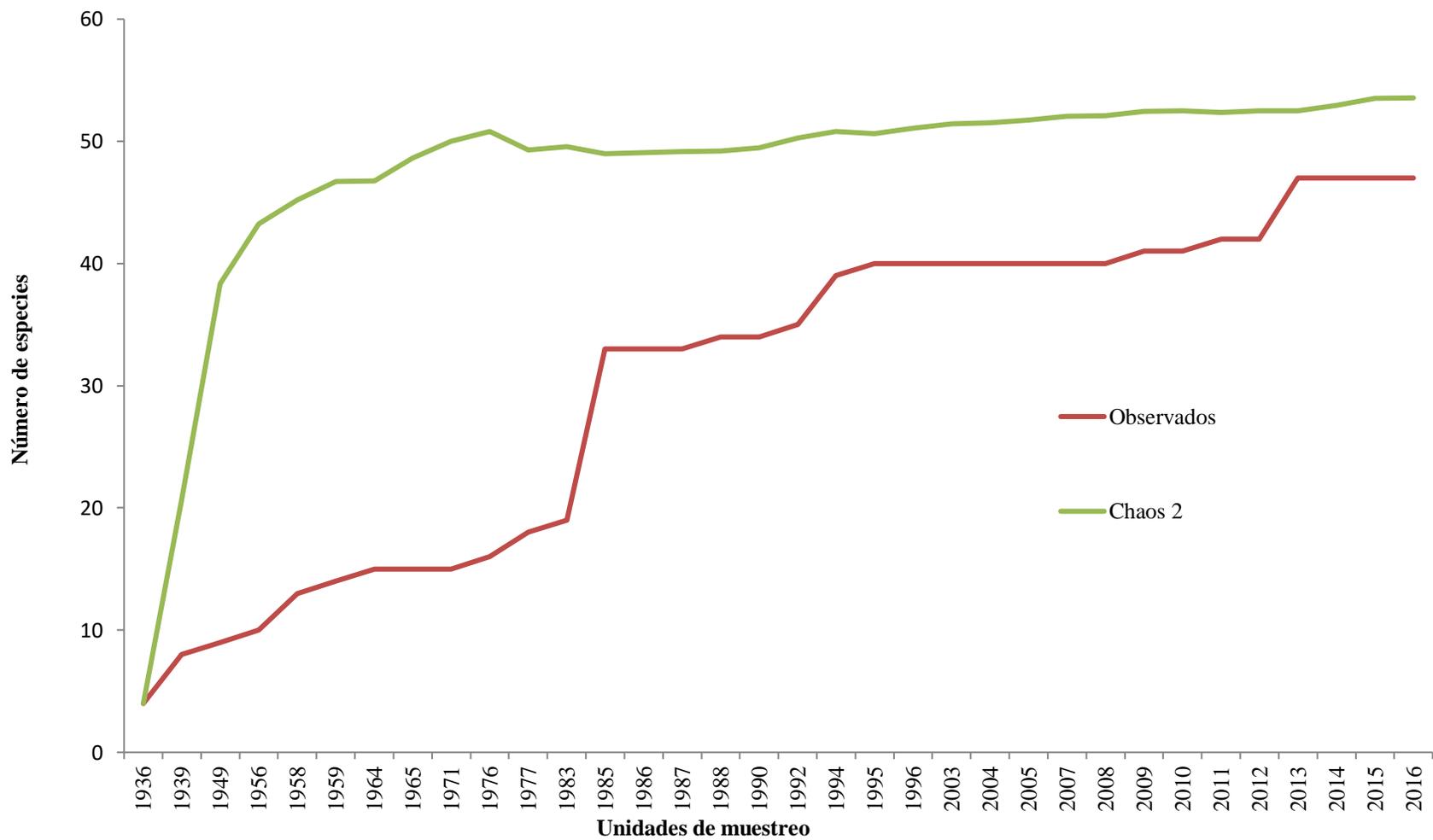
**Figura 14.** Diagrama de asociación Olmstead-Tukey. Especies ocasionales (cuadrante superior izquierdo), especies dominantes (cuadrante superior derecho), especies raras (cuadrante inferior izquierdo) y especies comunes (cuadrante inferior derecho) de decápodos de la laguna de Sontecomapan.

Por otra parte, en la tabla 4, se muestra una comparación general de los registros obtenidos desde el año 1936 hasta 2016. Se puede observar a detalle la heterogeneidad de los resultados obtenidos por año de muestreo. Se aprecia que las especies no fueron capturadas continuamente, es decir, su aparición durante esos años, se dio de manera puntual y no continua. Puesto que se encontraron especies que sólo han sido colectadas en una sola ocasión, entre ellas *Macrobrachium heterochirus*, *Panopeus lacustris*, *P. simpsoni*, *Gecarcinus lateralis*, *Pachygrapsus transversus*, *Sesarma crassipes* y *Ucides cordatus*. Hubo principalmente tres años: 1985, 1994 y 1995, en donde se colectaron más especies, 23, 17 y 21, respectivamente. Pero el año 1985, en el cual se colectaron 23, fue el cual aportó la mayor cantidad de registros a la CNCR mientras que los años en los que se obtuvo una sola especie fueron, 1949, 1956, 1965, 1971, 1990, 2004 y 2005.

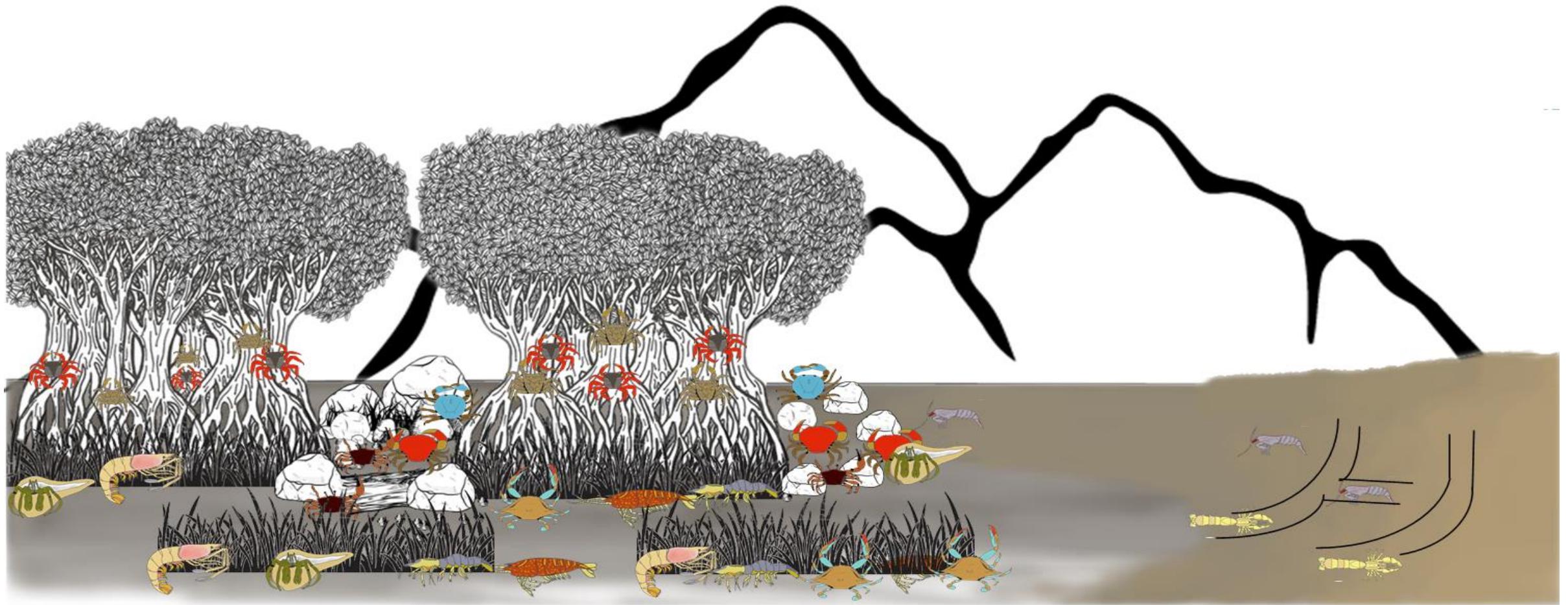


La figura 15 muestra las curvas de acumulación y de rarefacción de las especies de decápodos en la laguna de Sontecomapan que fue resultado de la historia de los muestreos de la CNCR. En donde se percibe que el esfuerzo de colecta aplicado a los decápodos de la laguna, ha permanecido activo durante muchos años (86), lo que ha permitido que se incluyan nuevas especies al catálogo de la CNCR. Esto se refleja en la curva, con una tendencia al ascenso y que no haya llegado a su asíntota hasta el momento. Una sección de la curva, entre 1980 y 1990, es la que se percibe con una pendiente más inclinada, esto debido al año 1985, en donde se recolectaron 23 especies, de las cuales, 14 no se habían registrado antes, y provocaron este cambio brusco en la gráfica. Otros periodos, entre 1995 y 2005, y de 2012 a 2016 no muestran cambios en la pendiente de la curva, esto debido a que no hubo especies nuevas colectadas hasta esos años. La extrapolación de los datos observados, hacia una curva de rarefacción, con el estimador de riqueza Chao 2, calcula, que con un esfuerzo de muestreo infinito, se registrarían 52 especies de crustáceos decápodos en la laguna de Sontecomapan. Un número por encima del resultado obtenido en los datos observados, pero muy próximo, con una diferencia de 9 potenciales especies por determinar. Esto sugiere que se deben realizar más muestreos periódicos con un mayor esfuerzo de colecta.

