



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Estudio poblacional de *Mellita quinquiesperforata* (Leske,
1778) (Echinodermata: Echinoidea: Mellitidae) en la
playa arenosa El Jicacal, Veracruz, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

ALMA SILVIA CABRALES FUENTES.



DIRECTORA DE TESIS:
M. en C. Gema Yolanda Armendáriz Ortega.
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



1. Datos del alumno
Cabrales
Fuentes
Alma Silvia
91 80 05 53
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
310069708
2. Datos del tutor
M en C
Gema Yolanda
Armendáriz
Ortega
3. Datos Sinodal 1
Dr
Francisco Alonso
Solís
Marín
4. Datos sinodal 2
Dra
María Ana del Carmen
Fernández
Álamo
5. Datos sinodal 3
Dr
Guillermo
Salgado
Maldonado
6. Datos sinodal 4
Dr
Fernando
Álvarez
Noguera
7. Datos de trabajo escrito
Estudio poblacional de *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) (Echinodermata:
Echinoidea: Mellitidae) en la playa arenosa El Jicacal, Veracruz, México
72 p
2017



Agradecimientos

Primero que nada quiero agradecer a esas dos personas que han estado conmigo de manera incondicional toda mi vida, a mis padres quienes me han brindado todo el apoyo, cariño y me han dado la educación que me ha formado para ser quien soy en estos momentos. Con sus pros y sus contras como en todo me han enseñado lo importante de la vida y a luchar por ello, es por eso que también quiero agradecerles el haberme brindado la comprensión y la confianza de estudiar la carrera de Biología. A mi hermano quien me ha dado su apoyo y cuidado en cualquier circunstancia. Son mi formación y los amo mucho.

A toda mi familia cercana que ha estado presente y al pendiente de mi, en especial a mis primos Rodríguez Parra que son como mis hermanos mayores y mi prima Azucena que me han dado el ejemplo, el cariño y su protección en todo momento, al igual que mis tíos Judith y Sergio que son como mis segundos padres. Les agradezco por tanto y los quiero mucho.

A mi demás familia que de alguna manera me han brindado su apoyo, muchas gracias.

Mis profesores de todos los años de estudio pero en particular a esos profesores que hicieron me enamorara más de la Biología, a mis profesores de la carrera que me transmitieron su amor por la ciencia, su conocimiento y su enseñanza tanto en los salones de clase como en las prácticas de campo.

A mis profesores del taller de “Invertebrados de la zona costera y arrecifal del Golfo de México”, el M. en C. Eduardo Torres, Dr. Alejandro Villalobos y uno de mis sinodales el Dr. Fernando Álvarez por transmitirme su conocimiento, apoyo y sugerencias respecto a mi tema de tesis, además a esos inolvidables viajes a Los Tuxtlas que sin duda siempre recordaré y sobre todo la increíble playa El Jicacal.

A mi tutora y amiga M. en C. Gema Yolanda Armendáriz Ortega por su constante interés en nosotros sus alumnos del taller, por mantener un nivel de conocimiento necesario reforzado de lo aprendido en la carrera y continuamente de implementarlo para la investigación así como para nuestras futuras tesis. Por su asesoría al elegir este proyecto de tesis, así como el apoyo incondicional fuera y dentro de las horas de clase en todos los ámbitos estructurales de este trabajo, las revisiones, consejos e ideas para mejorar. Y agradecer sus repetidas llamadas de atención así como la presión para entregar avances ya que no cualquier tutor tiene el entusiasmo de ver a un alumno titulado.

A mis sinodales la Dra. Fernández, Dr. Álvarez, Dr. Solís y el Dr. Salgado gracias por las sugerencias y comentarios para fortalecer mi trabajo.



A la UNAM por brindarme el orgullo de pertenecer a la máxima casa de estudios en México desde la preparatoria y aún más en la licenciatura, además de proporcionarme no sólo aprendizaje sobre mi carrera, sino también en otros ámbitos para enriquecerme como persona.

Mis compañeros del taller Brenda, Magdalena, Oscar, Aarón, Jorge, Angélica, Alejandro, Uziel y Adriana por su amistad y los momentos compartidos en estos últimos años, además de su ayuda en los muestreos para ésta tesis durante las salidas a campo. También a mis demás compañeros del laboratorio Olinka, Viri, Eric, Cecilia y Blanca por sus consejos y apoyo. En particular a un amigo y compañero, Sergio Benítez que me apoyó en fotografías, mapas y detalles de mi tesis, gracias por tu amistad.

A Erick Alcaráz por ser mi mejor amigo y novio, cuidarme, ayudarme en todo momento, pero sobre todo por hacerme ver las cosas de distinto modo y compartir conmigo el amor por la biología, te amo.

Y por último a mis amigos que son muy importantes en mi vida y me han brindado no sólo su amistad, sino también su apoyo en distintos momentos, Itzel Castillo, Magdalena De los Palos, Brenda Durán, Carolina Caballero, Nora Garibaldi, Axel Radilla, Axel Ordoñez, Adriana Puente, Sergio Benítez, Sarahi Ceron, Giovanna Gasca y los que me faltó mencionar, muchas gracias por compartir tanto conmigo, los quiero mucho.



Contenido

Resumen	1
Introducción	2
Justificación	12
Antecedentes	13
Objetivos.....	19
Área de estudio.....	20
Materiales y Métodos.....	24
Trabajo de campo	24
Trabajo de gabinete.....	26
Resultados	28
Discusión.....	53
Conclusiones.....	59
Literatura Citada.....	60
Apéndice I.....	66



Resumen

Dentro del phylum Echinodermata se encuentra la clase Echinoidea que incluye a los erizos regulares e irregulares en este último grupo se encuentran las galletas de mar. *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) es una especie de galleta de mar que presenta buena adaptación térmica y a la baja salinidad. El objetivo del trabajo es realizar un estudio poblacional en la playa arenosa El Jicacal que se encuentra en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Esta playa es una zona semi-virgen que permite ver los cambios estructurales, tamaño poblacional, así como el aumento o disminución en las abundancias de esta especie. Se muestrearon un total de 2,415 organismos durante los meses de abril y agosto de 2015, abril y agosto de 2016, de los cuales a una proporción de esta muestra (200 organismos) se tomaron mediciones de largo y ancho (cm). Se encontró que los meses de muestreo de agosto 2015 y 2016 presentaron la mayor abundancia con un 83%, a diferencia de los meses de abril 2015 y 2016 con un 17% de abundancia total. Se categorizaron las tallas de largo total en cuatro intervalos, obteniendo que las tallas medias (2.3 – 5 cm) fueron las más abundantes y las tallas pequeñas (0.9 – 2.2 cm) junto con las tallas grandes (5.1 – 6.4 cm) fueron las menos frecuentes para estos muestreos. Se obtuvieron regresiones lineales con una correlación positiva entre el largo y el ancho. Posteriormente se dividió a la población en juveniles (>4cm) y en adultos (<4cm), haciendo respectivas relaciones lineales en donde la correlación de los juveniles fue positiva y la de los adultos negativa. Finalmente se realizaron consultas a las bases de datos de tres distintas colecciones para analizar las tallas de otros sitios de colecta y contrastar con nuestros resultados. Con los datos obtenidos y junto con revisiones bibliográficas de estudios realizados con la galleta de mar *M. quinquesperforata* se hicieron mapas de distribución de la especie.



Introducción

Una población es definida como un grupo de individuos de una sola especie habitando un área particular. A pesar de que los organismos no son homogéneamente distribuidos a través del paisaje, se toman en cuenta distintos parámetros demográficos, como el número de individuos, su distribución en el hábitat y su tasa reproductiva para así distinguir a los grupos locales (Krohne, 2016).

Entre otras propiedades que aparecen en el nivel de organización de población tomadas en cuenta para diversos estudios, están los patrones de crecimiento y mortalidad, la estructura etaria, la densidad y la distribución espacial. En toda población hay otras dos propiedades interrelacionadas: su densidad y su patrón de distribución espacial. La densidad, es el número de individuos por unidad de área o de volumen, mientras que el patrón de distribución espacial describe la ubicación de los organismos. Una compleja gama de factores ambientales, tanto bióticos como abióticos, desempeñan un papel en la regulación del tamaño de la población (Curtis y Schnek, 2007).

Los equinodermos (phylum Echinodermata, del griego *echinus*, “espinoso”; *dermatos* “piel”) constituyen un grupo altamente diversificado y bien caracterizado entre los invertebrados marinos, los cuales están representados por cinco clases: Crinoidea (lirios de mar o estrellas plumosas), Asteroidea (estrellas de mar), Ophiuroidea (estrellas quebradizas), Echinoidea (erizos y galletas de mar) y Holothuroidea (pepinos de mar) (Figura 1). El término “Echinodermata” fue utilizado por primera vez en 1734 por Jacob Klein, quien lo aplicó únicamente a los equinoideos o erizos de mar (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1997). Se encuentran entre los invertebrados litorales más comunes en el mundo, existen 7,300 especies vivientes y 15,000 más que forman el registro fósil de este grupo que data desde los primeros tiempos del Cámbrico (Brusca *et al.*, 2016).

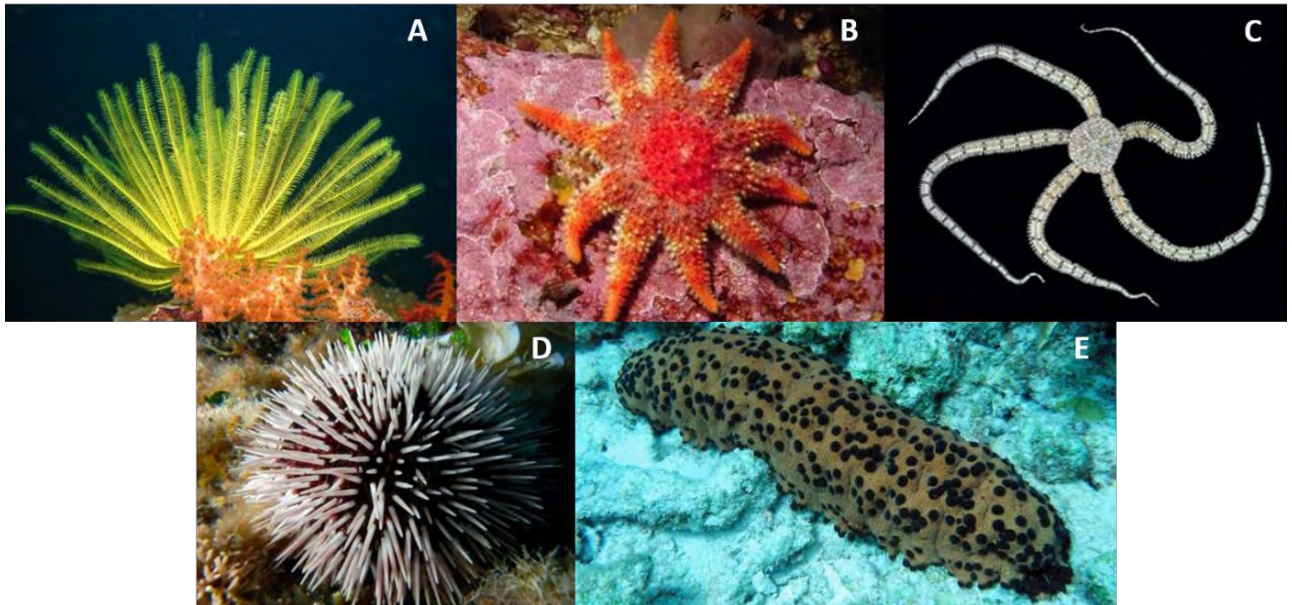


Figura 1. **A.** Crinoidea, lirio de mar (Tomado de: <https://lacienciaysusdemonios.com/2011/12/18/imagenes-de-la-ciencia-y-de-la-naturaleza-lirio-de-mar/>), **B.** Asteroidea, estrella de mar (Tomado de: <http://a-nimales.blogspot.mx/2010/>), **C.** Ophiuroidea, ofiuo, **D.** Echinoidea, erizo de mar y **E.** Holothuroidea, pepino de mar (Tomado de: <http://www.teorema.com.mx/biodiversidad/especies/pepino-de-mar-un-extrano-manjar-en-peligro/>).

Los equinodermos se caracterizan por cuatro rasgos fundamentales (Brusca *et al.*, 2016).

- a) Endoesqueleto calcáreo, compuesto en su gran mayoría de carbonato de calcio en forma de calcita, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio. Derivado del mesodermo compuesto de osículos y placas separadas constituidas de una estructura abierta, con los intersticios llenos de tejido vivo (el estroma).



- b) Simetría bilateral en el estadio larvario (doliolaria en los crinoideos, bipinnaria en asteroideos, ofiopluteus en los ofiuroides, equinopluteus de los equinoideos y auricularia en los holoturias) que posteriormente en etapa adulta se modifica a simetría radial pentámera (pentaradial).

- c) El sistema vascular acuífero, único de éste grupo, el cual se origina en ciertas partes especializadas del mesocele izquierdo durante su ontogenia. Este sistema es un complejo de conductos y reservorios llenos de fluido que intervienen en el transporte interno, opera hidráulicamente mediante proyecciones carnosas que salen a través del endoesqueleto, denominados podios o pies ambulacrales. Las partes externas de éstos tienen una gran variedad de funciones, como son la locomoción, el intercambio de gases, la excreción, la alimentación y la recepción sensorial, entre otras

- d) Particularmente en la clase Echinoidea en los erizos regulares, la alimentación depende en gran parte a la acción de un aparato masticador complejo llamado linterna de Aristóteles, el cual se encuentra dentro de la boca y está constituido por cinco dientes calcáreos protráctiles. Es un ejemplo de la ingeniería evolutiva, un grupo de elementos y músculos duros que controlan la protracción, retracción y agarre de los movimientos de los dientes. La linterna de Aristóteles está ausente en los erizos irregulares y su alimentación se restringe a la ingestión de pequeñas partículas.

Todos los equinodermos son marinos y excepcionalmente viven en las desembocaduras de algunos esteros; la invasión al medio dulceacuícola fue restringida por su intercambio gaseoso a nivel epidérmico y por la ausencia de estructuras excreto-osmoregulatorias (Hyman, 1955). El grupo muestra una gran variedad de estrategias alimentarias: alimentación por absorción corporal,



alimentadores de depósito y suspensión, herbívoros, detritívoros, depredadores oportunistas, comensales y especialistas estrictos (Buitrón-Sánchez y Solís-Marín, 1993).

La gran mayoría de los equinodermos son estenohalinos y están adaptados a una salinidad de 30-36 ppm. Sin embargo, existen casos de adaptación a salinidades entre 20 y 40 ppm. Se encuentran altamente diversificados en aguas someras de las regiones tropical y subtropical del planeta. En general, decrecen en variedad y número en latitudes altas. Están distribuidos en todos los océanos a todas las profundidades, desde la zona litoral, hasta la hadal. En mares profundos, algunas veces constituyen más del 90% de la biomasa bentónica (Zenkevich, 1963).

Clase Echinoidea

Dentro de la clase Echinoidea, se encuentran representados organismos que comúnmente son conocidos como erizos de mar, galletas de mar y erizos corazón (Figura 2). Estos animales son invertebrados que pueden encontrarse en casi todos los ambientes marinos principales, desde los polos hasta el ecuador y desde las zonas someras hasta profundidades mayores a los 5,000 m. Existen alrededor de 900 especies recientes de equinoideos y un amplio registro fósil que se remonta desde hace unos 450 millones de años, a principios del periodo Ordovícico Tardío (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2014). La clase Echinoidea se puede dividir en lo que comúnmente se conoce como erizos regulares e irregulares. Los erizos regulares poseen formas globosas y espinas prominentes. En el grupo de los erizos irregulares se encuentran las galletas de mar y los espatangoides, con formas de testa desde aplanadas, hasta acorazonadas. Dentro del grupo de las galletas de mar, se encuentra la familia Mellitidae (Stefanini, 1911), la cual está compuesta por cuatro géneros: *Encope* Agassiz (1840), *Leodia* Gray (1851), *Mellita* Agassiz (1841) y *Lanthonia* Coppard (2016), con distribución exclusiva en el continente americano.

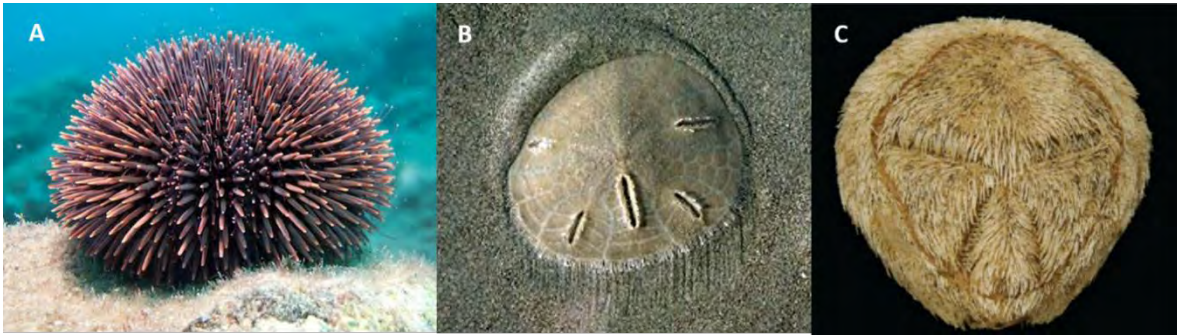


Figura 2. Representantes de la clase Echinoidea: **A.** erizo de mar (Tomado de: <https://miradaprofesional.com/ampliarpagina.php?npag=11&id=1582>), **B.** galleta de mar (Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Echinoidea>), **C.** erizo corazón (Tomado de: <http://www.elsevier.es/en-revista-revista-mexicana-biodiversidad-91-articulo-new-record-irregular-sea-urchin-S1870345314707894>).

En los erizos irregulares hubo una importante modificación en el sistema reproductivo debido a la forma corporal cónica-achatada. En estos, las gónadas son comprimidas y ocupan el espacio de los interradios del caparazón y ahí son envueltas por un delgado y transparente mesenterio que las suspende en el caparazón (Harold y Telford, 1990). Son organismos dioicos, aunque los sexos no son diferenciados externamente con precisión. En general, los gonoporos y las papilas genitales son mayores en las hembras (Strathmann, 1987).

Muchos equinodermos parecen ser reproductivamente activos a partir del segundo año de vida y el rendimiento reproductivo continua al aumentar con la edad (Lawrence, 1987). En el ciclo gonadal las células de las gónadas se multiplican y reservan nutrientes al final del verano hasta el otoño. Las gametas comienzan a madurar en el invierno y la época de desove está relacionada a los factores endógenos y exógenos controladores del ciclo gametogénico. Los equinoideos tienen fecundación externa, con desarrollo indirecto pasando por fase larval planctónica (larva equinopluteus) (Tavares, 1996).