Finalmente, como resultado del presente estudio, se vuelve a hacer evidente que cada especie requiere de condiciones ecofisiológicas específicas para su plena adaptación a un ambiente determinado. En la figura 16, se ilustra la ubicación de cada familia dentro de la laguna.



**Figura 15.** Curva de acumulación y rarefacción de especies de decápodos de la laguna de Sontecomapan.



**Figura 16.** Representación gráfica del perfil de la laguna de Sontecomapan, mostrando la distribución de los crustáceos decápodos por familia.

## ***Comparación de la fauna carcinológica***

### ***Laguna de Alvarado***

Raz-Guzmán (1992), reportó 6 familias, 15 géneros y 20 especies López dentro de la laguna de Alvarado. López (1999), realizó una serie de muestreos en enero, febrero, marzo, abril y agosto de 1995 en la laguna Camaronera de Alvarado, donde se reportaron siete familias, 14 géneros y 19 especies de decápodos de importancia económica para los habitantes de la región. Flores-Torres (2003), reporta para la laguna de Alvarado, la presencia de catorce especies de crustáceos decápodos, asociados a las raíces de mangle, éstas, sumadas a las de López (1999), dan un total de 34 especies reportadas para la laguna de Alvarado.

### ***Laguna de Tamiahua***

En el año 1996 Raz-Guzman publicó un catálogo ilustrado de cangrejos braquiuros de la laguna de Tamiahua, en él, reporta la presencia de 23 especies de decápodos distribuidos en 10 familias y 17 géneros. Cid, en 2008 realizó un estudio con camarones peneidos de las especies *Farfantepenaeus aztecus*, *F. duorarum* y *Litopenaeus setiferus*. En 2011, la CONABIO publicó un estudio sobre la biodiversidad del estado de Veracruz. En él, colaboraron Cházaro *et al.* con un artículo llamado “Lista de especies de decápodos dulceacuícolas, marinos, litorales y de plataforma continental presentes en Veracruz, en el cuál mencionan la presencia de 25 especies distribuidas en 14 familias y 20 géneros en la laguna de Tamiahua. En 2012, del Castillo Falconi y Pérez Mosqueda, por separado, realizaron estudios con decápodos del género *Uca*, mencionando 5 especies: *U. panacea*, *U. rapax*, *U. spinicarpa*, *U. virens* y *U. vocator*. En total, se reportan 42 especies, distribuidos en 17 familias y 27 géneros.

### ***Laguna de Términos, Campeche.***

Román-Contreras (1985) reportó la presencia de 10 especies de decápodos distribuidos en 8 familias (*Farfantepenaeus duorarum*, *Alpheus* sp., *Clibanarius vittatus*, *Hexapanopeus angustifrons*, *Panopeus herbstii*, *Phito lherminieri*, *Libinia dubia*, *Callinectes sapidus*, *Persephona mediterránea* y *Palaemonetes vulgaris*). Campos-Lince (1986), menciona la presencia de *Macrobrachium acanthurus*. Román-Contreras (1988)

reporta la presencia de 83 especies de decápodos dentro de la laguna de Términos pertenecientes a 27 familias. Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (1994), reportaron la presencia de 13 familias, 13 géneros y 16 especies de decápodos (*Upogebia affinis*, *Pachygrapsus gracilis*, *Uca* sp., *Clibanarius vittatus*, *Pinnixa* sp., *Petrolisthes armatus*, *Callinectes sapidus*, *C. similis*, *Dyspanopeus texanus*, *Alpheus heterochaleis*, *Hyppolyte pleurocanthus*, *Ogyrides alphaerostris*, *Palaemonetes pugio*, *P. vulgaris*, *F. duorarum*, *Litopenaeus setiferus*) A su vez, Barba-Macías (1995) y Castillo-Rangel (2017), reportaron la presencia de cuatro familias de camarones carídeos (Alpheidae, Thoridae, Hippolytidae y Palaemonidae), y 12 especies (*Alpheus* sp., *Thor dobkini* *T. manningi*, *Hippolyte zostericola*, *Tozeuma carolinense*, *Lautretes fucorum*, *L. parvulus*, *Palaemonetes pugio*, *P. intermedius*, *P. vulgaris*, *Urocaris americanus* y *Urocaris longicaudata*). Ramírez (2006), menciona que en el periodo de 1979 a 1981 se registró la presencia de seis especies de camarones, las cuales son; *L. setiferus*, *F. duorarum*, *F. aztecus*, *Xiphopenaeus kroyeri*, *Sicyonia dorsalis* y *Rimapenaeus similis*. Por otra parte, Schmidtsdorf-Valencia (2009), menciona la presencia, en la laguna de Términos, de seis especies de la superfamilia Paguroidea, tres de la familia Diogenidae (*C. vittatus*, *Paguristes tortugae* y *P. hernancortezii*) y tres de la familia Paguridae (*Pagurus longicarpus*, *P. criniticornis* y *P. maclaughlinae*). En total se reportan 27 familias y 90 especies, lo que convierte a la laguna de Términos en la laguna con mayor riqueza de este estudio. La tabla 5, muestra el número de familias, géneros y especies reportados, tanto por los autores antes mencionados, como por el presente estudio y que han sido objeto de comparación para este trabajo.

**Tabla 5.** Número de Familias, géneros y especies reportados por varios autores para 4 lagunas del Golfo de México, Alvarado, Tamiahua, Términos y Sontecomapan.

Sistema lagunar	Familias	Géneros	Especies	Autor y año
Alvarado (Total de spp.)	6	15	20	Raz-Guzmán 1992
	7	47	19	López-Santana, 1999
	8	11	14	Flores-Torres, 2003
Tamiahua (Total de spp.)	10	17	23	Raz-Guzmán, 1996
	1	2	3	Cid, 2008
	14	20	25	Cházaro <i>et al.</i> , 2011
	1	1	5	Castillo-Falconi, 2012
	1	1	5	Pérez, 2014
Términos (Total de spp.)	8	10	10	Román, 1985
	1	1	1	Campos-Lince, 1986
	27	47	83	Román-Contretas 1988
	13	13	16	Hernández-Alcántara y Solís-Weiss, 1994
	4	7	12	Barba-Macías, 1995
	2	5	6	Ramírez-Moreno, 2006
	2	3	6	Schmidtsdorf-Valencia, 2009
	4	7	12	Castillo-Rangel, 2017
Sontecomapan (Total 43 spp.)	13	29	43	Flores-Medina, 2018

### *Comparación por especies entre lagunas*

Como resultado de ésta búsqueda para comparar la riqueza de decápodos de las lagunas de Sontecomapan, Alvarado, Tamiahua y Términos, se encontró que sumados, los cuatro sitios presentan un total de 117 especies, distribuidas en 25 familias, de las cuales, 12 familias y 43 especies se encuentran presentes en la laguna de Sontecomapan, es decir que de éste total de especies, el 38.5% de las especies y el 48% de las familias se han registrado al menos una vez en la laguna de Sontecomapan. Además, las familias mejor representadas en la laguna de Sontecomapan, al menos en el número de especies, son Atyidae, Portunidae, Panopeidae, Gecarcinidae, Grapsidae y Sesarmidae. La tabla 6

muestra una comparación de presencia-ausencia de las especies reportadas en las cuatro lagunas comparadas.

**Tabla 6.** Presencia o ausencia de las especies de decápodos pertenecientes a las familias presentes en las lagunas comparadas en este estudio.

<b>Penaeidae</b>	<b>Alvarado</b>	<b>Tamiahua</b>	<b>Términos</b>	<b>Sontecompan</b>
<i>Farfantepenaeus aztecus</i>	X	X	X	X
<i>Farfantepenaeus duorarum</i>		X	X	X
<i>Litopenaeus setiferus</i>	X	X	X	X
<i>Rimapenaeus similis</i>			X	
<i>Rimapenaeus constrictus</i>			X	
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>		X	X	
<b>Sicyoniidae</b>				
<i>Sicyonia brevirostris</i>	X	X	X	
<i>Sicyonia dorsalis</i>		X	X	
<b>Luciferidae</b>				
<i>Lucifer faxoni</i>			X	
<b>Sergestidae</b>				
<i>Acetes americanus</i>			X	
<b>Alpheidae</b>				
<i>Alpheus armillatus</i>			X	
<i>Alpheus estuarensis</i>				X
<i>Alpheus floridatus</i>			X	
<i>Alpheus heterochaelis</i>			X	
<i>Alpheus sp.</i>			X	X
<i>Leptalpheus sp.</i>				X
<i>Synalpheus minus</i>			X	
<i>Synalpheus obtusifrons</i>			X	
<i>Synalpheus mccleredoni</i>			X	
<i>Synalpheus fritzmuelleri</i>			X	
<b>Lysmatidae</b>				
<i>Exhippolysmata oplophorides</i>			X	
<b>Thoridae</b>				
<i>Thor dobkini</i>			X	
<i>Thor manningi</i>			X	

<b>Hippolytidae</b>	<b>Alvarado</b>	<b>Tamiahua</b>	<b>Términos</b>	<b>Sontecompan</b>
<i>Hippolyte zostericola</i>		X	X	
<i>Hippolyte pleuracanthus</i>			X	
<i>Latreutes fucorum</i>			X	
<i>Latreutes parvulus</i>			X	
<i>Tozeuma carolensis</i>			X	
<b>Ogyrididae</b>				
<i>Ogyrides alphaerostris</i>			X	
<i>Ogyrides limicola</i>			X	
<i>ogyrides yaquiensis</i>			X	
<b>Atyidae</b>				
<i>Potimirim aff. brasiliana</i>				X
<i>Potimirim mexicana</i>	X			X
<b>Palaemonidae</b>				
<i>Leander tenuicornis</i>			X	
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	X	X	X	X
<i>Macrobrachium carcinus</i>				X
<i>Macrobrachium heterochirus</i>				X
<i>Macrobrachium hobsii</i>				X
<i>Macrobrachium olfersii</i>	X			X
<i>Macrobrachium tenellum</i>			X	
<i>Palaemon northropi</i>			X	
<i>Palaemonetes carteri</i>		X	X	
<i>Palaemonetes intermedius</i>			X	
<i>Palaemonetes octavie</i>			X	
<i>Palaemonetes pugio</i>	X	X	X	
<i>Palaemonetes vulgaris</i>			X	
<i>Periclemenes yucatanicus</i>			X	
<i>Urocaris longicaudata</i>			X	
<i>Squilla neglecta</i>			X	
<b>Callianassidae</b>				
<i>Callichirus major</i>				X
<i>Lepidophthalmus louisianensis</i>		X		
<i>Lepidophthalmus manningi</i>				X
<b>Axianassidae</b>				
<i>Axianassa australis</i>				X
<b>Upogebiidae</b>				
<i>Upogebia affinis</i>			X	

<b>Porcellanidae</b>	<b>Alvarado</b>	<b>Tamiahua</b>	<b>Términos</b>	<b>Sontecomapan</b>
<i>Pachycheles pilosus</i>			X	
<i>Petrolisthes armatus</i>			X	
<i>Petrolisthes galatinus</i>			X	
<b>Hippidae</b>				
<i>Emerita talpoida</i>			X	
<b>Coenobitidae</b>				
<i>Coenobita clypeatus</i>		X		
<b>Diogenidae</b>				
<i>Clibanarius antillensis</i>		X		
<i>Clibanarius vittatus</i>		X	X	X
<i>Paguristes hernancortezi</i>			X	
<i>Paguristes tortugae</i>			X	
<b>Paguridae</b>				
<i>Pagurus annulipe</i>			X	
<i>Pagurus criticornis</i>			X	
<i>Pagurus longicarpus</i>			X	
<i>Pagurus maclaughlinae</i>			X	
<b>Calappidae</b>				
<i>Hepatus aphleticus</i>			X	
<i>Hepatus pudibundus</i>			X	
<b>Menippidae</b>				
<i>Eriphia gonagra</i>		X		
<i>Menippe mercenaria</i>		X		
<b>Leucosidae</b>				
<i>Persephona mediterranea</i>			X	
<b>Epialtidae</b>				
<i>Libinia dubia</i>		X		
<b>Inachoididae</b>				
<i>Stenorhynchus seticornis</i>		X		
<b>Mithracidae</b>				
<i>Mithrax armatus</i>			X	
<i>Mithrax verrucosus</i>			X	
<i>Pitho lherminieri</i>			X	
<b>Parthenopidae</b>				
<i>Hererocrypta granulata</i>			X	

<b>Pilumnidae</b>	<b>Alvarado</b>	<b>Tamiahua</b>	<b>Términos</b>	<b>Sontecomapan</b>
<i>Pilumnus sayi</i>			X	
<i>Pilumnus lacteus</i>			X	
<b>Portunidae</b>				
<i>Arenaeus cribrarius</i>			X	X
<i>Callinectes bucourti</i>			X	
<i>Callinectes marginatus</i>				X
<i>Callinectes ornatus</i>			X	
<i>Callinectes rathbunae</i>	X	X	X	X
<i>Callinectes sapidus</i>	X	X	X	X
<i>Callinectes similis</i>	X	X	X	X
<i>Cronius ruber</i>		X		
<i>portunus gibbessi</i>			X	
<i>Portunus ordwayi</i>		X		
<i>Portunus spinimanus</i>			X	
<b>Panopeidae</b>				
<i>Acantholobulos bermudensis</i>	X	X		
<i>Dyspanopeus texanus</i>	X	X		
<i>Eurypanopeus abbreviatus</i>		X		
<i>Eurypanopeus depressus</i>	X	X	X	X
<i>Eurytium limosum</i>		X		X
<i>Hexapanopeus angustifrons</i>	X		X	
<i>Hexapanopeus paulensis</i>			X	
<i>Neopanope packardi</i>	X		X	
<i>Neopanope texana</i>			X	
<i>Panopeus herbstii</i>	X		X	X
<i>Panopeus lacustris</i>	X			X
<i>Panopeus occidentalis</i>		X	X	
<i>Panopeus simpsoni</i>				X
<i>Panopeus turgidus</i>		X	X	
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>			X	
<b>Pseudorhombilidae</b>				
<i>Micropanope sculptipes</i>			X	
<b>Xanthidae</b>				
<i>Pseudomedeus agassizii</i>			X	
<b>Gecarcinidae</b>				
<i>Cardisoma guanhumi</i>	X	X	X	X
<i>Gecarcinus lateralis</i>	X	X		X

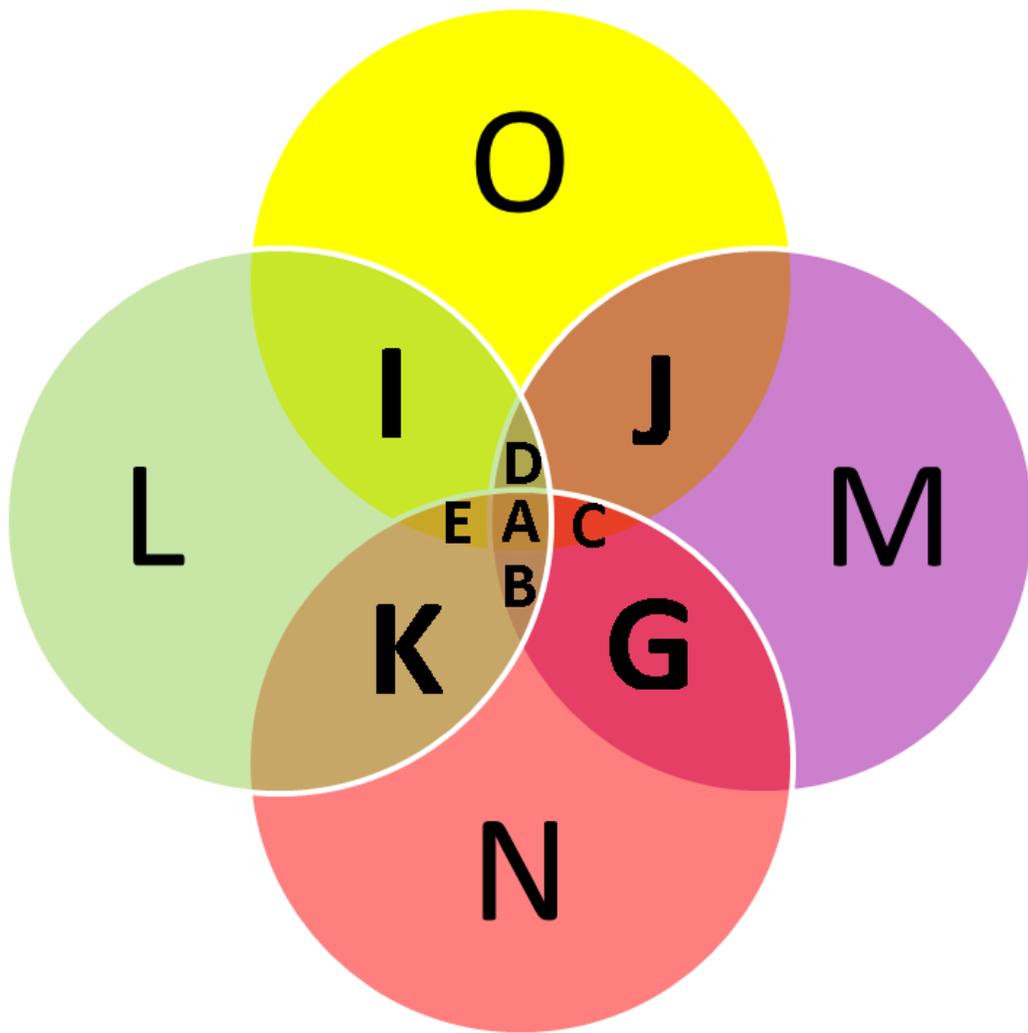
<b>Grapsidae</b>	<b>Alvarado</b>	<b>Tamiahua</b>	<b>Términos</b>	<b>Sontecompan</b>
<i>Goniopsis cruentata</i>		X		X
<i>Pachygrapsus gracilis</i>	X	X	X	X
<i>Pachygrapsus transversus</i>		X		X
<b>Sesarmidae</b>				
<i>Aratus pisonii</i>				X
<i>Armases americanum</i>				X
<i>Armases cinereum</i>	X	X	X	X
<i>Armases ricordii</i>	X	X		X
<i>Sesarma crassipes</i>				X
<i>Sesarma curacaoense</i>		X		X
<i>Sesarma reticulatum</i>	X			
<b>Ocypodidae</b>				
<i>Leptuca panacea</i>		X		
<i>Leptuca pugilator</i>			X	
<i>Leptuca spinicarpa</i>		X	X	X
<i>Minuca marguerita</i>	X			
<i>Minuca pugnax</i>			X	
<i>Minuca rapax</i>		X		X
<i>Minuca virens</i>		X		X
<i>Minuca vocator</i>	X	X		X
<i>Ocypode quadrata</i>		X		X
<i>Ucides cordatus</i>				X