El género *Mellita*, a lo largo de su historia taxonómica, sufrió diversas modificaciones desde su establecimiento por Klein en 1734 (Harold y Telford, 1990). La revisión sistemática del género realizada por Harold y Telford (1990), reconoció siete especies, de las cuales tres poseen distribución en la costa Atlántica, desde Massachusetts, EUA hasta el sur de Brasil: *M. isometra* Harold y Telford (1990), que se encuentra en el este del Atlántico Norte, de la isla Nantucket al norte de Rhode Island, Nueva York hasta Florida; *M. tenuis* Clark (1940), al este del Golfo de México y Florida; *M. quinquesperforata* Leske (1778), con presencia a lo largo de toda la costa tropical y subtropical del continente americano, del delta del Mississippi, América Central, Antillas hasta el sur de Brasil. Las cuatro especies restantes se distribuyen en el Pacífico en la costa central oeste de México y América central: *M. longifissa* Michelin (1858), *M. grantii* Montensen (1948), *M. notabilis* Clark (1961) y *M. kanakoffi* Durham (1961) (Solís-Marín, 1998).

Sin embargo, de acuerdo a los recientes estudios filogenéticos realizados por Coppard (2016), se ha modificado el número de especies registradas para el género *Mellita* con un total de cinco especies: *M. isometra*, *M. tenuis* y *M. quinquesperforata* registradas en el Golfo de México y Atlántico; para la zona del Pacífico *M. notabilis* y *M. kanakoffi*. Las dos especies restantes que se tenían registradas para este género se reubicaron en un género nuevo, resultando cuatro géneros en total para la familia Mellitidae.

Existe una considerable diversidad de formas entre los representantes del género *Mellita* en las costas del continente Americano, entre ellas una especie en particular *M. quinquesperforata* (Leske, 1778), distribuida en el Caribe con un intervalo del noroeste al suroeste del Golfo de México.



La especie *Mellita quinquiesperforata* presenta el siguiente arreglo taxonómico de acuerdo a Kroh, 2013:

Phylum Echinodermata Brugière, 1791

Clase Echinoidea Leske, 1778

Subclase Euechinoidea Bronn, 1860

Infraclase Irregularia Latreille, 1825

Orden Clypeasteroidea L. Agassiz, 1835

Familia Mellitidae Stephanini, 1912

Género *Mellita* L. Agassiz, 1841

Mellita quinquiesperforata Leske, 1778

La descripción según Alvarez-Rojas (2013), nos dice que la especie *M. quinquiesperforata* presenta una testa ovalada o subrectangular (Figura 3); sistema apical monobasal con cuatro gonoporos; petaloides cerrados. Los ambulacros I, II, IV y V, presentan una lúnula alargada y angosta: sobre el interambulacro 5 hay una lúnula que es más alargada y angosta que las lúnulas interambulacrales; el ápice de la testa se localiza anterior al sistema apical, curvándose y marcando un declive gradual hacia el borde posterior de la testa. Los petaloides pareados anteriores son de menor tamaño: el par posterior y el impar son aproximadamente del mismo tamaño; la zona interporífera del pétalo impar es más ancha que las demás; los poros interiores de los pétalos son grandes, mientras que los exteriores son muy poco visibles y se localizan aproximadamente a la mitad del surco que conecta los pares de poros; cada surco está separado por una fila de pequeños tubérculos. Oralmente la testa presenta surcos alimenticios ambulacrales que se bifurcan desde el borde del peristoma; estas bifurcaciones presentan ramificaciones irregulares; los surcos alimenticios posteriores son más profundos que los anteriores. Los tubérculos se presentan en mayor densidad sobre los interambulacros, alrededor de las lúnulas y sobre el margen de la testa, de los que se sostienen distintivas espinas en forma de remo; alrededor del periprocto hay tubérculos más grandes y bien separados. Peristoma ligeramente anterior,



cubierto uniformemente por espinas aplanadas; el periprocto se sitúa por debajo del peristoma, es alargado y presenta placas periproctales grandes y alrededor del ano las placas son más pequeñas.

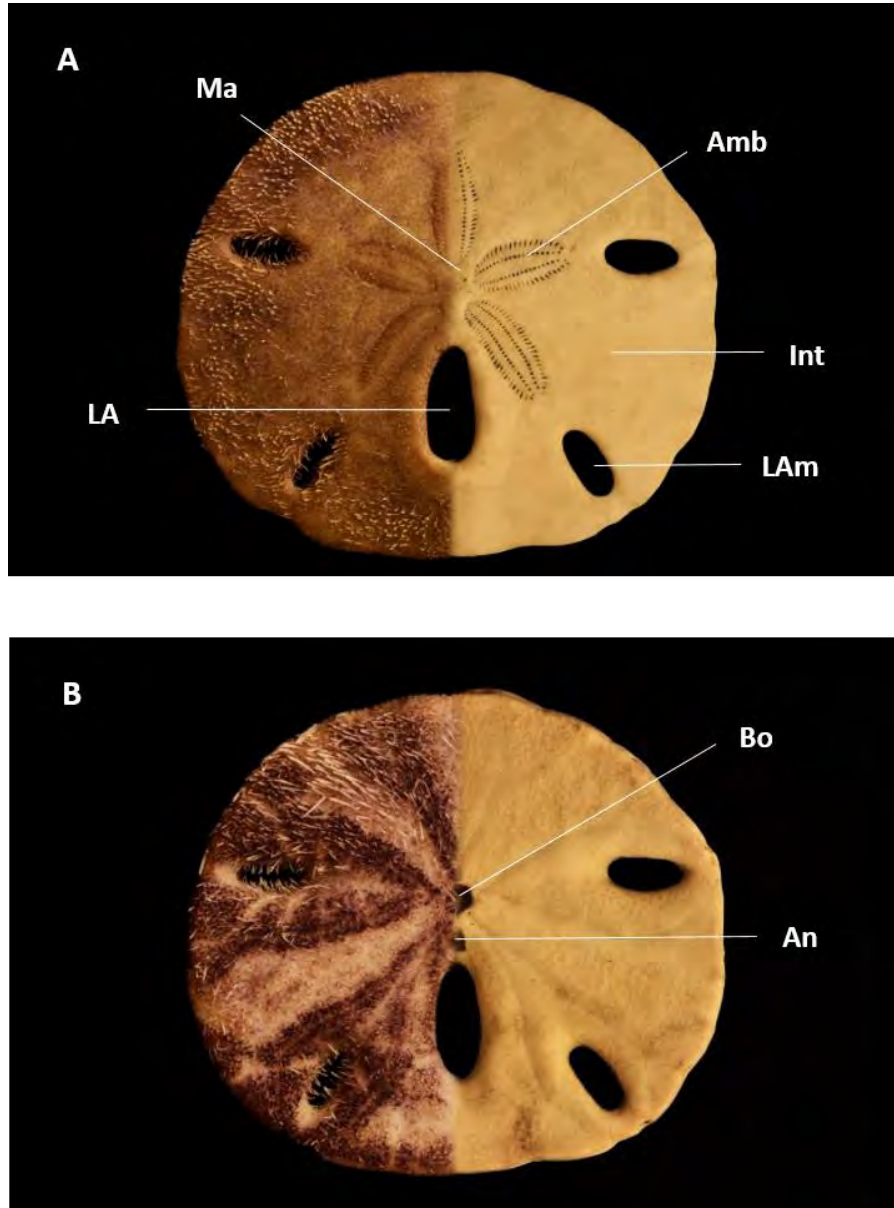


Figura 3. A. Vista aboral. B. Vista oral. **Ma**, madreporita; **Amb**, ambulacro; **LA**, lúnula anal; **Int**, interambulacro; **LAm**, lúnula ambulacral; **Bo**, boca; **An**, ano.



La dieta y el modo de alimentación en *Mellita* fueron descritos por innumerables autores. Hyman (1958), describió el contenido encontrado en el intestino compuesto de partículas inorgánicas como granos de cuarcita de forma bien redondeada y metales pesados (magnetita). Moss y Lawrence (1972), encontraron diatomeas, dinoflagelados y detritos. Lane y Lawrence (1979), determinaron como componentes de su dieta alimenticia el detrito orgánico, diatomeas, foraminíferos y dinoflagelados. Findlay y White (1983), asumen que *M. quinquesperforata* se alimenta de la comunidad microbiana béntica, recurso alimentario primario para la cadena trófica de detritívoros.

En cuanto al modo de alimentación, son sugeridos dos mecanismos: en una primera hipótesis, las espículas de la superficie aboral actúan como un tamiz selectivo para escoger las partículas mayores que son ingeridas; en una segunda hipótesis, con podios o pies ambulacrales especializados de la superficie oral serían órganos primarios de colecta de alimento. Para la hipótesis de tamiz selectivo, partículas mayores que 62 nm al caer sobre la superficie aboral serían transportadas por espículas y corrientes ciliares por la extremidad de la testa, o a través de las lúnulas, pasarían por la superficie oral y llegarían hasta la boca; granos menores serían atrapados en ese proceso por un moco secretado por el animal. Para la segunda hipótesis, asumida por Telford *et al.* (1985), las partículas serían seleccionadas del sedimento por varios pies ambulacrales especializados hasta alcanzar los surcos de alimentación en la superficie oral, siendo agregados a un moco y transportados a la boca.



La importancia de *M. quinquesperforata* radica en que es un agente modificador de las propiedades del sedimento, principalmente en la actividad de bioturbación sobre la meiofauna. Debido a su capacidad de excavar en el sedimento, la especie influencia la actividad microbiana por la alteración del tamaño del detrito, por la homogenización y resuspensión de los sedimentos, por la regeneración de nutrientes minerales, por el aumento de la capa de actividad de óxido-reducción y por la reducción de la zona anaeróbica del sedimento. Como consecuencia de éstas actividades, se eleva la biomasa microbiana y se altera la estructura de la comunidad de eucariontes (tubícolas y meiofauna, principalmente) (Tavares, 1996).



Justificación

La finalidad de esta tesis es conocer el funcionamiento constitutivo de una población de *M. quinquesperforata* en la playa arenosa El Jicacal, que es una zona semi-virgen ideal para ver los cambios estructurales, monitorear el tamaño poblacional, así como los aumentos o disminuciones en la abundancia de la especie. Se presenta un seguimiento continuo en diferentes épocas del año debido a que no sufre alteraciones considerables y tiene poca perturbación por parte de la actividad humana. El conocimiento de la estructura y dinámica de las poblaciones es esencial para comprender las diversas interacciones que ocurren en los grupos de organismos de una misma especie.

Por otra parte, la falta de información en cuanto a la distribución de *M. quinquesperforata* en el desarrollo e investigación de ésta tesis, el añadir un mapa de distribución actualizada en base a la recopilación de información a lo largo de varios años de estudio en diferentes localidades de la costa este de América permite tener mayor conocimiento para posteriores estudios.



Antecedentes

El género fue originalmente establecido por Klein (1734), incluyendo dos especies, *M. laevis* y *M. testudinata*. Posteriormente Leske (1778), los renombró a *Echinodiscus bisperforatus* y *E. quinquiesperforatus*, respectivamente. El género fue resucitado por L. Agassiz (1841) y en 1956 la Comisión Internacional en Nomenclatura Zoológica, por designación bajo su poder plenario, colocaron a *Mellita* Agassiz, 1841 en la lista oficial de nombres genéricos con *Echinodiscus quinquiesperforatus* Leske, 1778 como la especie tipo (Harold y Telford, 1990).

Harold y Telford (1990), realizaron un estudio sistemático, filogenético y biogeográfico del género *Mellita* en donde con ayuda de un análisis multivariado de datos morfométricos, representaron organismos desde la isla Nantucket hasta Brasil, indicando la presencia de tres especies alopátricas del océano Atlántico. Reportaron siete especies del género *Mellita*, dividiendo a las especies en dos grupos, del océano Atlántico y del océano Pacífico. En el primer grupo se encuentra *M. isometra* registrada en la costa este de Norte de América, desde la isla Nantucket hasta Florida; *M. tenuis* Clark, 1940, distribuida del oeste de Florida a Louisiana; y la especie tipo, *M. quinquiesperforata* (Leske, 1778) registrada desde Louisiana hasta Brasil, incluyendo las Antillas Mayores. En el segundo grupo se incluyen cuatro especies: *M. longifissa* Michelin, 1858; *M. grantii* Mortensen, 1948; *M. notabilis* Clark, 1947 y *M. kanakoffi* Duham, 1961. Además, muestran de acuerdo al análisis filogenético que *M. quinquiesperforata* es el grupo hermano a un grupo monofilético conteniendo todas las especies del Pacífico. Y definen que las especies del género *Mellita* probablemente se originaron mediante procesos de vicarianza de una extensión ancestral en el Neogeno tardío.



Tavares (1996), realizó un estudio ecológico poblacional de *M. quinquesperforata* en diferentes playas del litoral de Paraná, Brasil. Realizó un análisis de la distribución espacio temporal de los organismos en conjunto con sus relaciones con las características ambientales en distintas playas. Además tomó en cuenta los aspectos poblacionales y la biología reproductiva de las galletas de mar respecto a su ciclo de vida. Agregó una clasificación en los individuos separando a los juveniles, que miden menos de 40 mm de los adultos. Además realizó descripciones de las variaciones morfométricas entre las poblaciones de los distintos sitios de estudio. Y agregó que son animales que pueden vivir en ambientes con distintos grados de exposición por su presencia en todas las playas estudiadas en las costas de Paraná que presentan condiciones ambientales distintas.

Solís-Marín (1998), realizó un trabajo sobre sistemática, distribución y morfología del género *Mellita* mediante análisis multivariado de datos morfométricos del género. Midiendo un total de 896 organismos: *M. isometra*, *M. tenuis*, *M. quinquesperforata*, *M. notabilis*, *M. kanakoffi*, *M. longifissa* y *M. grantii*. Proporcionando los caracteres diagnósticos más importantes de cada una de las siete especies, además de la distribución geográfica de cada especie, mostrando que el género presenta una distribución restringida al continente Americano, cuatro de ellas se distribuyen en aguas del Pacífico americano, dos de distribución exclusivamente Atlántica y una de distribución anfiamericana (*M. quinquesperforata*), sin embargo éste último dato es erróneo (comunicación personal del Dr. Francisco A. Solís Marín).

Solís-Marín et al. (2003), realizaron un análisis taxonómico del género *Mellita* de las costas de México que está representado por cinco especies, cuatro de ellas se distribuyen en el Pacífico (*M. notabilis* Clark, 1947; *M. kanakoffi* Duiham, 1961; *M. longifissa* Michelin, 1858; y *M. grantii* Mortensen, 1948), y la quinta es de distribución exclusivamente Atlántica, *M. quinquesperforata* (Leske, 1778). Toman en cuenta los



caracteres morfológicos más importantes para su diagnóstico que son: inclinación del perfil anterior de la testa, ubicación del máximo grosor de la testa, forma de las espinas en los márgenes aborales de las lúnulas, longitud de los petaloides I y V y orientación de las lúnulas ambulacrales con relación al eje antero-posterior.

Tavares y Borzone (2006), realizaron un estudio del ciclo reproductivo de *M. quinquiesperforata* en poblaciones de dos playas con diferentes condiciones en la costa de Paraná de Brasil, obteniendo diferencias con relación al almacenamiento de nutrientes y el periodo de liberación de gametos. Ambas poblaciones presentaron un periodo reproductivo marcado en primavera y verano y una época de almacenamiento de nutrientes en otoño e invierno.

Dias (2008), realizó un estudio poblacional de *M. quinquiesperforata* en la playa de Taíba, Ceará tomando registros físico-químicos. Examinó el ciclo reproductivo mediante procesamiento histológico e índice gonadal por cada mes y posteriormente realizó análisis gonadal, análisis de distribución y correlación con los parámetros ambientales obtenidos, sugiriendo que son tan importantes como los procesos fisiológicos.

Alvarez-Rojas (2013), realizó un estudio de equinoideos en la franja litoral del Golfo de México en donde documenta la distribución de un total de 28 especies agrupados en 20 géneros, 10 familias y 7 órdenes; además realizó un listado taxonómico de los equinoideos con una guía ilustrada en donde provee información sobre la diagnosis, distribución geográfica y batimetría, así como láminas descriptivas con los caracteres diagnósticos más importantes para el reconocimiento de cada especie.



Lima *et al.* (2014), realizaron el primer reporte de asociación entre el cangrejo pinotérico *Dissodactylus crinitichelis* y *M. quinquiesperforata* basado en organismos encontrados en las costas de Brasil. Colectaron 82 *M. quinquiesperforata*, y 16 organismos de *D. crinitichelis*, todos los cangrejos fueron encontrados adheridos debajo de la superficie oral de la galleta de mar. En otros estudios se ha encontrado que este cangrejo está asociado a otros echinoideos. Sin embargo, es la primera vez que se observa este comportamiento. Finalmente describen que la asociación entre estos dos organismos tiene un sistema simbiótico no obligatorio y que el comportamiento junto con el camuflaje son adaptaciones importantes para dicha asociación.

Martínez-Melo *et al.* (2014), realizaron una revisión taxonómica y biogeográfica ecológica de los equinoideos irregulares en México, generando una lista actualizada junto con las coordenadas de recolecta de estos organismos. Además realizaron un análisis PAE que comprueba la relación de áreas de endemismo de equinoideos irregulares. Reportan 68 especies agrupadas en 35 géneros, 17 familias y seis órdenes distribuidas en 34 ecorregiones en donde son reportadas 11 para las costas del Atlántico y 23 para las costas del Pacífico. Y como resultado del análisis biogeográfico indican que las corrientes oceánicas y el sedimento son factores determinantes para la distribución de los equinoideos de la costa Atlántica de México.

González-Gándara *et al.* (2015), obtuvieron datos sobre la composición y distribución de los equinodermos presentes en los sistemas arrecifales del norte y sur de Veracruz, México. Realizaron análisis de similitud para valorar las diferencias a cada escala espacial. Obtuvieron un total de 45 especies de equinodermos pertenecientes a 34 géneros y 26 familias, incluyendo cinco nuevos registros para el estado de Veracruz. Del total de organismos, el mayor número de especies corresponde a las clases Ophiuroidea (15 especies) y Echinoidea (13 especies). En los



resultados obtuvieron que *M. quinquesperforata* se distribuye en dos puntos de los ocho muestreados, el primer punto corresponde al arrecife Lobos, siendo un arrecife de tipo plataforma ubicado en la zona norte del Estado y el segundo corresponde al arrecife Zapotitlán que es un arrecife de tipo marginal ubicado en la zona sur de la costa de Veracruz.

Martínez-Melo *et al.* (2015), realizaron un estudio sobre la taxonomía y biogeografía ecológica de los equinoideos irregulares de México alojados en cuatro colecciones, tres estadounidenses y una mexicana, donde los organismos fueron re-identificados y clasificados. Un total de seis órdenes, 17 familias, 35 géneros y 68 especies son reportadas y distribuidas en 34 ecorregiones, 11 de la costa del Atlántico y 23 para la costa del Pacífico. Determinando que *M. quinquesperforata* no se presenta en la costa del Pacífico y sólo se presenta en la costa del Atlántico en cuatro zonas: zona estuarina de la Laguna Madre, zona nerítica de Veracruz, zona nerítica de Tabasco y en el Talud del sur del Golfo de México.