Finalmente, de acuerdo a la comparación realizada entre la carcinofauna de 4 lagunas del golfo de México, con los registros reportados por los diferentes autores, se pudo determinar que hay especies que se comparten entre las 4 lagunas, especies que están presentes sólo en una laguna, en un par de lagunas o hasta en tres lagunas. Así, la tabla 7 muestra los conjuntos formados por las especies presentes en ciertas lagunas y la figura 17, muestra un diagrama de Venn, en el cual de manera gráfica se observa lo antes mencionado, en donde se puede destacar que son 10 las especies (Conjunto A: *Farfantepenaeus aztecus*, *Litopenaeus setiferus*, *Macrobrachium acanthurus*, *Callinectes Rathbunae*, *C. sapidus*, *C. similis*, *Pachygrapsus gracilis* y *Armases cinereum*) que han sido reportadas para las 4 lagunas. Las lagunas de Tamiahua y la laguna de Términos son

las lagunas que comparten más especies dentro de las posibles combinaciones de lagunas (Conjunto J: *Eurytium limosum*, *Goniopsis cruentata*, *P. transversus*, *Sesarma curacaoense*, *Minuca rapax*, *M. virens* y *Ocypode quadrata*). La laguna de Terminos es el cuerpo de agua donde hay un mayor número de especies que no han sido reportadas para otras lagunas (60). Dentro de la laguna de Sontecomapan, habitan 14 especies que no han sido reportadas para otras lagunas (Conjunto O: *Alpheus estuarensis*, *Leptalpheus sp.*, *Potimirim aff. brasiliana*, *Macrobrachium carcinus*, *M. heterochirus*, *M. hobsii*, *Callichirus major*, *Lepidophthalmus manningi*, *Axianassa australis*, *Panopeus simpsoni*, *Aratus pisonii*, *Armases americanum*, *Sesarma crassipes* y *Ucides cordatus*), en donde destaca *A. australis* debido a que no había sido reportada antes en dicha localidad.

**Tabla 7.** Conjuntos formados por especies presentes en ciertas lagunas

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O
4 lag	Alv-tam-ter	Tam-Ter-Sont	Alv-Tam-Sont	Alv-Ter-Sont	Alv-Tam	Tam-Ter	Ter-Sont	Alv-Sont	Tam-Sont	Alv-Term	Solo Alv	Solo Tam	Solo Ter		Solo Sont
<i>F. aztecus</i>	<i>S. brevirostris</i>	<i>F. duorarum</i>	<i>G. lateralis</i>	<i>P. herbstii</i>	<i>A. bermudensis</i>	<i>X. kroyeri</i>	<i>Alpheus</i> sp.	<i>P. mexicana</i>	<i>E. limosum</i>	<i>H. angustifrons</i>	<i>S. reticulatum</i>	<i>L. louisianensis</i>	<i>R. similis</i>	<i>P. pilosus</i>	<i>A. estuarensis</i>
<i>L. setiferus</i>	<i>P. pugio</i>	<i>C. vittatus</i>	<i>A. ricordii</i>		<i>D. texanus</i>	<i>S. dorsalis</i>	<i>A. cribrarius</i>	<i>M. olfersii</i>	<i>G. cruentata</i>	<i>N. Packardii</i>	<i>M marguerita</i>	<i>C. clypeatus</i>	<i>R. constrictus</i>	<i>P. armatus</i>	<i>Leptalpheus</i> sp.
<i>M. acanthurus</i>			<i>M. vocator</i>			<i>H. zoostericola</i>		<i>P. lacustris</i>	<i>P. transversus</i>			<i>C. antillensis</i>	<i>L. faxoni</i>	<i>P. galatinus</i>	<i>P. aff. Brasiliana</i>
<i>C. rathbunae</i>						<i>P. carteri</i>			<i>S. curacaoense</i>			<i>E. gonagra</i>	<i>A. americanus</i>	<i>E. talpoida</i>	<i>M. carcinus</i>
<i>C. sapidus</i>						<i>P. occidentalis</i>			<i>M. rapax</i>			<i>M. mercenaria</i>	<i>A. floridanus</i>	<i>P. hernancortezii</i>	<i>M. heterochirus</i>
<i>C. similis</i>						<i>P. turgidus</i>			<i>M. virens</i>			<i>L. dubia</i>	<i>A. heterochaelis</i>	<i>P. tortugae</i>	<i>M. hobsii</i>
<i>E. depressus</i>									<i>O. quadrata</i>			<i>S. seticornis</i>	<i>S. minus</i>	<i>P. annulipe</i>	<i>C. major</i>
<i>C. guanhumii</i>												<i>C. ruber</i>	<i>S. obtusifrons</i>	<i>P. criticornis</i>	<i>L. manningi</i>
<i>P. gracilis</i>												<i>P. ordwayi</i>	<i>S. mccledoni</i>	<i>P. longicarpus</i>	<i>A. australis</i>
<i>A. cinereum</i>												<i>E. abbreviatus</i>	<i>S. fritzmuelleri</i>	<i>P. mclauchlinae</i>	<i>P. simpsoni</i>
												<i>L. panacea</i>	<i>E. oplophorides</i>	<i>H. aphleticus</i>	<i>A. pisonii</i>
													<i>T. dobkini</i>	<i>H. pudibundus</i>	<i>A. americanum</i>
													<i>T. manningi</i>	<i>P. mediterranea</i>	<i>S. crassipes</i>
													<i>H. pleuracanthus</i>	<i>M. armatus</i>	<i>U. cordatus</i>
													<i>L. fucorum</i>	<i>M. verrucosus</i>	
													<i>L. parvulus</i>	<i>P. lherminieri</i>	
													<i>T. carolensis</i>	<i>H. granulata</i>	
													<i>O. alphaerostris</i>	<i>P. sayi</i>	
													<i>O. limicola</i>	<i>P. lacteus</i>	
													<i>O. yaquiensis</i>	<i>C. bucourti</i>	
													<i>L. tenuicornis</i>	<i>C. ornatus</i>	
													<i>M. tenellum</i>	<i>P. gibbessi</i>	
													<i>P. northropi</i>	<i>P. spinimanus</i>	
													<i>P. intermedius</i>	<i>H. paulensis</i>	
													<i>P. octavie</i>	<i>N. texanus</i>	
													<i>P. vulgaris</i>	<i>R. harrisi</i>	
													<i>P. yucatanicus</i>	<i>M. sulptipes</i>	
													<i>U. longicaudata</i>	<i>P. agassizii</i>	
													<i>S. neglecta</i>	<i>L. pugillator</i>	
													<i>U. affinis</i>	<i>M. pugnax</i>	



**Figura 17.** Diagrama de Venn, mostrando los conjuntos de especies que son compartidas entre las lagunas comparadas, donde cada letra representa un conjunto mostrado en la tabla 7.

## DISCUSIÓN

### *Diversidad*

La laguna de Sontecomapan ha sido estudiada desde 1936 hasta la fecha por parte de los colaboradores de la CNCR y muchos otros investigadores que han contribuido a acrecentar el acervo, lo que ha permitido acumular registros y con ellos, datos importantes para diferentes estudios como éste.

Los crustáceos viven en una amplia gama de hábitats, debido a sus mecanismos reguladores de agua y sales. Considerando que dentro de la laguna, los diversos gradientes ambientales interactúan para formar una gran variedad de microhábitats y que las especies están adaptadas para habitar en ellos, se considera que la laguna de Sontecomapan es un ecosistema sumamente heterogéneo que puede llegar a presentar condiciones específicas a través del tiempo y el espacio, auspiciadas principalmente por los cambios estacionales, climáticos y los mecanismos biogeoquímicos en el ciclo de los nutrientes, para albergar grupos particulares de decápodos (Velázquez-Simental 1995).

Muchos estudios señalan que la presencia de vegetación sumergida, raíces, troncos sumergidos, oquedades entre las rocas y variaciones en el tipo de sustrato son importantes para la estructura y composición de las comunidades de invertebrados y en este caso de los decápodos, pues ofrecen refugio y resguardo adecuado ante depredadores o competidores, para la crianza de estados larvales y juveniles. También está relacionado con la capacidad de acumulación de materia, útil para alimentación o construcción de galerías (Montalvo-Urgel *et al.*, 2010). Como se observa en la tabla 3, los registros físico-químicos y heterogeneidad del suelo, muestran apenas una pequeña fracción de la dinámica que presenta la laguna de Sontecomapan, la cual puede variar en cuestión de horas, días, semanas, meses, temporadas, o años, así como de un punto a otro, ofreciendo oportunidad para que diferentes organismos colonicen el ambiente provocando sucesión y recambio de especies, constantemente (Chinolla-Rey, 1984)

De un total de 441 lotes almacenados en la CNCR, se reportan al momento 43 especies de crustáceos decápodos, un número medianamente alto comparado con las 25 especies reportadas para la laguna de Alvarado (López-Santana, 1999; Flores-Torres,

2003), similar, comparado con las 44 especies de la laguna de Tamiahua pero inferior comparado con las 90 especies reportadas para la laguna de Términos (Román-Contreras 1985, 1988; Hernández-Alcántara y Solís-Weiss, 1995; Ramírez-Moreno, 2006; Schmidtsdorf-Valencia, 2009; Castillo-Rangel, 2017), sin embargo, se debe tomar en cuenta el área que abarca cada una de las lagunas, por lo tanto, la laguna de Sontecomapan se considera un ecosistema apto para albergar una gran cantidad de organismos. Esta riqueza se presenta como consecuencia de la alta productividad del sistema. Las lagunas costeras presentan una de las tasas de productividad primaria y secundaria más altas de entre los sistemas conocidos, esto se debe en gran medida a las comunidades de vegetación acuática y subacuática asociadas a estos ecosistemas (Meráz, 2000).

De las 25 especies de crustáceos decápodos reportadas para la laguna de Alvarado en Veracruz, 17 están presentes en la laguna de Sontecomapan (*Farfantepenaeus aztecus*, *Litopenaeus setiferus*, *Potimirim mexicana*, *Macrobrachium acanthurus*, *M. olfersii*, *Callinectes rathbunae*, *C. sapidus*, *C. similis*, *Eurypanopeus depressus*, *Panopeus herbstii*, *P. lacustris*, *Cardisoma guanhumi*, *Gecarcinus lateralis*, *Pachygrapsus gracilis*, *Armases ricordi*, *A. cinereum*, *Minuca vocator*). Por otra parte, de las 44 especies de decápodos reportadas para la laguna de Tamiahua, 21 están presentes también en la laguna de Sontecomapan (*F. aztecus*, *F. duorarum*, *L. setiferus*, *M. acanthurus*, *Clibanarius vittatus*, *Crathbunae*, *C. sapidus*, *C. similis*, *E. depressus*, *Eurytium limosum*, *P. herbstii*, *C. huanhumi*, *G. lateralis*, *G. cruentata*, *P. gracilis*, *P. transversus*, *A. cinereum*, *A. ricordi*, *Sesarma curacaoense*, *Minuca rapax*, *M. virens*, *M. vocator*, *Ocypode quadrata*). Los trabajos de Román-Contreras (1985, 1988), Campos-Lince (1986), Barba-Macías (1995), Ramírez-Moreno (2006), Schmidtsdorf-Valencia (2009) y Castillo-Rangel (2017) suman un total de 29 familias y 90 especies reportadas para la laguna de Términos, Campeche, de las cuales, no coinciden solo las familias Callianassidae y Axianassidae. Alvarez *et al.* (1999), mencionaron que los decápodos estuarinos de Veracruz, son un grupo de especies comunes a todo el golfo de México y el Caribe, con algunas adiciones ocasionales de especies marinas. Si bien, hay una gran coincidencia de la diversidad de alguna de las lagunas, en comparación con la laguna de Sontecomapan, entre las cuatro lagunas comparadas, sólo las familias Penaeidae,

Palaemonidae, Portunidae, Panopeidae Gecarcinidae, Grapsidae y Sesarmidae están presentes en las cuatro lagunas (Alvarez *et al.*, 1999).

Sabemos que la riqueza de especies es la principal variable descriptiva de la biodiversidad y por eso resulta indispensable conocer el mayor número de especies de una localidad. Sin embargo, en ninguna de las lagunas mencionada ha existido un proyecto exhaustivo que pretenda conocer todas las especies del Orden Decapoda presentes en dichos cuerpos de agua, realizando muestreos en la mayor cantidad de hábitats. Todas las especies mencionadas en este estudio fueron obtenidas en colectas que tuvieron distintos objetivos y los resultados publicados sobre este tema han sido la integración de un gran número de muestreos, que no tuvieron como objetivo principal el conocimiento de la riqueza de los decápodos. Además, resulta muy difícil registrar la totalidad de las especies presentes en un área determinada debido a los diferentes sesgos que pueden presentarse, principalmente metodológicos, como el esfuerzo de muestreo, la técnica de muestreo empleada y el tipo de ambiente muestreado, lo que puede propiciar que ciertas especies sean mayormente capturadas que otras (González-Oreja, 2010).

El tamaño y composición de un inventario de especies en un lugar determinado varía con el tiempo, debido a que los rangos de distribución de las especies no es estable en el tiempo, es decir, que una especie puede ampliar o reducir su rango de distribución debido a cambios en el medio, además, cabe la posibilidad de que ciertas especies cambien su conducta o su fenología en función de las condiciones de una temporada, pudiendo llegar a no emerger o no ser detectables al momento de la colecta siendo que habían sido especies comunes. La curva de rarefacción, con el indicador no paramétrico de riqueza Chao 2, indica que estaríamos próximos a alcanzar el máximo número de especies presentes en la laguna, pues de las 52 especies potenciales, 43 ya han sido determinadas, por lo tanto se sugiere la implementación de más sitios de colecta con cierta periodicidad (Jiménez-Valverde, 2003).

## *Ambientes*

En la laguna de Sontecomapan se reconocieron al menos cuatro ambientes generales: raíces de mangle, fango emergido en zona manglar, bentos de la zona lagunar y sustrato arenoso de la barra. De manera general, cada sustrato es habitado por diferentes grupos de decápodos, de acuerdo a su grado de adaptación para existir en dichos ambientes. En las raíces del mangle habitan organismos de la familia Grapsidae y Panopeidae. Los cangrejos grápsidos, suelen ser especies arborícolas que deambulan en las raíces y ramas del mangle, son fácilmente observables, pero suelen ser difíciles de capturar por su rapidez al caminar entre las raíces. Mientras que los cangrejos panopeidos al igual que otras especies de grápsidos, pueden encontrarse asociados a las raíces sumergidas. Organismos del género *Panopeus* son generalmente lentos al moverse, lo cual puede ser una estrategia para pasar desapercibidos ante sus depredadores. Su caparazón es rígido y sus quelípedos fuertes para defenderse y poder romper las conchas de los moluscos de los cuales se alimenta. Al ser organismos lentos, están confinados a alimentarse de moluscos u otros animales sésiles, que son levantados con sus conchas y perforados para obtener su alimento, permitiendo las conchas se acumulen en el fondo para formar bancos de conchas, útiles como sustrato duro o creando cavidades útiles para otros organismos. Esto explica el por qué se encuentran entre las raíces sumergidas. Los crustáceos decápodos representan en este ambiente el 15% del total de registros para la laguna de Sontecomapan (García, 2002; Toledano, 2016).

El fango emergido en zona de manglar es habitado por las familias Gecarcinidae, Sesarmidae y Ocypodidae, que representan el 23% del total de los registros de la CNCR. En el caso de la familia Gecarcinidae, está presente *Cardisoma guahumi* y *Gecarcinus lateralis*. Son organismos semiterrestres considerados ingenieros de ecosistemas costeros, pues excavan sus madrigueras en zonas fangosas adyacentes a cuerpos de agua, éste microhábitat, les brinda refugio en temporada de muda, contra depredadores y contra la desecación, pero regresan a las orillas de los cuerpos de agua para aparearse y liberar los huevecillos al momento de la eclosión. Los sesármidos también son decápodos semiterrestres, pueden ser vistos en las orillas de los cuerpos de agua y se les encuentra asociados a cangrejos violinistas del género *Leptuca* y *Minuca*, compartiendo un hábitat cubierto por hojas de mangle y madera en proceso de descomposición, lo que les provee

de protección y humedad necesaria para sobrevivir. Son miembros importantes de la comunidad del manglar, pues contribuyen a la circulación energética del detritus generado por este ambiente, siendo la herbivoría su principal conducta de alimentación, aunque pueden alimentarse de artrópodos y restos de animales que quedan varados entre las raíces del mangle. Dentro de la laguna de Sontecomapan se pueden encontrar organismos de los géneros *Aratus*, *Armases* y *Sesarma* (Hernández, 2013; Toledano-Carrasco, 2016).