Coppard (2016), realizó un estudio filogenético tomando en cuenta los tres géneros de galletas de mar contenidos en la familia Mellitidae. Obtuvo como resultado dos modificaciones en dos especies de galletas de mar que se encontraban en el género *Mellita*. *Lanthonia* es un nuevo género de galleta de mar distribuido desde las costas de México incluyendo el Golfo de California hasta Colombia en el Pacífico tropical y subtropical. El género *Lanthonia* incluye a *L. longifissa* (Michelin, 1858) y *L. grantii* (Mortensen, 1948), ambas se localizaban en el género *Mellita*. Sin embargo, los niveles de divergencia genética entre el linaje que contienen a *L. longifissa* y *L. grantii* y el linaje con todas las otras especies de *Mellita*, incluyendo la especie tipo *M. quinquesperforata*, indica la diferenciación de género. Además de tomar en cuenta con base en el estudio molecular usando el gen mitocondrial citocromo oxidasa I y 16S rRNA que los miembros de ambos linajes son morfológicamente diferenciados entre



Lanthonia y *Mellita* teniendo las regiones ambulacrales muy estrechas, además de los surcos de los alimentos y las lúnulas ambulacrales en la superficie oral, siendo más amplias tanto en *M. quinquiesperforata* como en *M. notabilis* y la dentadura de los pedicelarios diferenciados entre estos dos géneros.



Objetivos

Objetivo General

Realizar el estudio poblacional de *Mellita quinquiesperforata* en la playa arenosa El Jicacal, Veracruz, México.

Objetivos Particulares

- Determinar la abundancia de *M. quinquiesperforata* en diferentes meses del año.
- Determinar las tallas de *M. quinquiesperforata* en diferentes meses del año.
- Analizar la correlación de las tallas de largo contra ancho de todos los organismos y por mes de muestreo.
- Analizar la correlación de las tallas de largo contra ancho en juveniles y adultos para determinar el tipo de crecimiento.
- Realizar un mapa actualizado de la distribución de la especie, con base en datos de tres colecciones biológicas de National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D. C.; la California Academy of Sciences, San Francisco, California y la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. María Elena Caso Muñoz” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), además de revisiones bibliográficas de estudios realizados para la especie *M. quinquiesperforata* a lo largo del tiempo.



Área de estudio

La playa El Jicacal se localiza en el municipio de San Andrés Tuxtla en la región de Los Tuxtlas, al sureste del estado de Veracruz ($18^{\circ}35'15''$ N, $095^{\circ}03'06''$ W) (Figura 4), a 17 km de la ciudad de Coatzacoalcos y a 100 km al sur de la ciudad de Veracruz. Considerada una zona del sistema lagunar de Sontecomapan reconocido como sitio Ramsar en el 2003 (<http://ramsar.conanp.gob.mx>).



Figura 4. Mapa en donde se ubica la playa El Jicacal, en las costas del estado de Veracruz.



La Sierra de Los Tuxtlas constituye la extensión más oriental de la cadena montañosa que forma el llamado Eje Volcánico Transversal, aunque se encuentra relativamente aislada de otras zonas montañosas de elevación significativa. Está ubicada en la llanura costera en el sur del Golfo de México, abarcando de Punta Varella a Punta Roca Partida. Su dirección es NW-SE, su eje mayor mide aproximadamente 78 km y el menor 40 km. Está conformada por un gran número de conos volcánicos, lo que contribuye a que el relieve sea muy escarpado principalmente en la vertiente oeste (Villalpando, 1972).

Presenta un relieve principalmente volcánico, constituido por el macizo de San Andrés o de Los Tuxtlas, que contrasta con las tierras bajas y pantanosas de la cuenca de sedimentación de Veracruz que la circunda. Algunas localidades del litoral son Punta Puntinilla, Roca Partida, Órgano, Farallón, y San Juan y las barras de Sontecomapan, que es la salida al mar de la laguna costera del mismo nombre, de Tecuanapa y de Pilapa (Sousa, 1968).

Los Tuxtlas se encuentran dentro del sistema de vientos alisios del hemisferio norte, cuya dirección es del noreste. Sin embargo, la trayectoria del viento en la zona, no siempre es la mencionada, ya que en algunos sitios y en algunas épocas dominan vientos con dirección norte. En menor grado y en algunos otros lugares prevalecen vientos con otras direcciones. Entre las causas que contribuyen a lo anterior está el comportamiento del sistema general de vientos, el cual durante el verano se desplaza hacia el norte, provocando que los alisios alcancen su mayor desarrollo, profundidad y extensión, dominando en todo el país, desde el nivel del mar hasta la parte alta de las montañas. Durante el invierno, el sistema se desplaza hacia el sur y los vientos del noreste pierden profundidad e intensidad, siendo sustituidos en la parte alta por vientos del oeste de la circulación superior (Mosiño y García, 1973). Esta región se ve afectada por la presencia de dos tipos de perturbaciones atmosféricas, los ciclones



tropicales que son responsables de aportes considerables de humedad en forma no violenta y los llamados ‘nortes’ son invasiones de masas de aire frío que proviene del norte de los Estados Unidos de América y del sur de Canadá, y que al cruzar las aguas del Golfo de México modifican su temperatura y recogen humedad (García, 1970).

En la zona de Los Tuxtlas la influencia de éstas perturbaciones se manifiesta en el aumento de la precipitación en el mes de septiembre y en menor proporción en el de octubre (Soto y Gama, 1997); y los ‘nortes’ que son invasiones de masas de aire frío que proviene del norte de los Estados Unidos de América y del sur de Canadá, y que al cruzar las aguas del Golfo de México modifican su temperatura y recogen humedad (García, 1970). En la región de Los Tuxtlas su influencia es especialmente notoria, ya que algunos subtipos climáticos de la zona están caracterizados por el porcentaje de lluvia invernal cuya cantidad depende de los “nortes” (Soto y Gama, 1997).

La temperatura media anual en la región de Los Tuxtlas se localiza en tres zonas térmicas. En la porción suroeste se encuentra la muy cálida con una temperatura media anual mayor a 26°C. En dirección noroeste y a altitudes menores de 200 m se alcanzan valores entre 24 y 26°C, que es la condición térmica que predomina en la mayor parte de la región. En altitudes aproximadas a 600 m en la vertiente del golfo y de 1,000 en la continental, la temperatura media anual es de 22°C (García, 1981).

En la zona de Los Tuxtlas se observa un gradiente de humedad muy marcado, debido a su situación con respecto a los vientos húmedos provenientes del Golfo de México y al efecto de barrera climática que ejerce la propia sierra. Las isoyetas con valores de 3,000 a más de 4,000 mm anuales se encuentran hacia la porción este y noreste y en las laderas orientadas al mar, en tanto que en las laderas continentales



debido a la sombra de lluvia de la sierra, se encuentran los valores más bajos, de menos de 1,200 y de 1,500. Un fenómeno que se relaciona con la humedad es el de la canícula o sequía intraestival; consiste en la disminución de la precipitación durante la época de lluvia que generalmente se presenta en el mes de agosto. La mayor concentración de lluvia ocurre en el verano; no obstante, la humedad durante la época fría del año tiene cierta relevancia, aunque es importante señalar que también en ésta se observa el efecto de barrera climática de la sierra (Soto y Gama, 1997).

La playa El Jicacal es una costa arenosa semi-virgen (Figura 5), el clima de la zona corresponde a un cálido húmedo, con lluvias en verano y principalmente en otoño y una temperatura media anual de 27 °C. La precipitación media anual es del orden de los 4,900 mm y aunque llueve todo el año es posible distinguir una época de lluvias, de junio a febrero, y otra de secas, de marzo a mayo. El mes más seco es generalmente mayo y los más húmedos van de agosto a noviembre. Debido a que es una costa, esta área es afectada directamente por los 'nortes' durante los meses de invierno, los cuales aportan cerca del 15% del total de precipitación anual y producen descensos de temperatura de hasta 10 °C. Cerca de la costa se encuentran pastizales inundables temporales o permanentes.



Figura 5. Fotografía panorámica de la playa arenosa El Jicacal, tomada en agosto de 2015.



Materiales y Métodos

El trabajo de campo se llevó a cabo en los meses de abril y agosto de 2015, abril y agosto de 2016 en la zona litoral de la playa arenosa El Jicacal, Veracruz.

Trabajo de campo

Se realizaron cuatro muestreos, cada uno consistió en coleccionar individuos de *M. quinquiesperforata* en la zona cercana a la línea de costa, con una profundidad aproximada de 1.30 m y en un área de 200 m². El muestreo consistió en una colecta manual (Figura 6) con ayuda de visor y snorkel para la realización de inmersiones a poca profundidad, que permitieran tomar las galletas del sedimento. Las galletas se colocaron en bolsas “ziploc” con agua marina. Terminado el tiempo de muestreo estandarizado a 30 min, se trasladaron en una cubeta con agua de mar el total de individuos obtenidos para su posterior cuantificación manual y mediciones *in situ* de 50 galletas por muestreo.

La medición consistió en tomar los datos del largo y ancho de cada galleta con vernier marca Truper. El largo se tomó desde la parte superior del petaloide central hasta la parte posterior de la lúnula anal, el ancho se midió de manera perpendicular a la medida de largo, pasando por la zona central del organismo (Figura 7). Los datos se registraron de manera paralela a la toma de mediciones en una libreta de campo para la captura de éstos.



Posteriormente del registro de los datos se regresaron los organismos colocándolos en el sustrato arenoso y en distintas zonas del área de estudio, evitando conglomerados y que la distribución fuera regularmente uniforme.

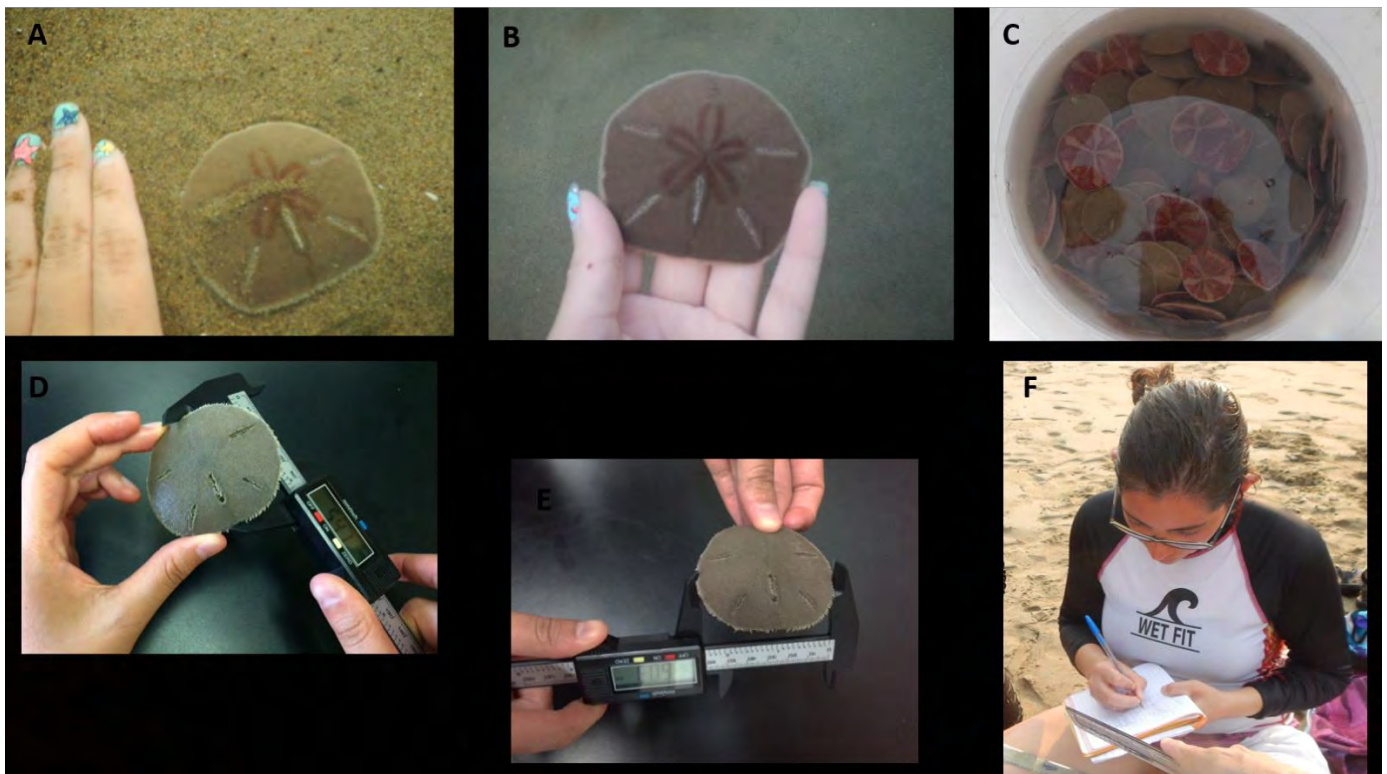


Figura 6. Desarrollo cronológico de muestreo realizado en playa el Jicacal: **A y B.** Colecta manual en el sedimento; **C.** Agrupación de galletas en cubeta con agua marina; **D y E.** Mediciones; **F.** Captura de datos.

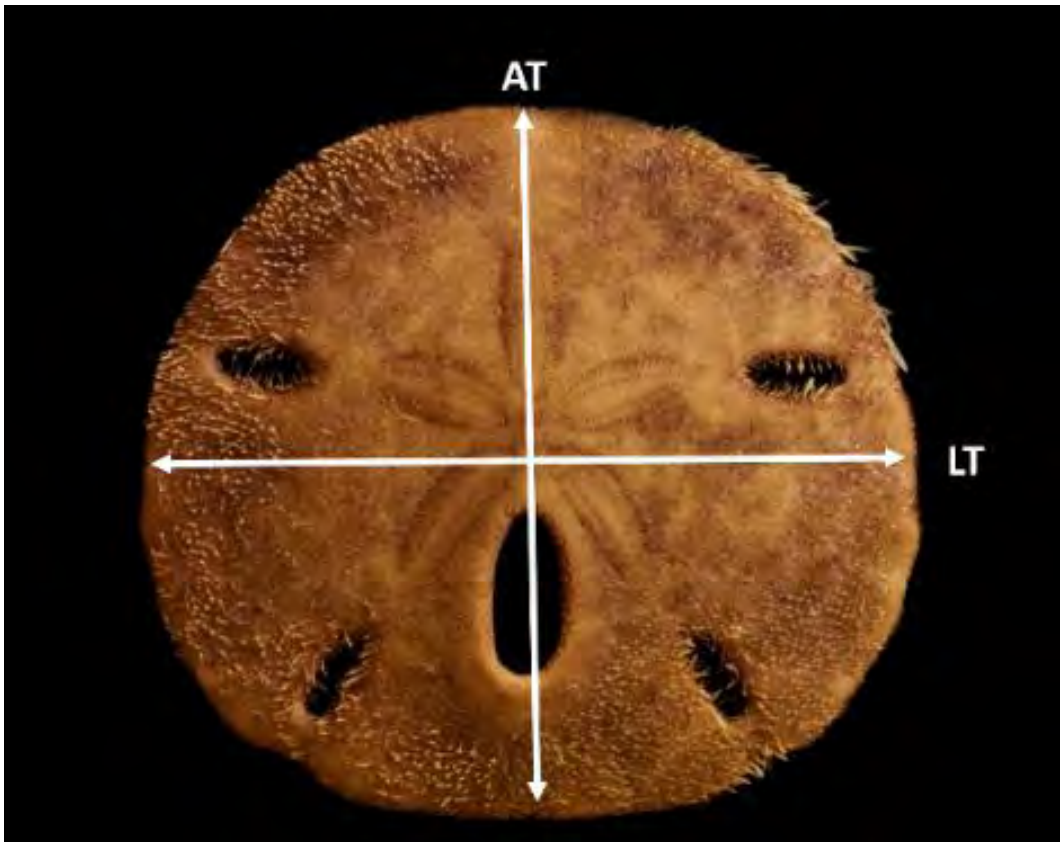


Figura 7. Fotografía vista aboral de *M. quinquiesperforata* representando las medidas; (AT), ancho total y (LT), largo total que se tomaron para el estudio.

Trabajo de gabinete

La información obtenida en los cuatro muestreos, se transfirieron a una base de datos en Microsoft Office Excel 2010, en donde se ordenaron, se realizaron tabulaciones para un mejor manejo, se calcularon las medidas de tendencia central y se realizaron distintas gráficas, así como regresiones lineales para observar las variaciones de cada muestreo, realizando comparaciones en los distintos meses y posteriores estudios estadísticos de prueba.



Para la elaboración de los mapas con distribución actualizada de *M. quinquesperforata* se hicieron revisiones de las bases de datos disponibles en las distintas colecciones biológicas. Se revisaron los registros de las colecciones del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D. C.; la colección de California Academy of Sciences, San Francisco, California. Además de que se visitó la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. María Elena Caso Muñoz” del ICML de la UNAM, en donde se tomó nota de la localidad, el año de colecta y sólo en la Colección Nacional de Equinodermos se midieron a los organismos presentes para una posterior relación entre los registros del Golfo de México contra las medidas máximas y mínimas de ancho total en cm. Se realizó además una revisión bibliográfica de estudios sobre la especie, registrando el autor, el año y las coordenadas. Todos los datos obtenidos de las colecciones y la revisión bibliográfica se manejaron en una base de datos (Apéndice I). Una vez analizados los datos se realizaron los mapas de distribución en el programa Spatial Analysis in Macroecology v4.0 (SAM).



Figura 8. Material de la Colección Nacional de Equinodermos, ICML, UNAM.



Resultados

En este trabajo se obtuvo un total de 2,415 organismos de *M. quinquesperforata* en los meses de abril y agosto de 2015, abril y agosto de 2016. En la Figura 9, se muestra el total de los cuatro muestreos realizados, siendo agosto de 2016 el más abundante, con un total de 1,310 organismos (54%), seguido de agosto de 2015 con un total de 710 (29%). Los meses menos abundantes fueron abril de 2015 presentando 278 organismos (12%) y abril de 2016 con 117 (5%).