Al igual que los cangrejos de la familia Gecarcinidae, los organismos de la familia Ocypodidae, en particular los del género *Minuca* y *Leptuca* (cangrejos violinistas) requieren de fango con el cual forman bolas que colocan a la entrada de su madriguera. La presencia de éstas bolas de sedimento cerca de la entrada de una madriguera, es un buen indicador de su ocupación alimentaria, pues limpian los granos de sedimento de la materia orgánica que puede estar adherida a ellos. Algunos expertos creen que los hábitos de alimentación de los cangrejos violinistas desempeñan un papel vital en la preservación de los ecosistemas de manglares, ya que al manipular los granos de sedimento y al construir sus madrigueras a través de la excavación, airean el sustrato y previenen condiciones anaerobias. Por otra parte, los cangrejos violinistas han presentado problemas en cuanto a su correcta identificación a nivel de especie debido a la gran similitud morfológica que presentan en los caracteres diagnósticos. Pérez-Mozqueda (2014), presenta una alternativa para la correcta identificación de estos organismos, basándose en morfología del caparazón, quelas mayores, gonópodos y gonopóros. Estos organismos habitan en las zonas intermareales de bahías abrigadas y estuarios, excavan y se alimentan en playas arenosas y fangosas a lo largo de las partes más cálidas del mundo. Suelen ser más activos en zonas tropicales con lluvias y son altamente resistentes a cambios en las concentraciones de sal. Son organismos comúnmente detritívoros, por lo que se les puede encontrar cerca de zonas con acumulación de materia orgánica. Lo que explica su presencia en varios puntos del fango emergido contiguo al manglar (Pérez-Mozqueda, 2014).

En el sustrato arenoso de la barra se puede encontrar a la familia Callianassidae (camarones fantasma) la cual tuvo el 8% del total de los registros de la laguna de Sontecomapan, ésta familia está adaptada a vivir en dicho sustrato, pues sus

características morfológicas le confieren hábitos enterradores, ya que excavan galerías simples o con ramificaciones en el sustrato de hasta 60 cm de profundidad con ramificaciones, lo que les permite refugiarse y vivir en parejas, pues generalmente se han capturado machos y hembras en un mismo punto. Estas galerías crean oportunidades para que sean utilizadas por organismos de diferente orden taxonómico como el caso de algunos moluscos y otros animales meiofaunales, pues al construir sus madrigueras, hay movimientos en el sustrato y con ello, quedan disponibles nutrientes y microalgas útiles para la demás fauna. Sirven también como refugio para otros crustáceos, por ejemplo los del género *Leptalpheus*, es por esta razón, que al igual que *C. guanhumi*, los organismos de la familia Callianassidae, son considerados como ingenieros del ecosistema. Todos los organismos del género *Leptalpheus* han sido observados en una interacción no obligada (comensalismo) con organismos formadores de madrigueras (Callianassidae), en zonas arenosas y fangosas cercanas a manglar (Berkenbusch y Rowden, 2003; Anker, 2011; Peiró y Mantelatto, 2016).

En cuanto al bentos de la zona lagunar, se encuentran representados camarones palemónidos, átyidos, penéidos, alféidos y axianassidos, así como cangrejos portúnidos y ermitaños de la familia Diogenidae, que en conjunto representan el 54% del total de los registros.

*Alpheus estuarensis*, de la familia Alpheidae, es una especie exclusivamente de ambientes estuarinos, en fondos fangosos, a menudo asociado con piedras o raíces de mangles. Desde la zona de mareas hasta los 22 cm de profundidad. Ésta especie forma parte de un grupo de cuatro especies del Atlántico occidental que habitan estos ambientes (Martinez-Iglesias *et al.*, 1996).

El bentos lagunar está caracterizado por presentar una gran variedad de recursos como pastos marinos, troncos, restos de conchas, rocas, galerías formadas por poliquetos, etc, los cuales proporcionan a otros invertebrados la oportunidad de habitar entre ellos y continuar con su ciclo de vida, es por esto que se presenta como el ambiente con mayor diversidad. Al existir mayor cantidad de hábitos y nichos ecológicos, se genera una gran heterogeneidad espacial. En los sistemas estuarinos, las praderas de pastos en los sistemas estuarinos presentan condiciones favorables para muchas especies, entre los factores se

encuentran el aumento de sustrato disponible, la reducción de movimiento creado por las corrientes, permitiendo el establecimiento de condiciones de calma, la sedimentación de partículas minerales y orgánicas gracias a la capacidad de las zonas de vegetación para atrapar sedimentos y la reducción del exceso de iluminación durante el día. Todas estas características propician un microambiente sombreado en el fondo, con elevadas densidades de invertebrados. El papel de los cangrejos ermitaños de la familia Diogenidae en estos cuerpos de agua es determinante para el mantenimiento de la diversidad, debido a que la mayoría de ellos son herbívoros y carroñeros. Su papel como reintegradores de la materia orgánica al sistema, permite la formación de espacios libres de vegetación, favoreciendo el reclutamiento de nuevas especies vegetales. (Schimdtzsdorf, 2009)

Por otra parte, la extensa distribución de organismos de la familia Palaemonidae, se explica en función de su tolerancia a las variaciones de salinidad, temperatura y concentraciones de oxígeno disuelto, razón por la que se encontraron registros de la familia Palaemonidae en toda la laguna (Meraz, 2000).

Para los camarones de la familia Penaeidae, los sistemas estuarinos constituyen un ambiente esencial en su ciclo de vida, ya que funcionan como áreas de crianza para sus estadios larvales. Schimdtzsdorf, 2009 En los sistemas estuarinos es posible encontrar camarones de la familia Penaeidae. Como parte de su ciclo biológico y gracias a las corrientes marinas, entran a los sistemas estuarinos en estadios postlarvales, debido a que no soportan grandes concentraciones de sal, una vez dentro, se establecen en zonas de alimentación y protección contra depredadores. En la etapa juvenil adquieren hábitos bentónicos y se hallan en fondos fangosos descubiertos, o con pastos o con restos calcáreos, donde permanecen de dos a tres meses para luego migrar como subadultos a aguas fuera de las costas, en aguas marinas, donde se reproducen y desovan. Los juveniles de *Litopenaeus setiferus* se entierran en substratos fango-arenosos y se halla una relación directa con sedimentos fangosos. Por otra parte *Farfantepenaeus duorarum* se ha hallado en zonas con abundante vegetación, a diferencia de *F. aztecus*, pues ésta especie se ha observado en sedimentos arenosos con fango, restos calcáreos, en substratos desnudos y con vegetación (Ramírez-Moreno, 2006).

Los camarones de la familia Atyidae que están registrados en la CNCR, son en su mayoría hembras ovígeras, esto tiene sentido pues éstos organismos tienen hábitos dulceacuícolas en la mayor parte de su ciclo de vida, posteriormente, en época de lluvias principalmente, cuando las corrientes les favorecen, las hembras migran hacia aguas salobres para ovopositar, ya que las larvas pasan parte de su desarrollo en agua salobre, en zonas con vegetación, que les confiere protección y nutrientes, pero siempre cerca de las desembocaduras de ríos, por donde regresarán a completar su ciclo de vida en agua dulce, río arriba. Su distribución se ha asociado con su tolerancia a condiciones ambientales adversas, como contaminación por hidrocarburos y aguas negras de origen urbano. Estos organismos están considerados como un importante reciclador de detrito (Martínez-Mayen, 2003).

Con respecto a las especies dominantes en el ambiente estuarino se tiene a las jaibas de la familia Portunidae. Las colectas depositadas en la CNCR indican que durante el periodo de mayor ingreso de registros (1985), la especie más abundante fue *Callinectes sapidus*, seguida de *C. rathbunae*. Con respecto a esta familia, podemos decir, que las jaibas, pueden ser capturadas en toda la laguna, pero hay especies, como *C. similis* y *C. rathbunae*, que se distribuyen en zonas mesohalinas, aunque *C. similis* es capaz de soportar condiciones eurihalinas. En contraste, *C. sapidus* habita preferentemente zonas oligohalinas. La laguna de Sontecomapan presenta un gradiente de salinidad que se torna más alto mientras más cercano se encuentre de la barra, por lo que, la probabilidad de encontrar un organismo específico de esta familia, deberá estar relacionada con las preferencias de salinidad de dicha especie (Domínguez *et al.*, 2003).