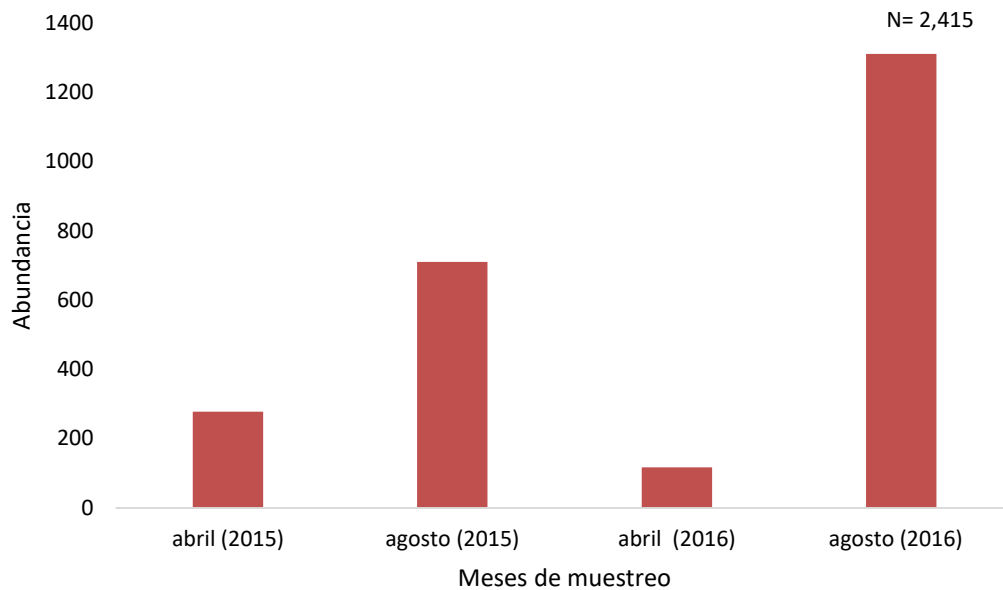


Figura 9. Abundancia de *Mellita quinquesperforata* en los meses y años de muestreo.



En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos de estadística descriptiva observando que en la primera categoría, los valores promedio más altos de ancho y de largo son de abril de 2015 en contraste con los valores más bajos de ancho y largo, en abril y agosto de 2016. Además de notar que los valores promedio de ambos meses de 2016 se repiten para las dos medidas teniendo 3.6 cm de largo y 3.9 cm de ancho de manera repetitiva.

Tabla 1. Estadística descriptiva de tallas del total de organismos examinados y por mes de muestreo de los datos obtenidos de *Mellita quinquesperforata*.

	abril 2015		agosto 2015		abril 2016		agosto 2016		Global	
	largo (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	ancho (cm)	largo (cm)	ancho (cm)
Promedio	4.7	5.1	4.5	4.8	3.6	3.9	3.6	3.9	4.1	4.4
Moda	5.1	5.1	4.9	5.4	3.3	3.5	3.5	4	3.5	4.5
Mediana	4.9	5.2	4.7	5	3.3	3.5	3.7	4	4.1	4
Varianza	0.4904	0.5392	0.8666	0.8209	1.0829	1.4978	0.7476	0.9610	1.0741	1.2407
Desviación Estándar	0.7002	0.7343	0.9309	0.9060	1.0406	1.2238	0.8646	0.9803	1.0364	1.1138

Para representar la comparación de las tallas se realizó una gráfica mostrada en la Figura 10, esta se elaboró a partir del largo y ancho total obtenido para todos los organismos, en donde los mínimos para ambas medidas es de 0.9 cm. Sin embargo, para la medida máxima vemos que el ancho total tiene un mayor rango, con una talla máxima de 6.7 cm y el largototal tiene una talla máxima de 6.4 cm. Con esta diferencia de 0.3 cm es que se muestra de manera general, que los individuos de la población son ligeramente más anchos que largos cuando estos organismos están en etapa adulta.

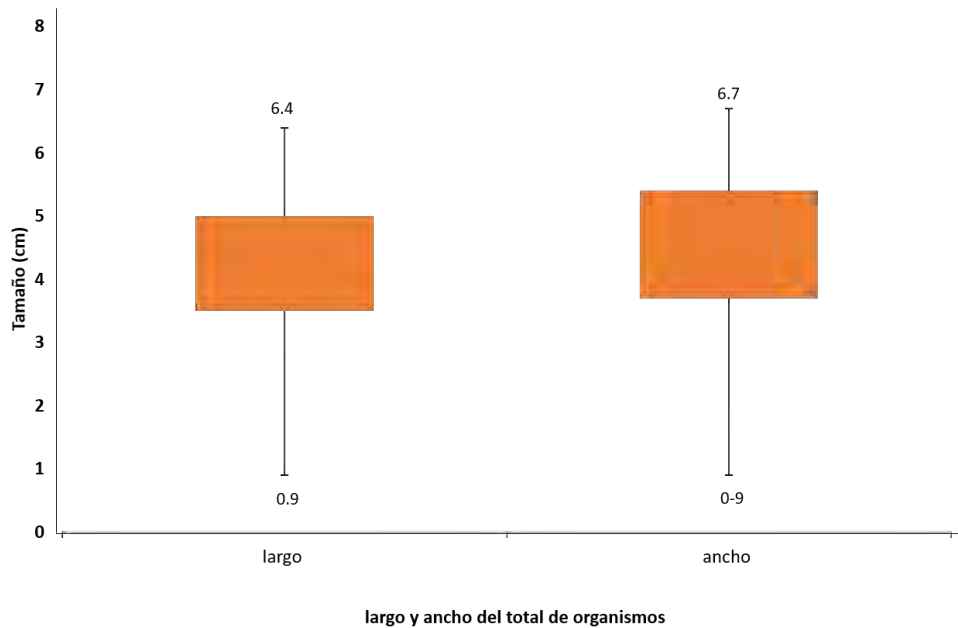


Figura 10. Comparación de las tallas mínimas y máximas para las medidas de largo y ancho en todos los organismos muestreados.

Por otro lado, se retomó la comparación de tallas mínimas y máximas globales de la gráfica anterior pero de manera individual por meses de muestreo con la finalidad de observar las diferencias de tallas entre el largo total y ancho total por cada mes. En la Figura 11 se muestra que en general, el ancho presentó un intervalo más amplio en comparación con la medición de largo. Siendo el mes de agosto de 2016 el que se puede observar una mayor diferencia de tamaños entre estas dos medidas, con una disimilitud de 1 cm, en donde el máximo de largo es de 5.7 cm y el máximo de ancho es de 6.7 cm. Seguido del mes de abril de 2016 que presenta una diferencia de 0.6 cm con un total de 5.5 cm de largo y 6.1 cm de ancho total. Posteriormente el mes de abril de 2015 con una desigualdad de 0.5 cm presentando una medida de 5.9 cm de largo total y 6.4 cm ancho total, existiendo una marcada desigualdad de tallas máximas y de manera menos destacable en el mes de agosto de 2015 en donde la diferencia es mínima de 0.1 cm.



En cuanto a las tallas mínimas de ambas medidas, observamos que el intervalo es mayor en las tallas de largo total, en donde las medidas son más pequeñas que las del ancho total, siendo en agosto de 2015 que presenta una mayor diferencia de 0.8 cm con un largo total mínimo de 2.1 y 2.9 de ancho total mínimo. Para los meses de abril de 2015 y agosto de 2016 observamos que la diferencia es mínima, de 0.1 cm y sólo en el mes de abril de 2016 se presentó una similitud total entre las tallas mínimas de ambas medidas, siendo 0.9 cm la talla más pequeña presentada en el largo y ancho, además de que es la medida más reducida reportada de los cuatro muestreos.

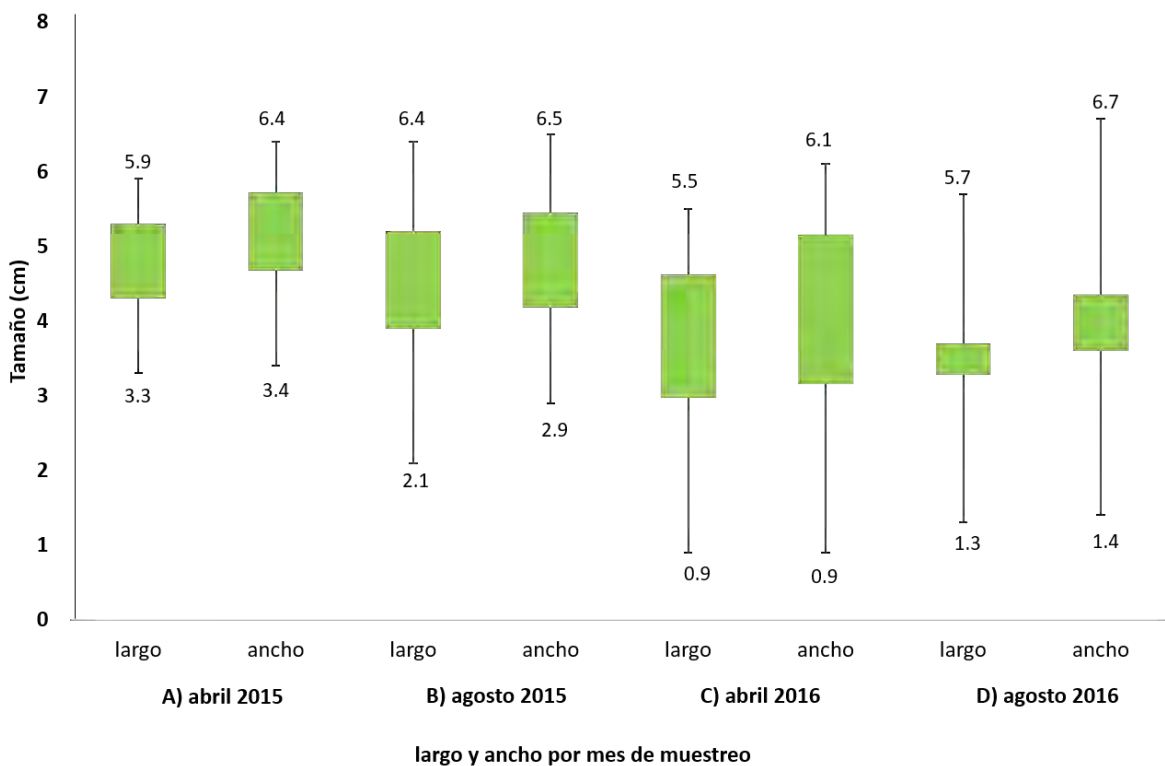


Figura 11. Comparación de las tallas mínimas y máximas para las medidas de largo y ancho de *M. quinquesperforata*, divididos por mes de muestreo.



Del total de datos obtenidos para la medida de largo total de los cuatro meses de muestreo realizados en dos años, se obtuvieron cuatro intervalos de tallas para dividir a la población y observar los intervalos de medidas más abundantes y los que menos representantes de estos organismos tuvieron. En la Figura 12, podemos observar que el intervalo en donde se presenta mayor abundancia es el que va de 3.7 a 5 cm con un total de 84 individuos que representa el 42% del total, seguido del intervalo de 2.3 a 3.6 cm con un total de 61 organismos representando el 30% del total.

Para los intervalos con una menor abundancia de organismos están representados en los extremos de la gráfica, siendo los mínimos y máximos de talla de la población, en donde el intervalo con las tallas máximas que van de 5.1 cm a 6.4 cm está representado con un total de 46 individuos que representa el 23% y por último se encuentra el intervalo de las tallas mínimas que va de 0.9 cm a 2.2 cm con un total de nueve organismos representando sólo el 5% de la población.

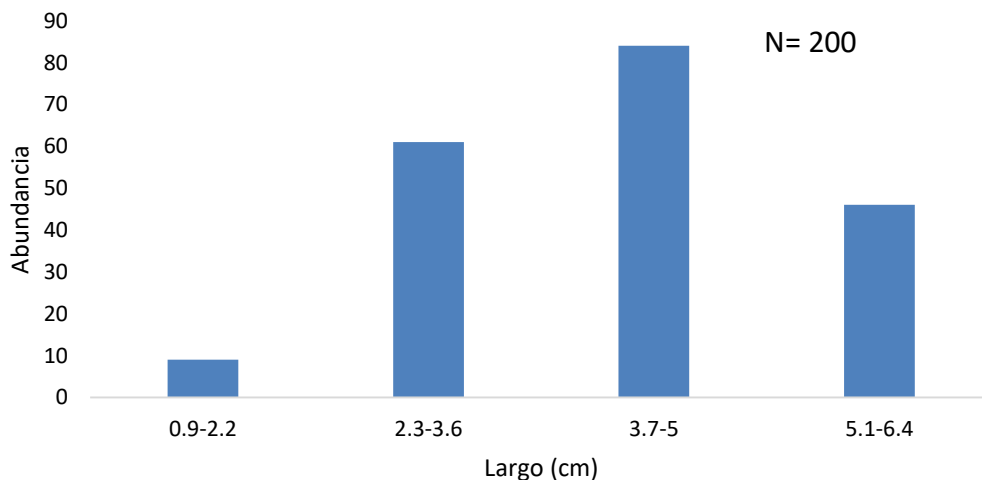


Figura 12. Comparación de intervalos de tallas de largo (cm) en *M. quinquiesperforata* en todos los muestreos.



Se realizaron dos gráficas en las que se categorizaron el total de organismos muestreados en **A.** juveniles (<4 cm) y **B.** adultos (>4 cm), en base a Tavares (1996), "Ecología poblacional de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Echinoidea: Clypeasteroidea) en diferentes playas del litoral de Paraná, Brasil; en donde el autor categoriza a la especie en juveniles con una medida menor de 4 cm y a los adultos mayores a los 4 cm, los cuales ya presentan las gónadas desarrolladas. Comparando en cada gráfica las medidas mínimas y máximas de largo total y ancho total, siendo el intervalo máximo de ancho total mayor que la medida del largo total.

En la Figura 13 podemos observar la letra **A** (gráfica superior) representando los individuos juveniles que van de los 0.9 a los 4 cm, presentan un largo total de 4 cm y un ancho total de 4.5 cm, teniendo una diferencia de 0.5 cm entre estas dos medidas. Y en la letra **B** (gráfica inferior) con los individuos adultos que miden más de 4 cm, presentan un largo total de 6.4 cm y un ancho total de 6.7 cm, presentando una diferencia menor de 0.3 cm en comparación con los individuos juveniles.

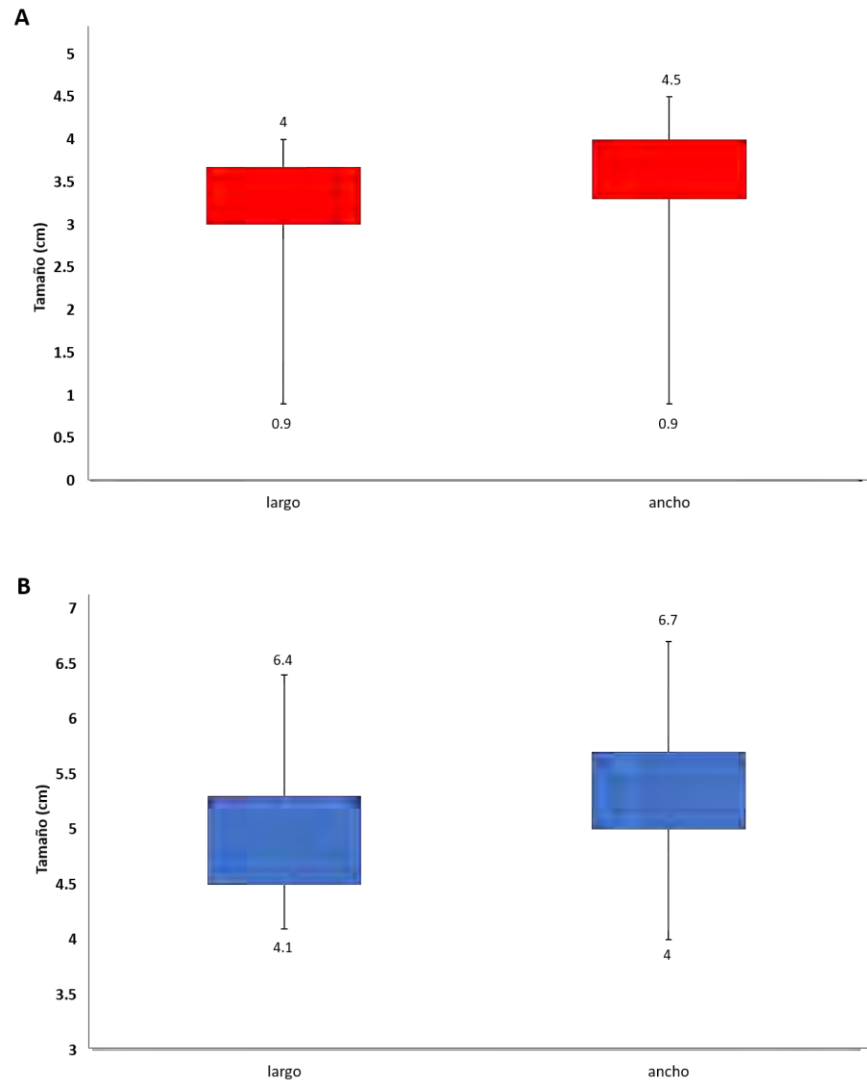


Figura 13. Comparación de las tallas mínimas y máximas en los organismos muestreados: **A.** Juveniles, **B.** Adultos.

En la Figura 14, se presenta una regresión lineal con el total de los organismos muestreados tomando en cuenta el ancho total contra el largo total, teniendo como resultado una correlación positiva con un valor de $R^2= 0.91$.

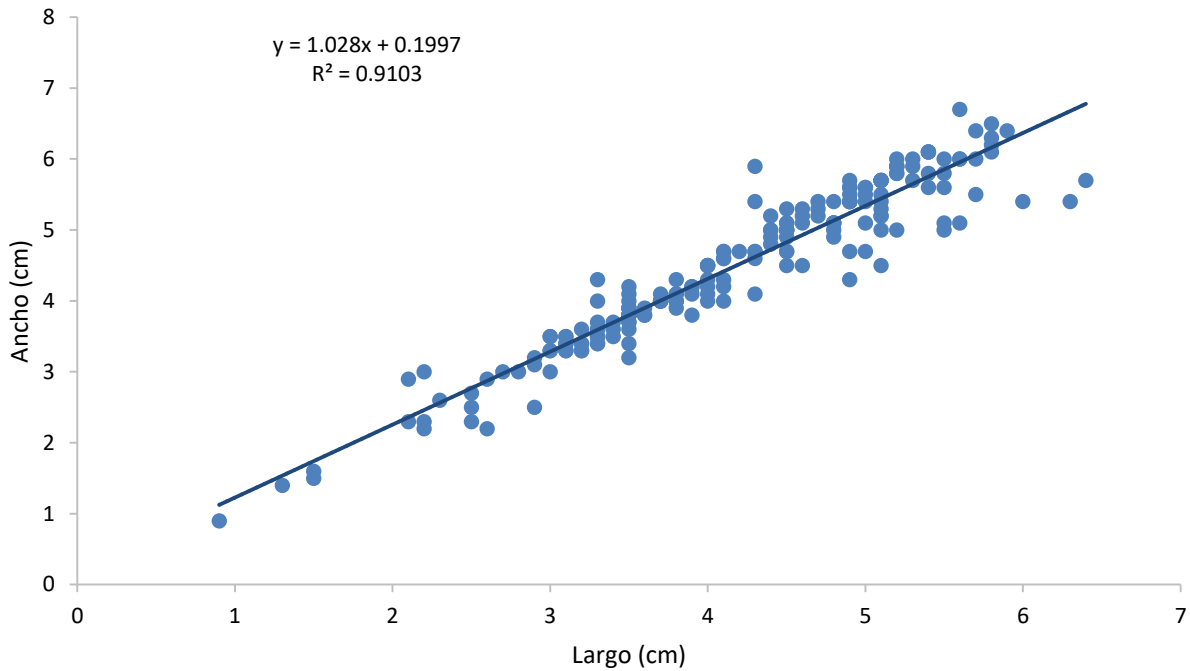


Figura 14. Análisis de regresión lineal de ancho (cm) contra largo (cm) de todos los organismos medidos.