En el caso de la familia Axianassidae, se reporta un nuevo registro para la localidad de la especie *Axianassa australis*, la cual ha sido reportada desde Florida, Golfo de México y hasta Brasil. Son organismos que regularmente contruyen sus galerías cerca de raíces de mangle y en zonas fangosas. Aparentemente están adaptados para habitar zonas con condiciones hipóxicas (Rosa, L., A., Almeida, 2012)

Finalmente, la tercera especie con más registros en la CNCR, es *M. acanthurus*. Varias especies de estos camarones palemónidos (langostinos), particularmente las de desarrollo larval completo, presentan una distribución en las cuencas de los ríos, donde

los machos se habitan más lejos del mar, a diferencia de las hembras que suelen ser encontradas más cerca de los estuarios, debido a características en su comportamiento de reproducción, semejante a lo que ocurre con los átididos. Estas especies cuentan con al menos 12 estadios larvales, donde por lo menos uno de ellos requiere de agua salobre para un desarrollo óptimo. Los langostinos de éste género, están en constante reproducción a lo largo del año (reproducción continua), por lo que es factible encontrar hembras de varias especies de *Macrobrachium* desovando varias veces al año, de hecho, durante la presente tesis, se registraron numerosos ejemplares de hembras ovígeras dentro de la colección. Los huevos son transportados bajo el abdomen durante su incubación, cuya duración depende de la temperatura del agua y de la especie. Por la cual, existen numerosos ejemplares de hembras ovígeras dentro de la colección. Las hembras pasan la mayor parte de su ciclo de vida en agua dulce, donde se alimentan y reproducen, luego deben migrar río abajo, hacia los estuarios, porque las larvas deben estar en agua salobre al inicio de su desarrollo (García-Guerrero *et al.*, 2013). Además de *M. acanthurus* en las lagunas costeras, como Sontecomapan, se capturan estadios larvales y juveniles en grandes números que no pueden ser identificados morfológicamente debido al poco desarrollo de caracteres que ayuden a determinar la especie. La abundancia de estos estadios inmaduros de los langostinos muestra la importancia que tienen las lagunas costeras para repoblar los ríos dentro de las llanuras costeras.

## CONCLUSIONES

- La laguna de Sontecomapan, tiene una buena representación de crustáceos decápodos (43 especies) y se observa que existen zonas bien delimitadas con nichos particulares.
- Se encontraron registros de especies marinas, lo que implica que los cambios en la salinidad de la laguna son constantes y que al menos en un periodo corto penetran al medio estuarino.
- Los registros de crustáceos decápodos de la CNCR, van de 1936 al 2016, sin embargo, hay periodos sin colectas.
- La familia mejor representada en la CNCR es Portunidae, seguida de Palaemonidae.
- Las especies mejor representadas fueron las jaibas *Callinectes sapidus* y *Callinectes rathbunae*.
- Se reconocieron cuatro ambientes dentro de la laguna: Raíces del manglar, Fango emergido de zona manglar, Bentos de zona lagunar, Sustrato arenoso de la barra, en los cuales existe carcinofauna particular para cada uno.
- La curva acumulativa de especies indicó que potencialmente existen alrededor de 10 especies más de crustáceos decápodos que no han sido registradas.
- La laguna de Sontecomapan presentó una mayor cantidad de especies registradas de crustáceos decápodos (43) que la laguna de Alvarado (25), una cantidad similar que la laguna de Tamiahua (44), pero una cantidad inferior que la laguna de Términos (90).

## LITERATURA CITADA

- Abele, L. G. y W. Kim. 1986. *An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida*. Florida State University. Department of Biological Sciences. Tallahassee, Florida, U.S.A. 760 pp.
- Ahyong, S.T., J.K., M. Alonso, R.N. Bamber, G.A. Boxshall, P. Castro, S. Gerken, G.S. Karaman, J.W. Goy, D.S. Jones, K. Meland, D.C. Rogers & J. Svavarsson. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772 *In*: Zhang, Z.Q. (ed.), *Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148: 165-191.
- Alvarez, F., J. L. Villalobos, Y. Rojas y R. Robles. 1999. Listas y Comentarios Sobre los Crustáceos Decápodos de Veracruz, México. *Anales del instituto de biología*. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología, 70 (1): 1-27.
- Alvarez, F., J. L. Villalobos, M. Hendrickx, E. Escobar-Briones, G. Rodríguez-Almaraz. y E. Campo. 2014. Biodiversidad de Crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad Supl.* 85: S208-S219.
- Anker A. 2011. Six new species and three new records of infaunal alpheid shrimps from the genera *Leptalpheus* Williams, 1965, and *Fenneralpheus* Felder & Manning, 1986 (Crustacea, Decapoda). *Zootaxa*, 3041:1-38.
- Arriaga, L., V. Aguilar, J., Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz y E. Vázquez. 1998. *Regiones hidrológicas prioritarias*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

- Attrill, M. y R. Thomas. 1996. Long-term distribution patterns of mobile estuarine invertebrates (Ctenophora, Cnidaria, Crustacea: Decapoda) in relation to hydrological parameters. *Marine Ecology Progress Series*, 143: 25-36.
- Barba, E. 1995. Patrones de distribución de los carideos (Crustacea: Decapoda) de Laguna Madre Tamaulipas y Laguna de Términos, Campeche, en el suroccidente del golfo de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 50 Pp.
- Berkenbusch, K. y A. Rowden, 2003. Ecosystem engineering- moving away from “just so” stories. *New Zeland Journal of Ecology*, 27: 67-73.
- Campos-Lince, L. 1986. Aspectos morfológicos, ecológicos y de crecimiento de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) en el sistema fluvio-lagunar Palizada-Boca chica, Laguna de Términos, Campeche. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 75 Pp.
- Castellanos Baltazar A. 2002. Caracterización hidrológica de la laguna de Sontecomapan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de estudios superiores Iztacala. 115 pp.
- Castillo Falconi, V. 2012. Analisis poblacional del género *Uca* (Decapoda: Bachyura: Ocypodidae) en la región sur de la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. Ciudad de México. 67 Pp.
- Castillo Rangel, R. 2017. Distribución espacial y temporal de los camarones carideos (Crustacea: Decapoda: Caridea) de la laguna de Términos, Campeche, México (2011-2012). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 40 Pp.
- Cedeño, J., M. Prieto, L. Pereda y T. Allen. 2010. Abundancia y Riqueza de Moluscos y Crustáceos Asociados a las Raíces Sumergidas del Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) en la laguna de Bocaripo, Sucre, Venezuela. *Revista de biología tropical* 58(3) 213-226.

- Chace, F. A. Jr. 1972. The Shrimps of the Smithsonian-Bredin Caribbean Expeditions with a Summary of the West Indian, Shallow-water Species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology* 98. 179 p.
- Cházaro-Olvera, S., F. Alvarez, Villalobos, J. 2011. Lista de especies de decápodos dulceacuícolas, marinos, litorales y de plataforma continental presentes en Veracruz. En: *La biodiversidad de Veracruz, Apéndice VIII-20*
- Chinolla Rey, Ma. C. P. 1984. Contribución al conocimiento de la macrofauna bentónica intermareal en Sontecomapan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de estudios superiores Iztacala, 66 pp.
- Cid Salinas Abril. 2008. Los camarones peneidos y su relación con el recurso pesquero camarón en Laguna de Tamiahua, Veracruz y Laguna Madre, Tamahulipas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 87 Pp.
- Crane J. 1975. Feddler crabs of the world. Ocypodidae: Genus *Uca* Princeton University Press. United States Of America. 738 Pp.
- Cristín, A. y M. del C. Perrilliat. 2011. Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la sociedad geológica mexicana*, 63(3): 421-427.
- De grave, S., N. D. Pentcheff, S. T. Ahyong, T. Y. Chan, K. A. Crandall, P. C. Dworschak, D. L. Felder, R. M. Feldmann, C. H. J. M. Fransen, L. Y. D. Goulding, R. Lemaitre, M. E. Y. Low, J. W. Martin, P. K. L. Ng, C. E. Schweitzer, S. H. Tan, D. Tschudy y R. Wetzer. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *The Raffles Bulletin of Zoology*, Supl. 21:1-109
- De la Lanza G. y A. Raz Guzmán. 1993.  $\delta^{13}\text{C}$  del zooplancton, crustáceos decápodos y anfípodos de la laguna de Términos, Campeche (México), con referencias a fuentes de alimentación y posición trófica. *Ciencias Marinas*, 19 (2): 245-264.