Respecto a la Figura 15, se muestran regresiones lineales del total de organismos para cada mes de muestreo y definiendo la relación entre el ancho total contra el largo total de cada organismo de *M. quinquiesperforata*. Se puede observar que los cuatro meses de muestreo presentaron una correlación positiva con distintos valores de R^2 . Los meses con una mayor correlación de $R^2=0.96$ y $R^2=0.97$ fueron abril y agosto de 2016 respectivamente, presentando los puntos más cercanos a la línea de tendencia. En los meses de 2015 se presentaron correlaciones más bajas, en el mes de agosto se obtuvo una $R^2=0.81$ y el mes con una correlación más baja fue abril con una $R^2=0.69$, siendo en estos dos meses de muestreo en donde observamos que los puntos están más dispersos y alejados de la línea de tendencia.

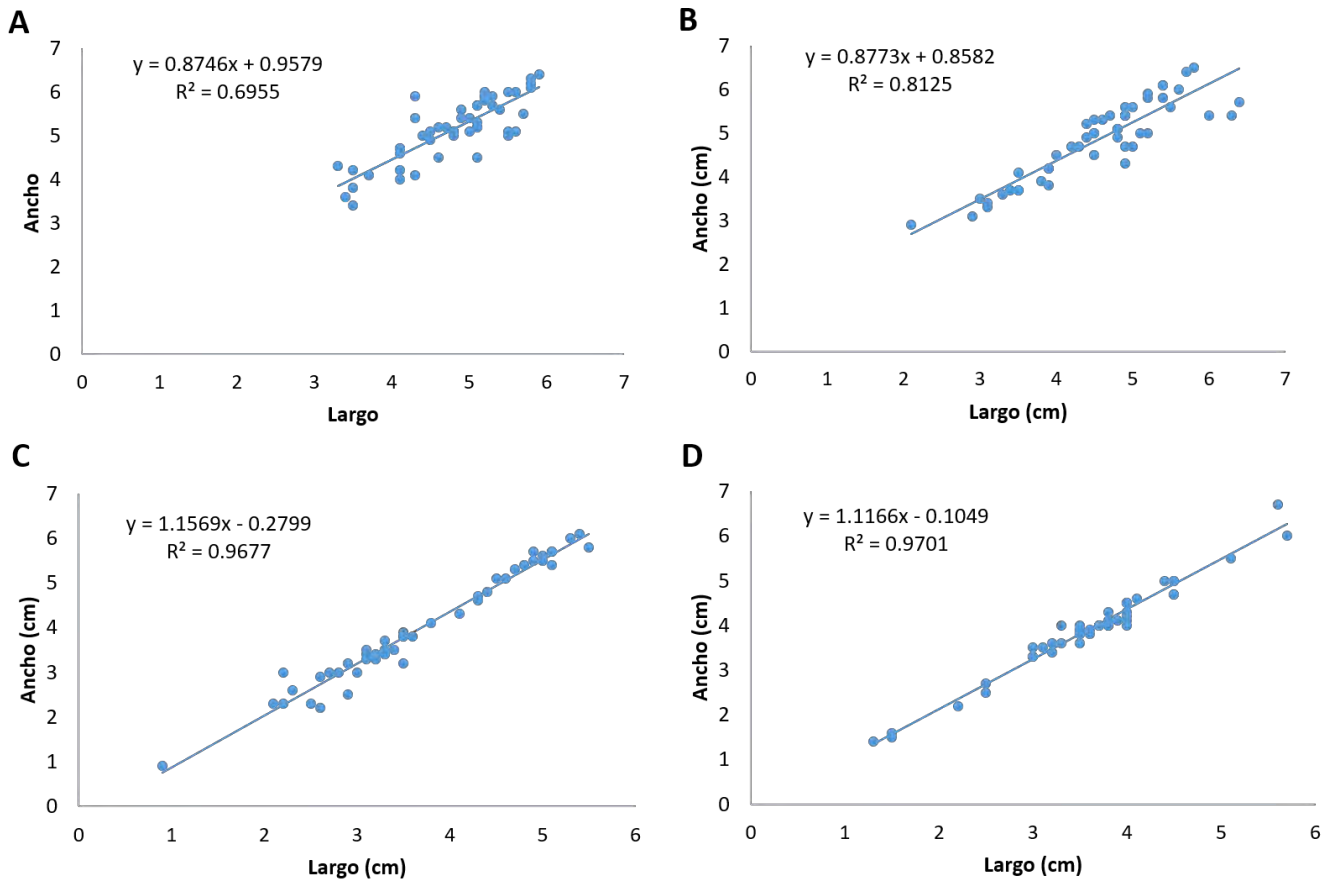


Figura 15. Correlación de ancho (cm) contra largo (cm) de los organismos de *Mellita quinquiesperforata*, para cada uno de los distintos meses de muestreo: **A.** abril 2015; **B.** agosto 2015; **C.** abril 2016; **D.** agosto 2016.

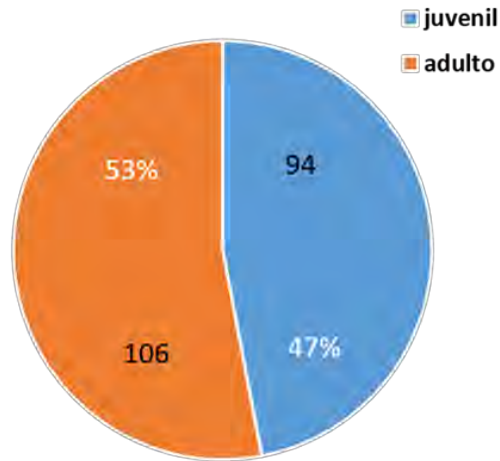
En la figura 16 se muestra la categorización de los organismos divididos en juveniles (<4 cm) y en adultos (>4 cm). Observamos en la figura 16 **A**, el total de organismos para cada categoría, obteniendo una ligera mayor proporción de adultos con un total de 106 individuos representando un 53% de la población, seguido de la categoría de juveniles con 94 organismos en total, que representa un 47% del total de la muestra.



En la figura 16 **B** observamos el total de abundancia para cada categoría en los cuatro meses de muestreo, en donde observamos la categoría de juveniles con mayor proporción en los meses de 2016, siendo el mes de agosto el que presentó mayor abundancia con un total de 41 individuos, seguido del mes de abril con un total de 32 individuos. Por otra parte la menor abundancia se presentó en los meses de 2015 en donde el mes de agosto se obtuvieron 15 organismos y en abril la abundancia más baja con seis organismos. En cuanto a los adultos ocurre todo lo contrario, presentando una mayor frecuencia en los meses de 2015, siendo el mes de abril con la mayor abundancia obteniendo un total de 44 individuos, seguido del mes de agosto con 35 organismos, en contraste podemos observar que en cuanto a los meses de 2016 la frecuencia de adultos disminuye, teniendo una menor proporción de adultos en el mes de abril con 18 organismos y agosto presentando la menor abundancia con un total de nueve organismos. Podemos entonces observar que la población de juveniles va aumentando respecto al paso del tiempo desde el primer mes, abril de 2015 a agosto de 2016, e inversamente la población de los adultos va disminuyendo desde el primer mes al último según la población de juveniles aumenta.



A



B

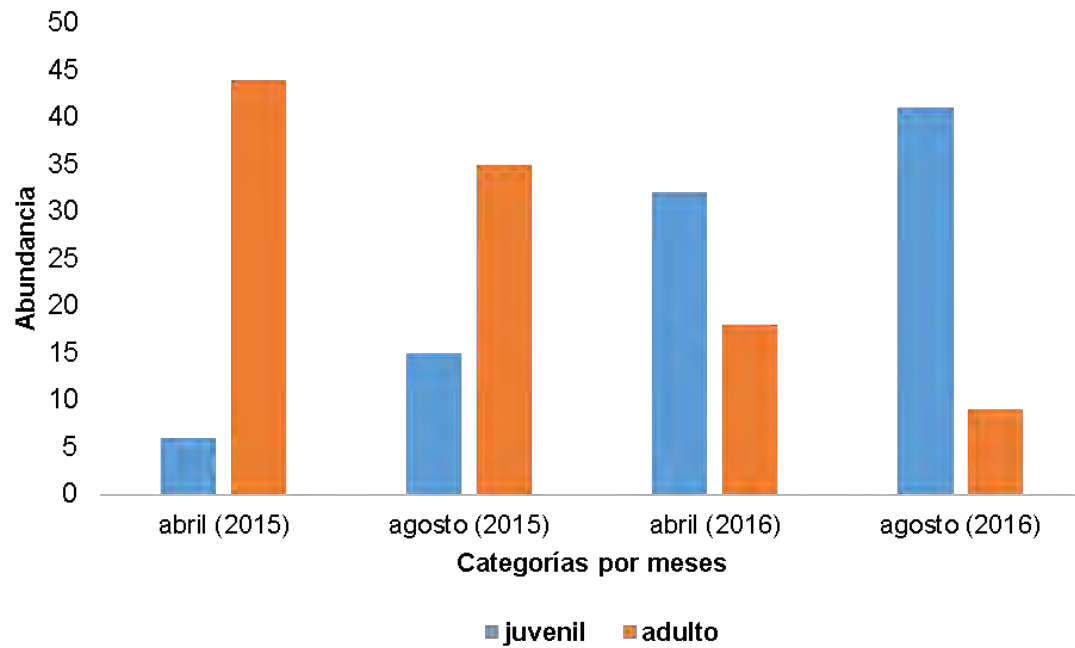


Figura 16. A. Proporción de juveniles y adultos en *Mellita quinquiesperforata* para la población completa; B. Abundancia de cada categoría por los mes de colecta.

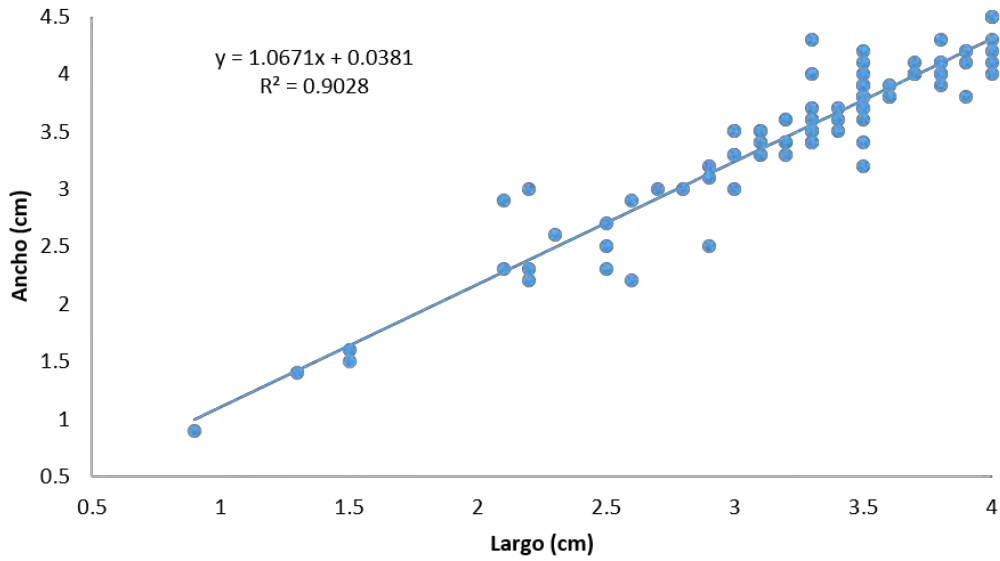


En la Figura 17, observamos las regresiones lineales para las categorías de juveniles y adultos, donde observamos en **A**, la correlación de los juveniles que es positiva con un valor de $R^2=0.90$. En donde podemos observar que los puntos están cercanos a la línea de tendencia. Por otro lado, en la regresión lineal **B** que representa a los organismos adultos, se obtuvo una correlación negativa con una $R^2=0.52$, observando que los puntos están muy dispersos y separados de la línea de tendencia. Esto nos indica las diferencias de la morfología entre juveniles y adultos, en lo que podría hacer inferencia al tipo de crecimiento desigual entre largo y ancho que se presenta entre las categorías de juveniles y adultos.

Con base en la Figura 17 en donde observamos la correlación existente entre largo y ancho de la testa de crecimiento entre los juveniles y adultos, se dividió la categoría de juveniles en tres intervalos para analizar de manera más detallada los datos de esta categoría y con el propósito de observar a partir de qué talla los individuos comienzan a modificar su morfología circular, es decir, comienzan a ser más anchos que largos.



A. Juveniles



B. Adultos

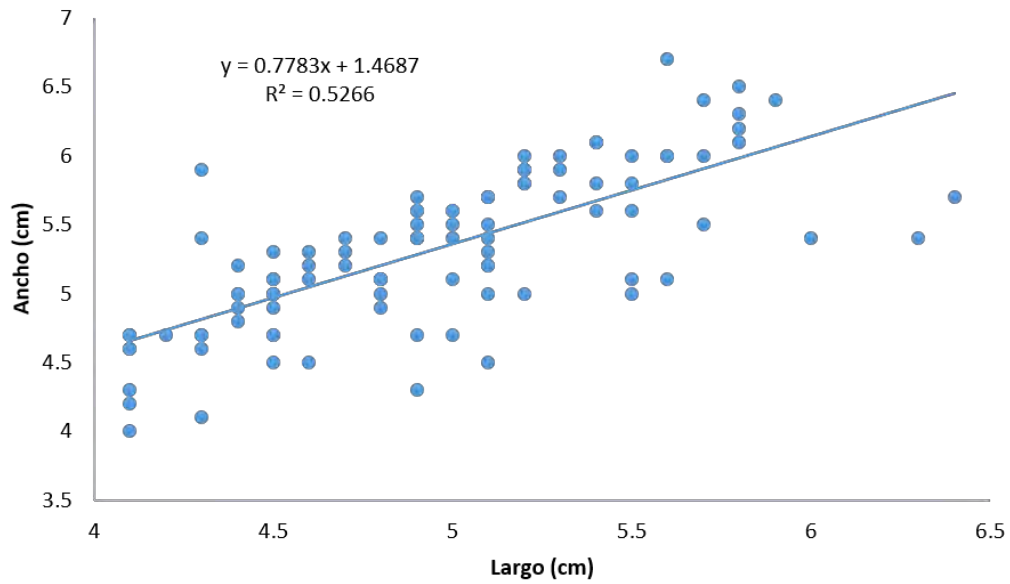


Figura 17. Correlación entre largo y ancho de *Mellita quinquiesperforata*.



En la Figura 18 se presentan tres regresiones lineales que representan tres intervalos divididos en la categoría de los juveniles. En la gráfica **A**, se representa el intervalo de 0.9 a 2 cm de largo con un total de cuatro organismos, podemos observar que presenta una correlación positiva con una $R^2= 0.97$, en donde los puntos están sobre la línea de tendencia. En la regresión lineal **B**, que representa el intervalo de 2.1 a 3 cm de largo, con un total de 19 organismos, observamos que su correlación es negativa con una $R^2= 0.46$ y notablemente vemos que los puntos están muy dispersos a la línea de tendencia. En la regresión lineal **C** que representa el intervalo de 3.1 a 4 cm de largo con un total de 40 individuos, presenta una correlación ligeramente positiva con una $R^2= 0.67$ en donde podemos observar que los puntos están igualmente dispersos que la regresión anterior pero presenta ciertos puntos sobre la línea de tendencia.

Se observa un comportamiento de los datos que llama la atención en las gráficas B y C, los individuos pueden tener exactamente el mismo largo de la testa, pero presentar distintas medidas de ancho. Así por ejemplo, en la categoría de 3.3 cm de largo, tenemos hasta seis posibilidades de ancho. Demostrando la variabilidad de medidas que pueden presentar estos organismos en cuanto a la relación que podría existir entre el largo y ancho.

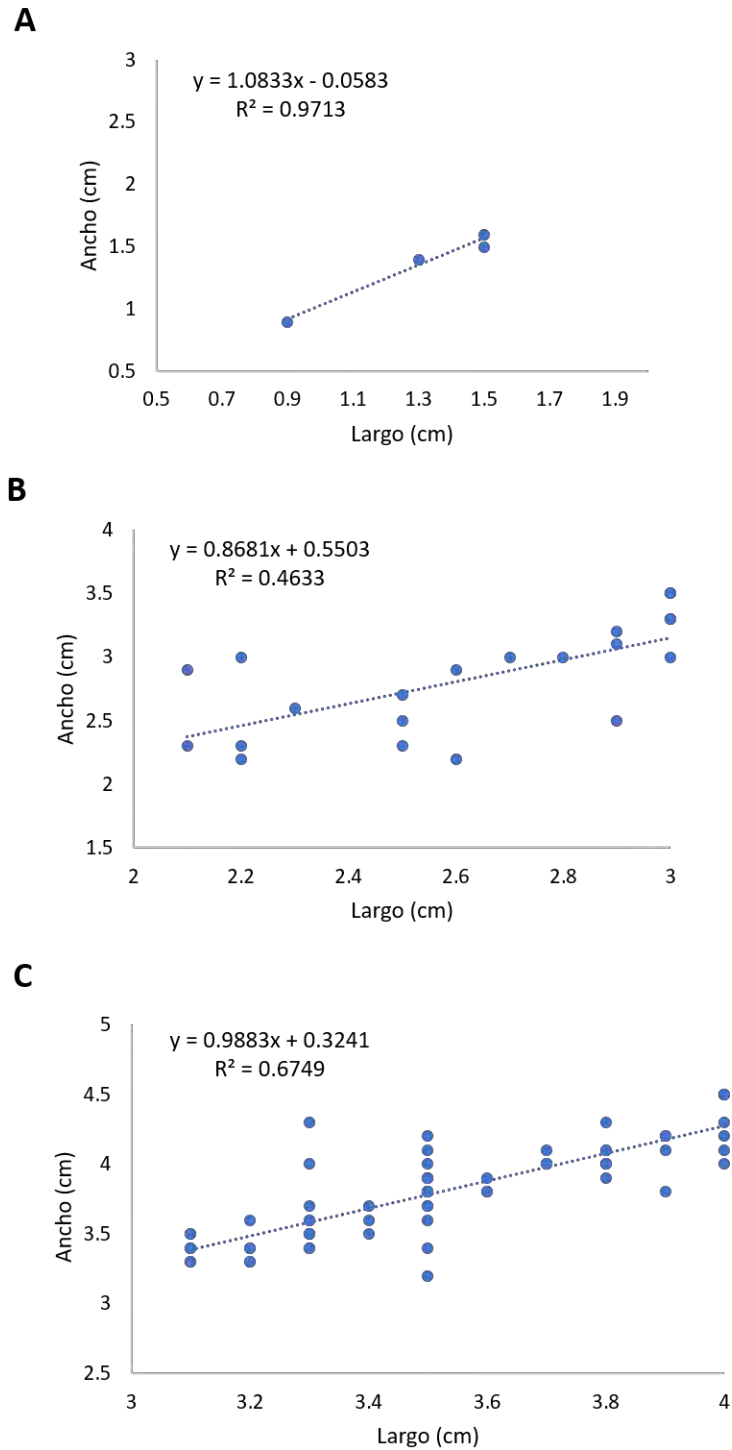


Figura 18. Correlación entre largo y ancho de *Mellita quinquiesperforata* de la categoría de juveniles dividida en en tres intervalos: **A.** de 0 a 2 cm; **B.** de 2.1 a 3 cm y **C.** de 3.1 a 4 cm.



En la Tabla 2 se muestran los datos totales de los organismos muestreados divididos en individuos juveniles (<4 cm) y adultos (>4 cm) para categorizar de acuerdo a la diferencia en tallas de largo total y ancho total de cada organismo. Las categorías que se utilizaron fueron tres: 1) Redonda, en donde la diferencia entre largo y ancho fueron en un intervalo de 0 a 0.2 cm; 2) Casi redonda, siendo la diferencia entre largo y ancho dentro de un intervalo de 0.3 a 0.5 cm; 3) Irregular, esta categoría se colocó para los organismos con una diferencia entre las dos medidas que fuera mayor de 0.6 cm. Como podemos observar en la parte superior de la tabla se encuentra el total de organismos juveniles categorizados. La categoría casi redonda tiene mayor número de organismos representando el 50% de todos los juveniles, seguido de la categoría redonda con un 44% y en menor proporción las irregulares con un 6% del total de juveniles.

Por otro lado, en la parte inferior de la tabla se encuentra el total de organismos adultos categorizados, en donde observamos que la categoría casi redonda e irregular se presentaron en mayor proporción con un 41% para ambas categorías y en menor número de organismos, la categoría de redonda presentando un 18% del total de adultos. Con estos datos se hace referencia al tipo de forma que presentan los juveniles y adultos.

Tabla 2. Categorización de los individuos de *Mellita quinquesperforata* según su diferencia entre las medidas de largo y ancho de los juveniles (< 4 cm) y adultos (> 4 cm), divididos en Redonda, Casi redonda e Irregular.

Juveniles		
Categorías	Número de organismos	Porcentaje (%)
Redonda (0 - 0.2 cm)	41	44%
Casi redonda (0.3 - 0.5 cm)	47	50%
Irregular (> 0.6 cm)	6	6%
Adultos		
Redonda (0 - 0.2 cm)	19	18%
Casi redonda (0.3 - 0.5 cm)	44	41%
Irregular (> 0.6 cm)	43	41%



En la Figura 19 observamos el mapa con la distribución de *M. quinquiesperforata* de acuerdo a los datos obtenidos en las revisiones de las tres colecciones biológicas y la revisión bibliográfica se obtuvo un total de 103 registros distribuidos en el continente Americano con una apertura marcada desde Bird Shoal, Carolina del Norte, Estados Unidos (34.71 N, -76.66 W) hasta Río Grande del Sur, Brasil (-31.06 S, -51.46 W) abarcando el centro y sur del continente en el Golfo de México y Atlántico.

En la Figura 20, se observa el mapa de distribución correspondiente a los datos obtenidos en United States National Museum, Smithsonian Institution con un total de 30 registros. Hay tres puntos principales de muestreo contenidos en esta colección. El primero se encuentra en la costa de Texas, Estados Unidos con seis registros; el segundo se encuentra en la costa de Florida, Estados Unidos con cuatro registros y el tercero se encuentra en Puerto Rico con nueve registros. Observamos que la distribución corresponde desde la Playa Jamaica, Galveston, Texas, Estados Unidos (29.19 N, -94.98 W) hasta la costa de Santos, São Paulo, Brasil (-23.93 S, -46.32 W).

En la Figura 21, se observa el mapa de distribución de los datos obtenidos de la colección California Academy of Sciences con un total de 15 registros, de los cuales presenta tres registros nuevos, en Jamaica, Costa Rica y al norte de Brasil. Los puntos de distribución abarcan desde Ciudad de Morehead, Carolina del Norte, Estados Unidos (34.72 N, -76.74 W) a la Playa de Cabelo, São Paulo, Brasil (-25.80 N, -48.52 W).

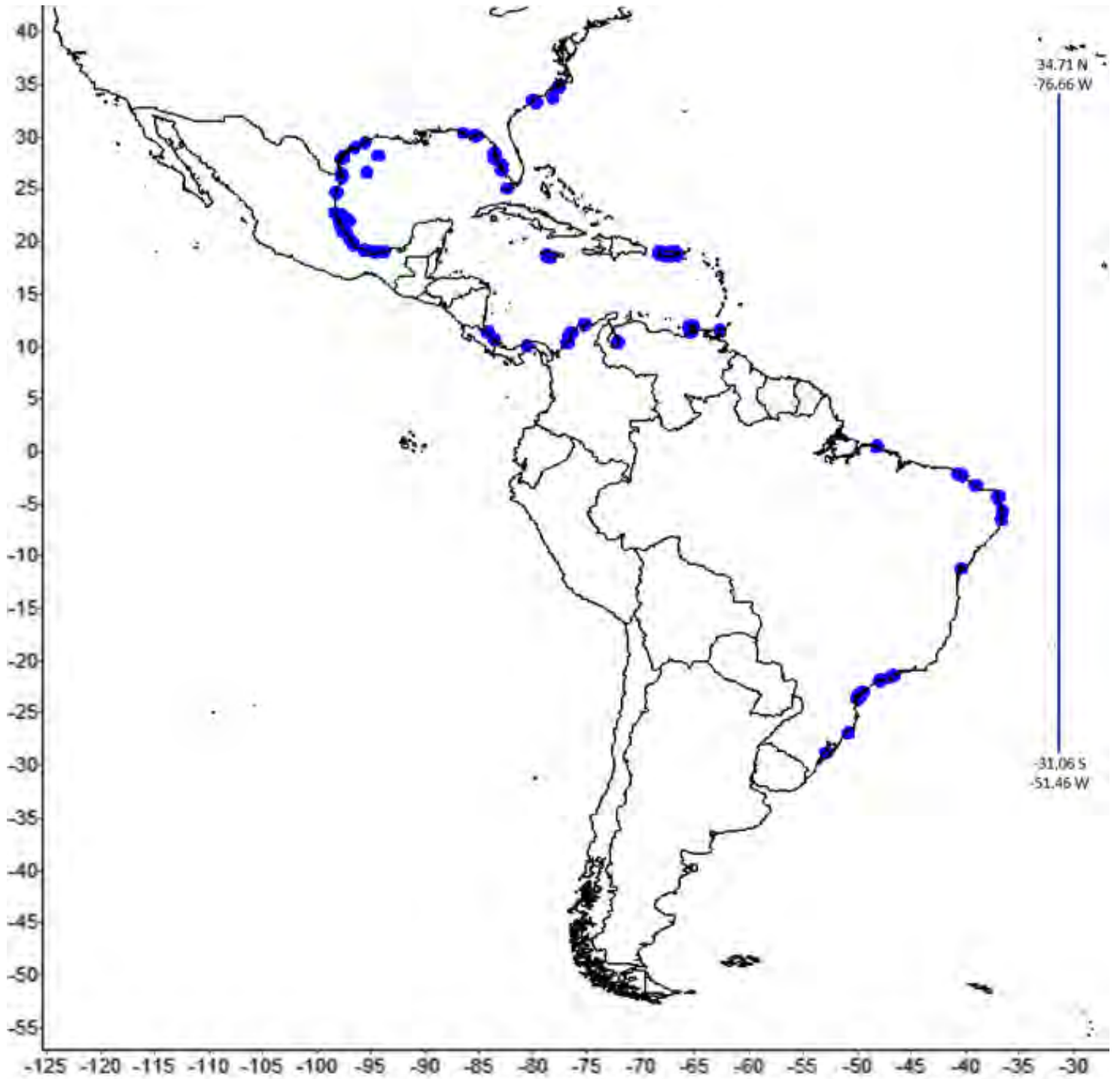


Figura 19. Mapa de distribución global de la especie *Mellita quinquesperforata*.

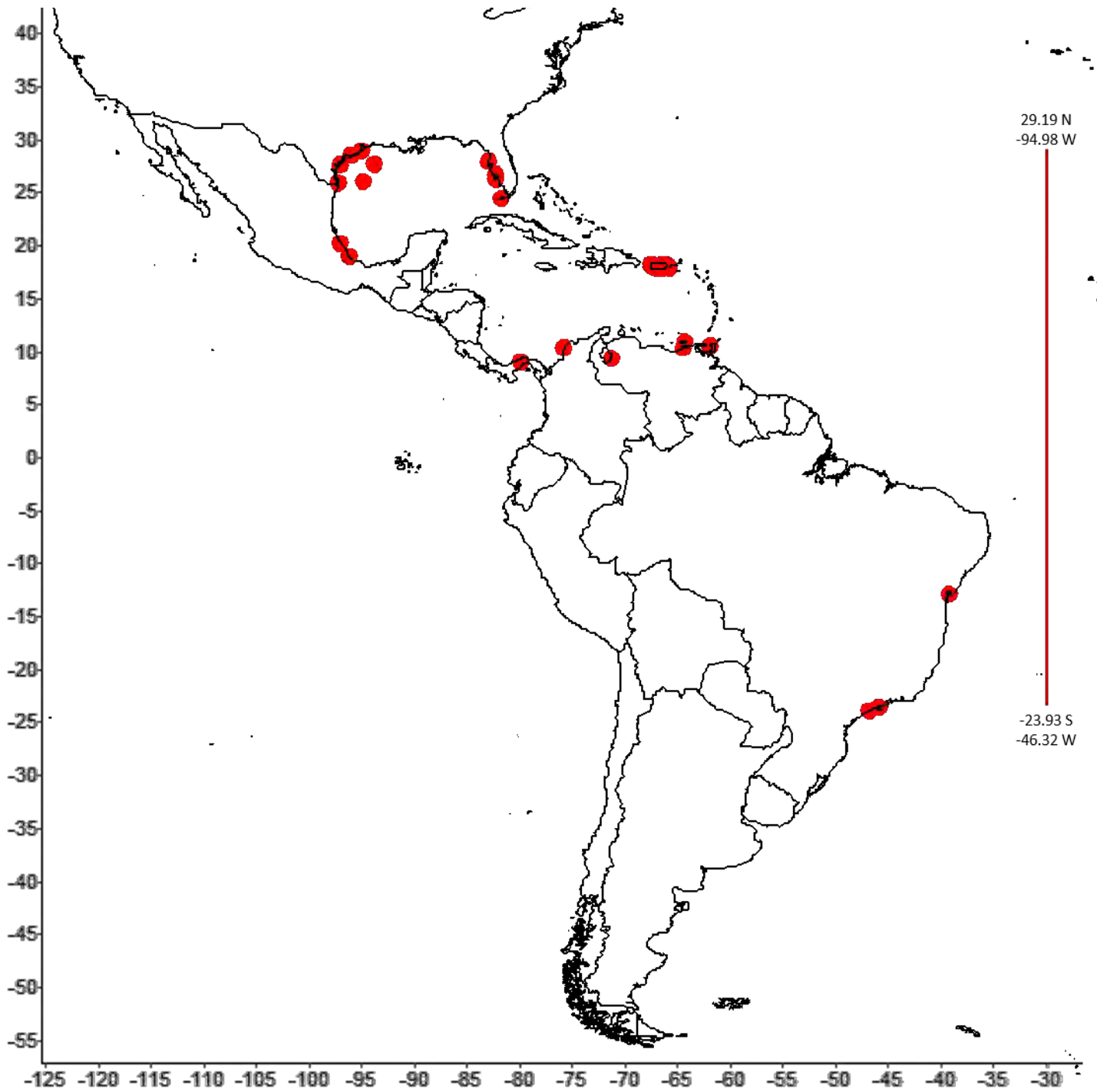


Figura 20. Mapa de distribución de los datos obtenidos de United States National Museum, Smithsonian Institution de la especie *M. quinquiesperforata*.

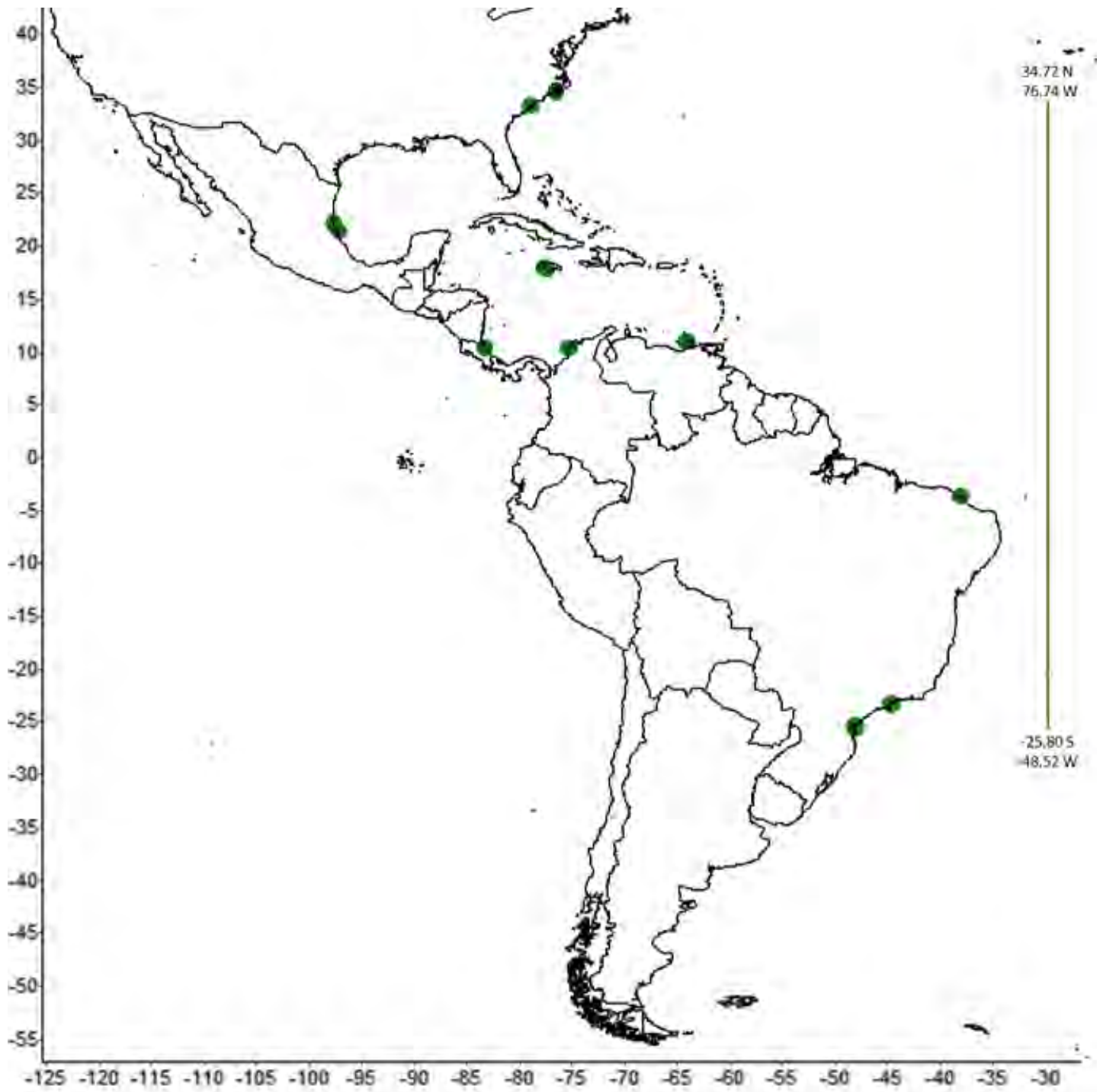


Figura 21. Mapa de distribución de los datos obtenidos de la colección California Academy of Sciences de la especie *M. quinquiesperforata*.



En la Figura 22, se muestran los puntos de distribución obtenidos de la Colección Nacional de Equinodermos, ICML, UNAM con un total de 27 registros. En donde se observa un mayor registro de distribución en el Golfo de México y sólo dos puntos localizados en Playa Bob Hall Pier, Texas, Estados Unidos (27.6166667 N, -97.1833333 W) y Playa de Ponta del Sur, Paranaguá, Brasil (-29.1666667 S, -49.35 W) siendo los puntos extremos de la distribución.

Para la Figura 23, se observa el mapa de distribución de los datos obtenidos de la revisión bibliográfica con un total de 32 registros, de los cuales presenta registros nuevos en la costa de Florida, Estados Unidos; Costa Rica, Colombia y en los estados de Pará, Ceará, Paraíba, Pernambuco y Río Grande del Sur, Brasil. Los puntos de distribución abarcan desde Bird Shoal, Carolina del Norte, Estados Unidos (34.71 N, -76.66 W) hasta Río Grande del Sur, Brasil (-31.06 S, -51.46 W) aumentando la distribución sureña de la especie en comparación a las revisiones anteriores.

En la Figura 24, se observan los registros de distribución exclusivos para el Golfo de México obtenidos de la Colección Nacional de Equinodermos, ICML, UNAM haciendo una relación entre la coordenada de cada localidad con el año y la medida de cada registro. Se dividió en tres categorías de acuerdo a los tamaños que se presentaron, siendo 1.5 cm la medida de ancho total mínima y 9 cm la medida de ancho total máxima registrada. Para la categoría de 1.5 a 4 cm de ancho se obtuvieron tres registros (Estación 17, Veracruz; Tecolutla, Veracruz y Playa Escondida, Veracruz) siendo Playa Escondida, Veracruz la única en presentar el tamaño mínimo de 1.5 cm en 1992.