- Domínguez, J., A. Sánchez, R. Florido y E. Barba, 2003. Distribución de macrocrustáceos en laguna Mecoacán, al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 13(2):127-136.
- Estrada, Y., R. Luna y T. Escalante. 2012. Patrones de distribución de los mamíferos en la provincia Oaxaca-Tehuacanense, México. *Therya* 3(1): 33-51.
- Flores T. Artemisa. 2003. Invertebrados de las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, periodos de secas 2001-2002, en la laguna de Alvarado, Veracruz. México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de estudios superiores Iztacala. 55 Pp.
- García E. 1970. Modificaciones al sistema de Clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 98 Pp.
- García-Guerrero M., F. Becerril-Morales, F. Vega-Villasante y L. Espinosa-Chaurand. 2013. Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(4): 651-675.
- García-Pérez Guadalupe. 2002. Revisión taxonómica de las especies mexicanas del género *Panopeus* J. Milne Edwards, 1834 ( Crustacea: Decápoda: Brachyura: Xanthoidea: Panopeidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 82 Pp.
- Gómez, Marín F. J. 2003. Ficha informativa de los humedales de Ramsar. Para uso interno de las oficinas de Ramsar. Catemaco, Veracruz. 16 Pp.
- González-Oreja J., A. de la Fuente, L. Hernández, D. Buzo, C. Bonache. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*. 33 (1): 31-45.

- Hernández-Alcántara, P. y V. Solís-Weiss. 1995. Algunas comunidades macrobénticas asociadas al manglar (*Rhizophora mangle*) en laguna de Términos, Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 43 (1-3):117-129.
- Hernández, M. A. 2013. Aspectos biológicos y poblacionales de *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), en la laguna de Tampamachoco y Majahual en Tuxpan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan. 74 Pp.
- Hendrickx, M. E. 1993. Crustáceos decápodos del Pacífico Mexicano. Pp. 271-318. *En: S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Comisión Nacional de Biodiversidad y CIQRO, México.*
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de aracnología*..8: 151-161.
- Kraker-Castañeda C., A., Cóbar-Carranza. 2011. Uso de rarefacción para comparación de la riqueza de especies: el caso de las aves de sotobosque en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa, Guatemala. *Naturaleza y Desarrollo*. Guatemala. 9 (1): 60-70 Pp.
- Llorente-Bousquets, J. y J. Morrone. 2001. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, 286 Pp.
- López-Santana M. 1999. Reclutamiento de postlarvas de crustáceos decápodos a través de la boca de la laguna Camaronera, Alvarado, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 56 Pp.
- Luna-Plascencia, R., A. Castañón y A. Raz-Guzmán. 2011. La biodiversidad en México: su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias*, 101:36-43.

- Luviano-Aparicio, N. 2013. Ecología de la comunidad de moluscos de la criptofauna (Bivalvia, Gastropoda) de la zona intermareal rocosa de Montepío, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 73 pp.
- McLaughlin P.1980. Comparative morphology of recent Crustacea. W. H. Freeman and company. San Francisco California. Estados Unidos. 223 Pp.
- Martínez, M. 2003. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Potimirim glabra* Kingsley (Decapoda, Atyidae) en el rio Coyuca, Guerrero. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 63 Pp.
- Martínez-Iglesias, J. C., R. Ríos, y A. Carvacho. 1996. Las especies del género *Alpheus* (Decapoda: Alpheidae) de Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 45 (1): 401-429.
- Meráz, J. 2000. Determinación de los principales decápodos asociados a vegetación sumergida en una laguna costera empleando una prueba sencilla. *Mar y Ciencia*, 4(11): 42-44.
- Mingüer, A. 2016. Variación estacional y espacial de la comunidad de invertebrados asociados a las raíces de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la Laguna de Sontecomapan, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 73 pp.
- Montalvo, U. H., A. Sánchez, R. Florido y A. Macossay. 2010. Lista de crustáceos distribuidos en troncos hundidos en el humedal tropical Pantanos de Centla, al sur del golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81:121-13.
- Monroy L. 1996. Crustaceos decápodos del sistema lagunar de Alvarado y Plataforma continental adyacente. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. Ciudad de México. 174 Pp.

- Nicolau, C. y L. M. Oshiro. 2007. Distribucão espacial, sazonal e estrutura populacional do caranguejo *Aratus pisonii* (H. Milne Edwards) (Crustacea, Decapoda, Sesarmidae) do manguezal de Itacurucá, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia*, 24 (2):463-469.
- Olivares, G. 2016. Aspectos ecológicos de los camarones fantasma de la familia Callianassidae (Decapoda: Axiidae) en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 77 Pp.
- Patrick, J. Dugan. 1992. Conservación de humedales, un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. International Union for Conservation of Nature and Nature Resources. Gland, Suiza. 100 Pp.
- Peiró, F. D. y L. F. Mantelatto. 2016. Avaliação do Callianassídeo *Callichirus major* (Say, 1818) *sensu lato*. en Livro vermelho dos crustaceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. 103-112 Pp.
- Pérez-Farfante, I. 1970. Claves ilustradas para la identificación de camarones comerciales de América latina, México. Secretaría de industria y comercio. Instituto Nacional de investigación biológica de pesquerías. 48 Pp.
- Pérez-Farfante, I. 1997. Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. Memoires du Museum National d'histoire naturelle 175: 93-94.
- Pérez-Mozqueda, L. V. del Castillo, J. L. Bortolini. 2014. Registros adicionales del género *Uca* (Brachyura: Ocypodidae) en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Universidad Nacional Autónoma de México. 85:969-971.
- Poore, G. 2015. Decapoda. Acceso mediante: WorldRegister of Marine Species En línea como: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1130> Consultada en 2016-03-16.

- Ramírez, I. 2006. Aspectos biológicos de los camarones peneidos (Crustacea, Penaeidae) juveniles de la laguna de Términos, Campeche. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Ciudad de México, 85 pp.
- Raz-Guzmán, A., A. Sánchez y L. Soto. 1992. Catálogo Ilustrado de cangrejos braquiuros y anomuros (Crustacea) de la Laguna de Alvarado, Veracruz, México. Cuaderno 14 del I.B. UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 51 Pp..
- Raz-Guzmán A.y A. Sánchez. 1996. Catálogo ilustrado de camarones braquiuros (Crustacea) de la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Cuaderno 31 del I.B. UNAM. 52 Pp.
- Reséndez, M. A. 1983. Hidrología e ictiología de la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México. *Anales del instituto de biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*. México. Serie zoológica, 1:385-417.
- Reyes, R. y N. Campos. 1992. Macroinvertebrados colonizadores de raíces de *Rhizophora mangle* en la bahía de Chengue, Caribe Colombiano. Boletín de investigaciones marinas y costeras. Colombia. 21(1): 101-116.
- Rivera-Velázquez, G., M. A. Peralta y F.E. Penagos. 2016. El género *Macrobrachium* (Decápoda: Palaemonidae) en la Reserva de la Biosfera “La Encrucijada”, Chiapas, México. *Lacandonia* 10(10): 25-30.
- Rocha-Ramírez, A., S. Cházaro y M. Mueller. 1992. Ecología del género *Callinectes* (Brachyura: Portunidae) en seis cuerpos de agua costeros del estado de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 19(1): 33-41.
- Rodríguez-Cruz, M. 2001. Fauna de crustáceos decápodos del sistema lagunar Chantuto-Panzacola de la reserva de la biosfera “La Encrucijada”, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 87 Pp.

- Roldán, G. y J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2ª edición. Editorial Universidad de Antioquia. 2008. Colombia. 440 Pp.
- Román-Contreras, R. 1985. Comportamiento nictimeral de crustáceos decápodos en la boca de Estero Pargo, Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* vol:pagos?.
- Román-Contreras, R. 1988. Características ecológicas de los crustáceos decápodos de la laguna de Términos. En: Yañez-Arancibia A. y J. W. Day, Jr., Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México Ciudad Universitaria. México. 305-323 Pp.
- Rosa, C. Leonardo, Alexandre, O. Alemida. 2012. *Axianassa australis* Rodrigues and Shimizu, 1992 (Crustacea: Decapoda: Gebiidae: Axianassidae): First record from Segipe, NE BRazil. *Checklist. Journal of species list and distribution*. 8(6): 1321-1322 Pp.
- Schmidtsdorf-Valencia, P. 2009. Contribución al conocimiento de los cangrejos ermitaños (Crustacea: Decapoda: Anomura) de las familias Diogenidae y Paguridae de la laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 47 Pp.
- Toledano, C. I. A. 2016. Taxonomía y distribución de la superfamilia Grapsoidea (Crustacea: Decapoda: Brachyura) del Golfo de México y mar Caribe. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 214 Pp.
- Valverde, T., J. Meave, J. Carabias y Z. Cano-Santana. 2005. Ecología y medio ambiente. Pearson Educación. México. 240 Pp.
- Velázquez, S. L del C. 1996. Zonificación hidrológica de la laguna Tampamachoco, Veracruz Empleando técnicas multivariadas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 69 Pp.
- Villalobos (1960) Contribución al conocimiento de los Atyidae de México II (Crustacea: Decápoda). Estudio de algunas especies del género *Potimirim* (=

*Ortmania*), con descripción de una especie nueva de Brasil. Sobretiro de los anales del Instituto de Biología T. XXX Nos. 1 y 2. México Pp. 269-330.

Villalobos-Hiriart, J. L. 1998. Taxonomía de los crustáceos con énfasis en el orden Decápoda. Editorial ecología de la Frontera Sur: Consejo nacional de Ciencia y Tecnología. Mexico. 44 Pp.

Williams, A. B. 1974. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine Florida. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 550 Pp.