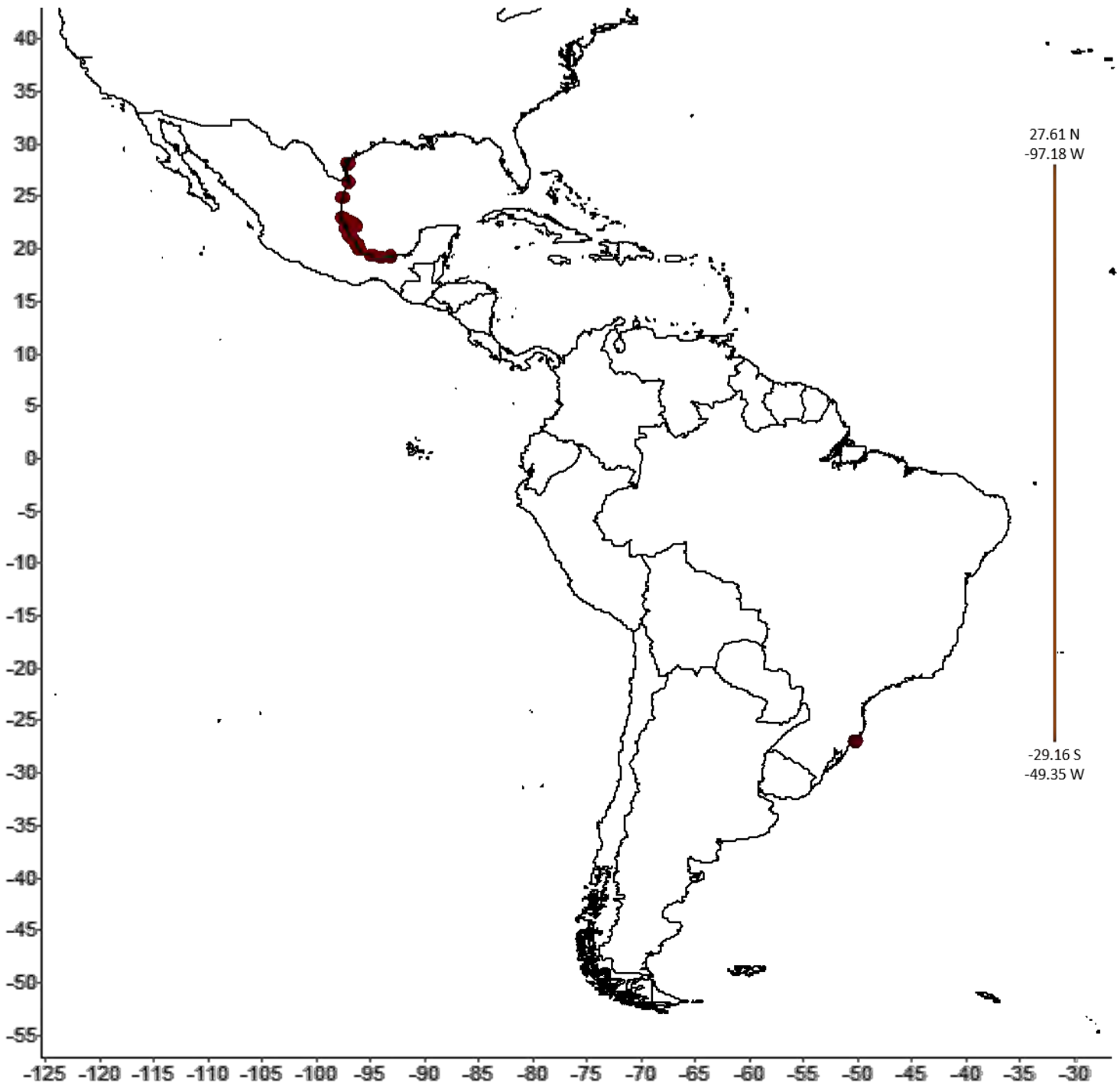


Figura 22. Mapa de distribución de los datos obtenidos de Colección Nacional de Equinodermos, ICML, UNAM, de la especie *M. quinquiesperforata*.

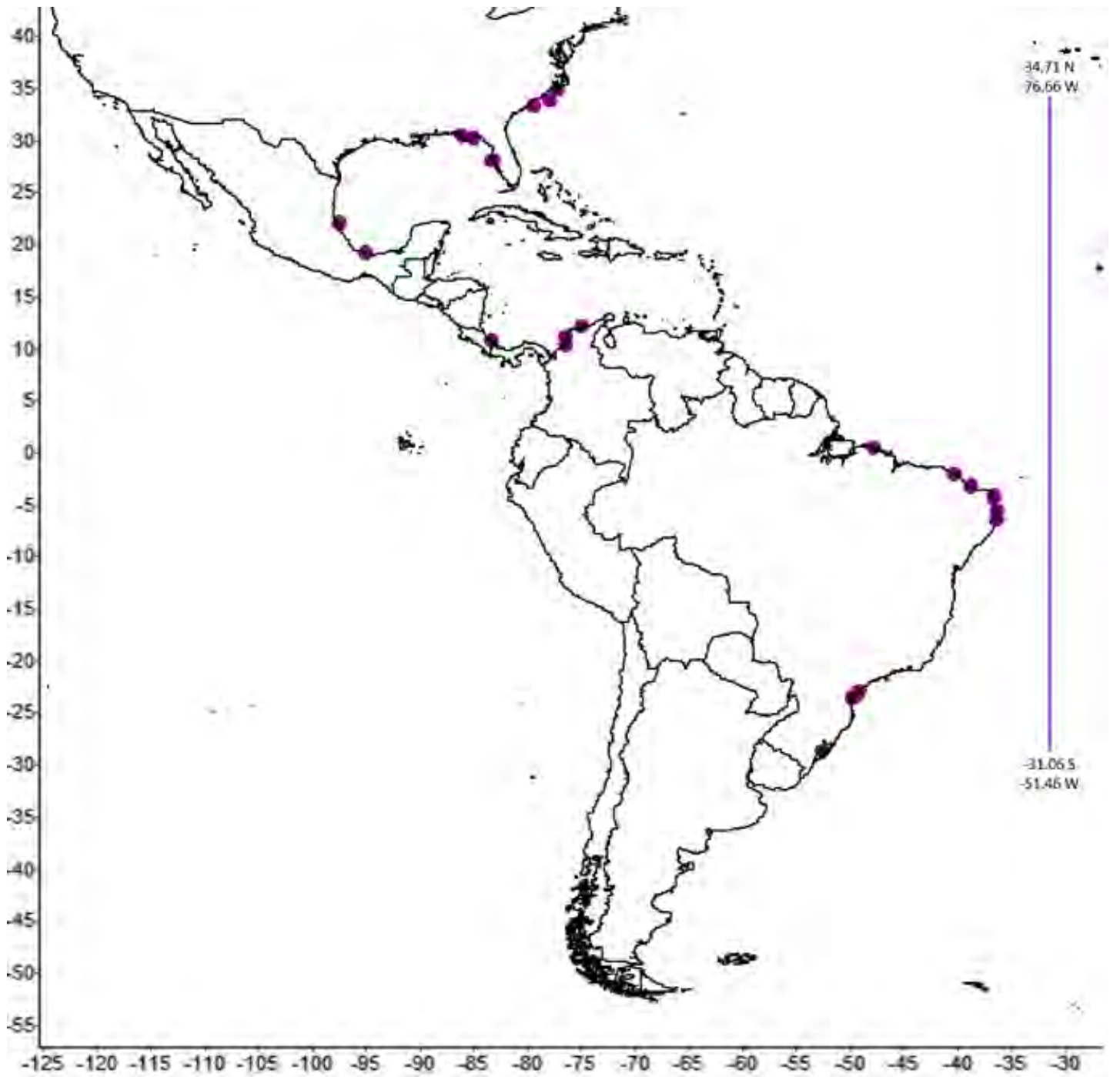


Figura 23. Mapa de distribución de los datos obtenidos de la revisión bibliográfica de la especie *M. quinquiesperforata*.



En la categoría de 4.1 a 6.6 cm de ancho se obtuvieron 15 registros (Tampico, Tamaulipas; Puerto Ceiba, Tabasco; Barra Sur Tuxpan, Veracruz; San Juan de Ulúa, Veracruz; Barra de Sontecomapan, Veracruz; Escollera este, Tabasco; Playa de Tuxpan, Veracruz; Morro de la Mancha, Veracruz; Escolleras, Tamaulipas; Frente a Rancho Paredes, Veracruz; Playa Sol, Veracruz; Boca de caballos, Tamaulipas; Playa El Jicacal, Veracruz; Playa Costa Verde, Veracruz; Playa Lauro Villar, Tamaulipas) y en la categoría de 6.7 a 9 cm de ancho se obtuvieron un total de seis registros (Playa Norte, Veracruz; Punta Mocambo, Veracruz; Boca del Río, Veracruz; Nautla, Veracruz; Barra Norte Tuxpan, Veracruz y Frente Barra Corazones, Veracruz) siendo en Nautla, Veracruz donde se registró el tamaño máximo de 9 cm en 1944 y en Boca del Río, Veracruz un tamaño menor de 7.4 cm en 1962.

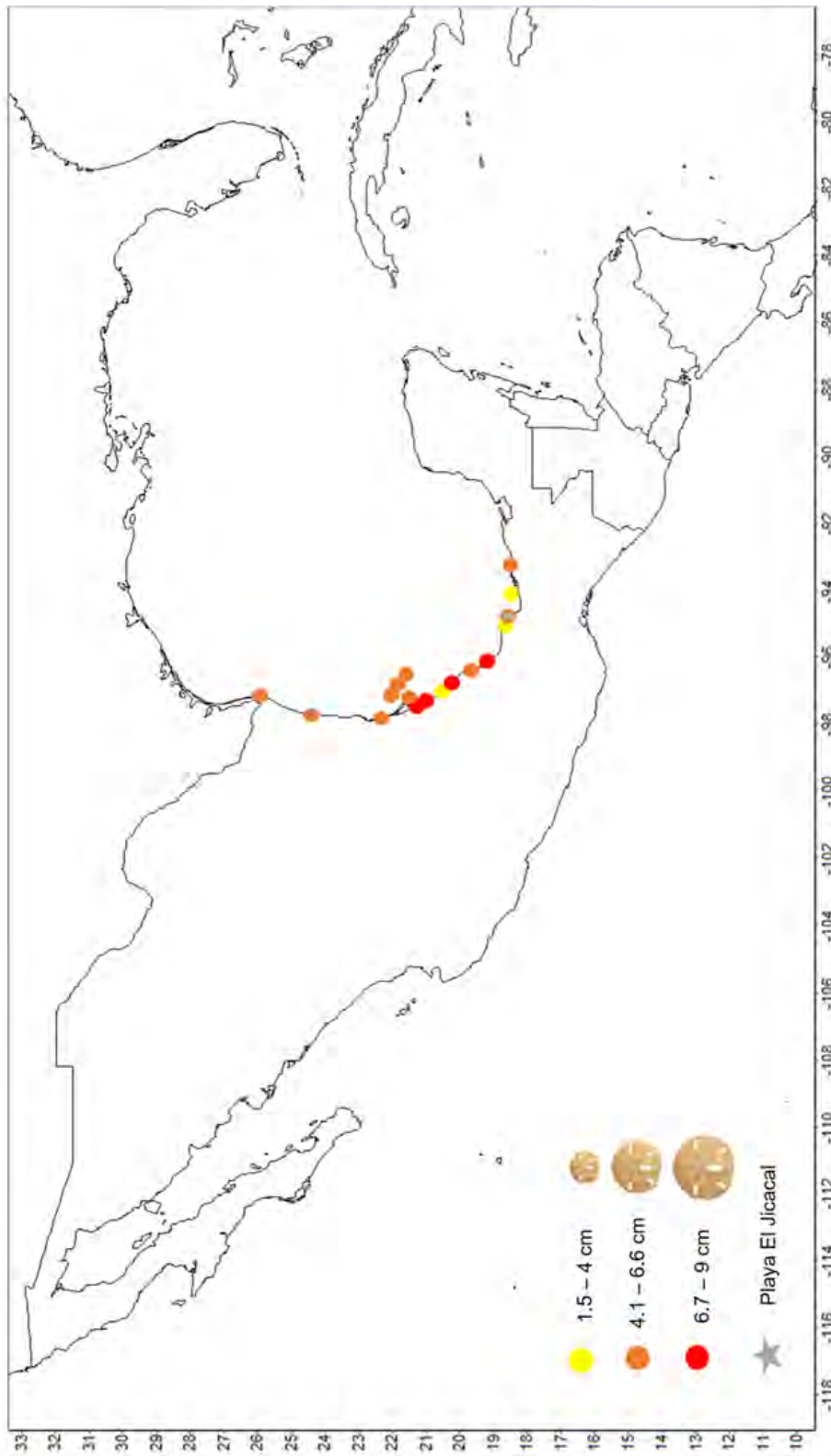


Figura 24. Mapa de distribución de la especie *M. quinquiesperforata* en el Golfo de México.



Discusión

En este trabajo se reporta una abundancia total de 2,415 organismos de la especie *M. quinquiesperforata* en los cuatro meses de muestreo en aguas intermareales cercanas a la playa. Estos organismos evitan fondos silíceos, bancos de ostras o sustratos con raíces de plantas, donde la excavación puede no ser favorable. Ocupan exclusivamente sedimentos arenosos donde viven parcialmente enterrados en camas superficiales de arena, preferencialmente en depresiones, barras donde hay acción moderada de las olas, dejando la región posterior con la lúnula anal visible (Weihe y Gray, 1968; Bell y Frey, 1969; Merrill y Hobson, 1970). Es por esta razón que la playa el Jicacal al ser mayoritariamente playa arenosa, ofrece a las poblaciones de *M. quinquiesperforata* un hábitat idóneo para su permanencia en altas abundancias.

El sustrato arenoso es característico para estos organismos, el cual les permite realizar su capacidad de locomoción como progresión y rotación debido a su adaptación morfológica aplanada que les permite enterrarse en el sedimento en poco tiempo y a una capacidad de migración de hasta 40 m por semana (Kenk, 1944). Además de la presencia de lúnulas ambulacrales y una lúnula anal con la función de disminuir la fuerza de presión generada por la corriente de agua a la superficie del cuerpo y mantenerse en la superficie del sustrato o enterrados (Telford, 1981). La presencia de cinco lúnulas en *M. quinquiesperforata* aumenta la velocidad a la cual el organismo es desprendido del sustrato, lo que le confiere una mayor estabilidad (Telford, 1983). Además de que la ocurrencia de los erizos irregulares en zonas arenosas está asociado a los hábitos alimenticios, dado que necesitan filtrar o hurgar entre la arena para obtener su alimento (González-Gándara *et al.*, 2015).



Los meses de agosto 2015 y 2016 presentaron una mayor abundancia con un total de 2,020 organismos, representando un 83% del total de organismos colectados y un 17% en los meses de abril 2015 y 2016, siendo los meses menos abundantes dentro de todo el muestreo. Esto podría deberse a su biología reproductiva, ya que estos organismos se reproducen principalmente en los meses de verano (agosto). De acuerdo a la biología reproductiva de esta especie, se ha descrito que el periodo reproductivo es en las temporadas de primavera (hembras maduras liberan ovocitos de mayor tamaño) y verano, así como con un ciclo gonadal en donde las células de las gónadas se multiplican y reservan nutrientes del final del verano hasta el otoño, y ya que estas células sean viables, hay dos tipos de liberación de gametos, la primera en donde son viables pero de tamaño pequeño ocurre en otoño y la de ovocitos de mayor tamaño de hembras maduras, ocurre en primavera (Tavares y Borzone, 2006).

Las poblaciones de erizos irregulares tienden a dispersarse de forma agregada en forma de pista paralela a la costa, los individuos se sobreponen muchas veces unos sobre otros, este modo peculiar de distribución espacial es conocido como mancha o banco. Para Weihe y Gray (1968) y Freire *et al.* (1992), éste tipo de distribución, donde las galletas están situadas mayormente en la zona superficial del sedimento, es ventajoso para estos organismos, ya que facilita la fecundación externa, permitiendo el estímulo de otros individuos. Al posicionarse en zonas más desenterradas les permite un óptimo entrecruzamiento de gametos entre las hembras y los machos, de este modo garantizan la fecundación.

Por otra parte, respecto a los organismos más pequeños agrupados en las tallas de 0.9 a 2.2 cm, en términos generales fueron poco abundantes durante todo el estudio. Esto puede deberse a que los organismos de tallas pequeñas están distribuidos a mayor profundidad ya que la presencia de metales pesados,



principalmente magnetita, contribuyen al aumento de la densidad corporal de los individuos menores, ayudándolos a su permanencia junto al fondo (zonas más seguras, refugios temporales) hasta la formación completa de las lúnulas y el engrosamiento de la testa (Borzzone *et al.*, 1997).

El total de organismos medidos (200 individuos) se categorizaron en cuatro intervalos de tallas, siendo las tallas intermedias (2.3 – 3.6 cm y 3.7 – 5 cm) el 72% de los organismos. Por otro lado, las tallas de los extremos, es decir, las tallas más pequeñas (0.9 – 2.2 cm) y las tallas más grandes (5.1 – 6.4 cm) se mostraron en menor proporción, esto puede ser debido a que las tallas más pequeñas están relacionadas con metales pesados, por lo que las galletas más pequeñas se encuentran enterradas a mayor profundidad hasta la formación completa de las lúnulas, razón por la cual es posible no las hayamos encontrado en los muestreos. Y respecto a las tallas más grandes, para esta playa no se encontraron las tallas máximas reportadas para la especie, según Harold y Telford (1990), quienes revisaron material de Cumaña, Venezuela con una talla máxima de 9.7 cm, por lo que consideramos que en la localidad de estudio, la especie no alcanza su talla máxima. Por otro lado, es posible que de haber individuos superiores a 6.4 cm de largo de la testa, se estén distribuyendo en zonas más alejadas de la playa (áreas más alejadas de donde se llevó a cabo el muestreo). Razón por la cual sería importante llevar a cabo más muestreos en áreas alejadas de la playa. Sin embargo, esa actividad deberá tener ajustado su propio método de colecta.

De acuerdo a la descripción taxonómica de Solís-Marín (1998), la testa rectangular de *M. quinquesperforata* es mucho más ancha que larga (9-29%) y el largo máximo de la testa está por arriba de los 100 mm. En otro trabajo, Tavares (1996), clasificó a esta especie dependiendo del tamaño del largo de la testa y a la



maduración de los gametos, refiriéndose a un individuo juvenil con un máximo de 40 mm de largo y un individuo adulto con un tamaño mayor a los 40 mm.

En relación a las correlaciones lineales, la población de *M. quinquiesperforata*, indica que tiene una correlación positiva, lo que nos dice que si el ancho aumenta, el largo también aumenta a una misma proporción. Sin embargo, al categorizar a la población en juveniles (< 40 mm) y adultos (>40 mm) se observó que los juveniles tienen una correlación positiva debido a que tienden a tener una forma redonda o casi redonda con un mismo crecimiento entre largo y ancho, lo que indica que el tipo de crecimiento es isométrico. Por otro lado, en la categoría de los adultos, la correlación fue negativa, indicando que el tipo de crecimiento en las galletas podría cambiar en estado adulto a uno de tipo alométrico, es decir, ancho y largo crecen de manera desproporcional entre sí. Esto se puede determinar con estudios posteriores en donde se tomen en cuenta las medidas de tallas (largo y ancho) en contraste con las medidas de peso de cada organismo para así definir su tipo de crecimiento en cada etapa de desarrollo.

Según Solís-Marín (1998), quien reporta siete especies del género *Mellita* en las costas del Atlántico y costas del Pacífico, en donde la distribución de *M. quinquiesperforata* abarca desde el delta del río Mississippi, a todo lo largo de la costa de Centro y Sudamérica, hasta el sur de Brasil, siendo un taxón americano que sólo se distribuye en las costas del Atlántico. En el mismo trabajo se hace referencia a la distribución de las otras seis especies del género, en donde cuatro especies (*M. notabilis*, *M. kanakoffi*, *M. longifisa* y *M. grantii*) son exclusivas de la costa del Pacífico y tres especies (*M. isometra*, *M. tenuis* y *M. quinquiesperforata*) son exclusivas de la costa del Atlántico. Respecto a la distribución de estas tres especies, sólo *M. tenuis* y *M. quinquiesperforata* comparten áreas de distribución al norte del Golfo de México. Sin embargo, *M. quinquiesperforata* a diferencia de las demás especies del género



Mellita, presenta un intervalo de distribución mayor, lo que nos indica su alto rango de tolerancia a factores ambientales y a distintas zonas cambiantes.

En cuanto a la distribución geográfica de *M. quinquiesperforata* de acuerdo a los datos obtenidos de las colecciones, encontramos que la especie presenta un gran intervalo de distribución que va desde el punto más norteño en Bird Shoal, Carolina del Norte, Estados Unidos hasta su localidad más sureña en Río Grande del Sur, Brasil. Cabe señalar que dentro del género es la especie que presenta tal intervalo de distribución, mientras que las otras especies poseen intervalos más reducidos (Solís-Marín, 1998).

La base de datos obtenida del Museo Nacional Smithsonian, alberga 30 registros de la especie, reflejando sitios de muestreo principalmente para la costa este de la Península de Florida, la costa de Texas, parte la costa del Golfo de México, Panamá, Puerto Rico, Colombia, Venezuela y Brasil. En comparación con la base de datos de la colección de la Academia de Ciencia en California, encontramos aquí los puntos más norteños Playa Jamaica, Galveston, Texas, Estados Unidos y más sureños la costa de Santos, São Paulo, Brasil. En donde tiene un menor número de registros, 15 en total, pero complementa la información de la colección anterior al presentar la distribución de la especie en los puntos de Jamaica, Costa Rica y al norte de Brasil.

Por su parte, la distribución geográfica de los ejemplares de *M. quinquiesperforata* presentes en la Colección Nacional de Equinodermos del ICML, abarca mayormente sitios dentro del Golfo de México, exceptuando dos puntos en



Texas, Estados Unidos y Playa Punta del Sur, Brasil. Representando un intervalo de distribución desde el punto más norteño y más sureño respectivamente para la especie. Tiene 27 números de registros y el estado con más registros es Veracruz, en menor proporción el estado de Tamaulipas y sólo un registro en Tabasco.

En cuanto a la base de datos de la revisión bibliográfica, ésta amplió el intervalo de distribución de la especie respecto al punto más sureño con Río Grande, Brasil. Además se aumentaron puntos de registro en comparación con las consultadas en la colecciones, principalmente en la costa de la península de Florida, Colombia y en varios puntos del norte y este de Brasil, además del punto más sureño que está muy próximo con Uruguay.

Respecto a las relaciones entre los puntos de registro con la medida y el año de colecta de los organismos en la distribución del Golfo de México, se debe mencionar que en la localidad de Nautla, Veracruz se encontró un organismo con 9 cm de ancho total colectado en 1944 y en la localidad de Boca del Río, Veracruz con 7.4 cm de ancho total en 1962. Debido a que en la actualidad se encuentran organismos de tallas más pequeñas, como en este estudio con una medida de ancho total máxima de 6.7 cm, lo que podría sugerir que los organismos han reducido su tamaño con el paso del tiempo como una posible consecuencia de cambios ambientales que han ocurrido en los últimos 50 años.



Conclusiones

- Se obtuvo un total de 2,415 organismos de la especie *Mellita quinquiesperforata* de la playa arenosa el Jicacal, Veracruz, en cuatro meses durante los años 2015 y 2016.
- Agosto de 2016 fue el mes más abundante con el 54% del total de la colecta.
- En el 2016, se obtuvieron las tallas de largo total más pequeñas de todo el muestreo, 0.9 cm en abril y 1.3 en agosto. Para agosto de 2015 fue la talla superior de todo el muestreo 6.4 cm.
- La mayor abundancia de individuos se obtuvo en las tallas intermedias de 3.7 a 5 cm de largo total.
- Se presentó correlación positiva con una $R^2=0.91$ entre el largo total y ancho total de los organismos, en la población en general.
- La correlación de ancho total y largo total por muestreos independientes fue positiva, exceptuando al mes de abril de 2015.
- Se encontró una proporción muy similar entre juveniles (47%) y adultos (53%) dentro de la población de la especie.
- Se encontró una relación inversamente proporcional entre juveniles y adultos a lo largo de dos años de muestreo. Mientras aumentan los juveniles, van disminuyendo los adultos y viceversa.
- La correlación entre largo y ancho en juveniles y adultos fue distinta, sugiriendo tipos de crecimiento distintos.
- Los mapas de distribución muestran que *M. quinquiesperforata* se distribuye en el continente Americano en la zona del Golfo de México y el Atlántico con un amplio intervalo de distribución que va desde Carolina del Norte, Estados Unidos hasta Río Grande del Sul, Brasil.



Literatura Citada

- Agassiz, L. E. 1841. Des Scutelles. Monographies d'Echinodermes vivants et fossiles (Seconde Monogr. Scute). II. Echinites. Famillie de Clypéasteroides. Des Scutelles. Neuchatel, 151 pp.
- Alvarez-Rojas, J. I. 2013. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) de la franja litoral del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Autónoma de México. 149 pp.
- Bell, B. M. y R. W. Frey. 1969. Observation on ecology and the feeding and burrowing mechanisms on *Mellita quinquesperforata*. *Journal of Paleontology*, 43: 553-560.
- Borzzone, C A., Y. A. G. Tavares y C. R. Soares. 1997. Adaptação morfológica de *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) para explorar ambientes com alto hidrodinamismo. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 82: 33-42.
- Brusca, R. C., W. Moore y S. M. Shuster. 2016. Invertebrates. Phylum Echinodermata. 967-1005p. Sinauer Associates, Inc. USA.
- Buitrón-Sánchez, B. E. y Solís-Marín, F. A. 1993. L biodiversidad en los equinodermos fósiles y recientes de México. Volumen Especial (XLIV) *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 209-231 pp.
- Coppard, S. E. 2016. A new genus of mellitid sand dollar (Echinoidea: Mellitidae) from the Eastern Pacific coast of the Americas. *Zootaxa*, 4111 (2): 158-166.
- Curtis, H. y A. Schnek. 2007. Biología. Editorial Médica Panamericana.



Dias, I. C. C. M. 2008. Biología populacional de *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) (Echinodermata: Clypeasteroidea: Mellitidae) na Praia da Taíba, Ceará, Brasil Tesis de Maestría. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza. 146 pp.

Findlay, R. H. y D. C. White. 1983. The effects of feeding by the sand dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske) on the benthic microbial community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 72 (1): 25-41.

Freire, C. A., P. J. P. Santos y N. Fontoura. 1992. Growth and spatial distribution of *Cassidulus mitis* (Echinodermata, Echinoidea) on a Sandy beach in Southeastern Brazil. *Marine Biology*, 112: 625-630.

García, E. 1970. Los climas del estado de Veracruz. Anales Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, *Serie Botánica* 41: 3-42.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F.

González-Gándara, C., F. A. Solís-Marín, V. de la Cruz-Francisco, A. Granados-Barba, J. J. Salas-Pérez, J. Argüelles-Jiménez y P. A. Escárcega-Quiroga. 2015. Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del norte y sur de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 63(2): 183-193.

Harold S. A. y M. Telford. 1990. Systematics, phylogeny and biogeography of the genus *Mellita* (Echinoidea: Clypeasteroidea). *Journal of Natural History*, 24: 987-1026.

Hyman, L. H. 1955. The invertebrates: Echinodermata. The coelomate bilateria. IV. McGraw Hill, 763 pp.

Hyman, L. H. 1958. Notes on the biology of the five-lunuled sand dollar. *Biological Bulletin* 114: 54-56.

<http://echinoderms.lifedesks.org/taxonomy/term/23609/media?type=All&page=1>

(Consultado 15 julio 2016)



http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Veracruz/Manglares_y_Humedales_de_la_Laguna_de_Sontecomapan/Manglares%20y%20Humedales%20de%20la%20Laguna%20de%20Sontecomapan.pdf (consultado 3 abril 2016)

Kenk, R. 1944. Ecological observation on two Puerto Rican echinoderms *Mellita lata* and *Astropecten marginatus*. *Biological Bullentin of the Marine Biological Laboratory, Woods Hole*, 87: 177-187.

Klein, T. 1734. Naturalis disposition Echinodermatum. Gedani: T. J. Schreiber, 30-31 pp.

Kroh, A. 2013. *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778). In: Kroh, A. & Mooi, R. (2017). World Echinoidea Database. Accessed through: World Register of Marine Species (WoRMS) at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=158065> on 2017-08-28

Krohne, David T. 2016. Populationa. 157-220p. Ecology: Evolution, application, integration. Oxford University Press. New York, EUA.

Lane, J. E. M. y J. M. Lawrence. 1979. Gonadal growth and gametogenesis in the sand dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778). *Marine Biology*. 38: 271-285.

Lawrence, J. 1987. A Funcional Biology of Echinoderms. Baltimore: The John Hopkins University Press. 340 pp.

Leske, N. G. 1778. Additamenta ad Jacob Theodory Klein Naturalem Dispositionem Echinodermatum et Lucubrationum de Aculeis Echinorum Marinorum. Upsala, 216 pp.

Lima, S. F. B., V. Queiroz, I. H. Bravo de Laguna y R. Mioso. 2014. New host for *Dissodactylus crinitichelis* (Decapoda, Pinnotheridae): First record of occurrence on *Mellita quinquesperforata* (Echinodermata, Echinoidea). *Spixiana*, 37: 61-68.



- Martínez-Melo, A., F. A. Solís-Marín, B. E. Buitrón-Sánchez y A. Laguarda-Figueras. 2014. Taxonomía y biogeografía ecológica de los equinoideos irregulares (Echinoidea: Irregularia) de México. *Revista de Biología Tropical*, 63: 59-75.
- Martínez-Melo, A., F. A. Solís-Marín, B. E. Buitrón-Sánchez y A. Laguarda-Figueras. 2015. Taxonomía y biogeografía ecológica de los equinoideos irregulares (Echinoidea: Irregularia) de México. *Revista de Biología Tropical*, 63: 59-75.
- Merril, R. J. y E. Hobson. 1970. Field observations of *Dendraster excentricus*, a sand dollar of western North America. *The American Naturalist*, 83: 595-624.
- Mosiño, A.P. y E. García. 1973. The climate of Mexico. En: R. A. Bryson y F. K. Hare (Edrs.) World survey of climatology II. *Climate of North America*. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.
- Moss, J. W. y J. M. Lawrence. 1972. Changes in carbohydrate, lipid and protein levels with age and season in the sand dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske 1778). *Marine Ecology Progress Series*, 8: 225-239.
- Solís-Marín, F. A. 1998. Sistemática, distribución y morfología del género *Mellita* L. Agassiz, 1841 (Echinodermata, Echinoidea, Clypeasteroidea) Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, México, D.F. 88 pp.
- Solís-Marín, F. A. y Laguarda-Figueras A. 1997. Historia de la sistemática de los equinodermos: de Ostrakoderma a Echinodermata. *Revista Quetzal*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, 7: 13-15.
- Solís-Marín F. A. y A. Laguarda-Figueras. 2014. Phylum Echinodermata 307-322p. En: Fernández-Álamos M. A. y G. Rivas (Editores) Niveles de organización en animales. Prensas de Ciencias. UNAM.



- Solís-Marín, F. A., A. Laguarda-Figueras, A. Durám-González y B. E. Buitrón-Sánchez. 2003. El género *Mellita* (Echinodermata: Echinoidea, Clypeasteroidea) de las costas de México. *Avicennia*, 16: 55-70.
- Soto M. y L. Gama. 1997. Climas. 7-18p. *En*: González Soriano E., R. Dirzo y R. C. Vogt (Edrs.). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, Instituto de Ecología, UNAM. 1a Ed, 647p.
- Sousa, S. M. 1968. Ecología de las leguminosas de los Tuxtlas, Veracruz. *Anales Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 39: 121-161.
- Strathmann, M. F. 1987. *Reproduction and development of Marine Invertebrates of the Northern Pacific Coast*. 2^o a ed. Seattle: University of Washington Press. 670 p.
- Tavares, Y. A. G. 1996. Ecología poblacional de *Mellita quinquesperforata* Leske, 1778 (Echinodermata: Echinoidea: Clypeasteroidea) en diferentes praias do litoral do Paraná, Brasil Tesis de Maestría. Ciencias Biológicas de la Universidad Federal de Panamá, Brasil. 84 pp.
- Tavares, Y. A. G. y C. A. Borzone. 2006. Reproductive cycle of *Mellita quinquesperforata* (Leske) (Echinodermata, Echinoidea) in two contrasting beach environments. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(2): 573- 580.
- Telford, M. 1981. A hydrodynamic interpretation of sand dollar morphology. *Bulletin of Marine Science*, 31: 605-622.
- Telford, M. 1983. An experimental analysis of lunule function in the sand dollar *Mellita quinquesperforata*. *Marine Biology*, 76: 125-134.
- Telford, M., Mooi R. y Ellers, O. 1985. A new model of podial deposit feeding in the sand dollar, *Mellita quinquesperforata*, the sieve hypothesis challenged. *The Biological Bulletin*, 169: 431-448.



- Villalpando, O. K. 1972. Consideraciones sobre el clima y el tiempo meteorológico en la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz. *En: Problemas biológicos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz*. Facultad de Ciencias, Depto. De Biología, UNAM, México., D.F.
- Weihe, S. C. y I. E. Gray. 1968. Observations on the biology of the sand dollar *Mellita quinquiesperforata*. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 84: 315-327.
- Zenkevitch, L. 1963. *Biology of the seas of the U.S.S.R.*, Allen and Unwin Editors, London, 955 pp.



Apéndice I

I. Base de datos de *M. quinquiesperforata* consultada del Smithsonian, National Museum of Natural History (consultado: febrero, 2017).

	No. Catálogo	Océano	País	Provincia/Estado	Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
1	E 27299	Atlántico Norte	México	Veracruz	Sur del Río de Tecolutla	20° 23' 17''N	97° 01' 31'' W	—
2	E 28248	Atlántico Norte	México	Veracruz	Isla de Sacrificios	19°10' 29'' N	96° 05' 32'' W	—
3	21264	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Galveston	29° 16' 52''N	94° 49'33'' W	—
4	E 1001	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Matagorda	28°41'27'' N	95°58'03''W	—
5	E 28062	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Playa Jamaica	29°11'31''N	94°58'50''W	0.9
6	E 36782	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Banco de Stetson	27°55 N	93°43W	14.6
7	E 5350	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Puerto Aransas	27°48'39''N	97°04'20''W	—
8	E 6581	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Puerto Aransas	27°48'39''N	97°04'20''W	—
9	E6582	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Puerto Aransas	27°48'39''N	97°04'20''W	—
10	E 8086	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Isla Padre	26°06'43''N	97°10'11''W	—
11	29606	Atlántico Norte	Estados Unidos	Texas	Tarpon	28°8'46.03''N	82°45'24.37''W	—
12	E 17195	Atlántico Sur	Brasil	Sao Paulo	Playa Caraguatutuba	23°37'12''S	45°24'46''W	—
13	E 4691	Atlántico Sur	Brasil	Sao Paulo	Santos	23°56'13''S	46°19'30''W	—
14	4482	Atlántico Norte	Estados Unidos	Florida	Cayos de Florida	24°40'01''N	81°32'39''W	—
15	E 14584	Atlántico Norte	Panamá	Canal Zone	Fuerte de Jefferson	9°07'03.61''N	79°43'12.60''W	—
16	5389	Atlántico Sur	Brasil	Bahia	Itaparica	12°53'16''S	38°40'44''W	—
17	19658	Atlántico Norte	Puerto Rico	Bandera	Arroyo	17° 57' 57''N	66°03'41''W	—
18	19659	Atlántico Norte	Puerto Rico	Ponce	Playa de Ponce	17°58'56''N	66°37'20''W	—
19	19660	Atlántico Norte	Puerto Rico	Cádiz	Puerto Real	18°06'28''N	65°27'57''W	—



20	21250	Atlántico Norte	Puerto Rico	San Juan	Puerto de San Juan	18°27'44''N	66°06'43''W	7 a 14
21	29627	Atlántico Norte	Puerto Rico	Mayagüez	Mayagüez	18°12'04''N	67°08'23''W	—
22	3509	Atlántico Norte	Venezuela	Sucre	Cumaná	10°27'00''N	64°10'00''W	—
23	E 14062	Atlántico Norte	Trinidad y Tobago	Trinidad	Puerto de España	10°40'00''N	61°31'00''W	—
24	E 32469	Atlántico Norte	Venezuela	Sucre	Isla Margarita	11°01'04''N	63°55'20''W	—
25	E 34293	Atlántico Norte	Honduras	Trujillo	La Ceiba	9°28'08''N	71°03'58''W	—
26	E 36467	Atlántico Norte	Venezuela	Sucre	Isla Margarita	11°01'04''N	63°55'20''W	—
27	E 6608	Atlántico Norte	Puerto Rico	Aguadilla	Aguadilla	18°25'48''N	67°09'16''W	—
28	E 6609	Atlántico Norte	Puerto Rico	Bandera	Luquillo	18°22'21''N	65°43'00''W	—
29	E 6610	Atlántico Norte	Puerto Rico	Bandera	Humacao	18°08'59''N	65°49'39''W	—
30	E 8091	Atlántico Norte	Colombia	Bolivar	Cartagena	10°25'25''N	75°31'31''W	—
31	E 8092	Atlántico Norte	Colombia	Bolivar	Cartagena	10°25'25''N	75°31'31''W	—
32	33240	Atlántico Norte	Estados Unidos	Florida	Puerto Charlotte	26°57'50''N	82°03'44''W	—
33	E 3287	Atlántico Norte	Estados Unidos	Florida	Fuentes de Tarpon	28°09'N	82°45'W	—
34	E 5656	Atlántico Norte	Estados Unidos	Florida	Isla Sanibel	26°26'23''N	82°04'50''W	1



II. Base de datos de California Academy of Sciences (Consultado: febrero, 2017)

	No. Catálogo	Océano	País	Provincia/Estado	Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
1	86794	Atlántico Norte	Venezuela	Nueva Esparta	Boca del Pozo	11°00'00.0''N	64°23'00.0''W	0.9-1.5
2	87787	Atlántico Norte	México	Veracruz	Isla de Lobos	21°28'13.8648''N	97°13'31.8360''W	—
4	87791	Costa Pacífico	Colombia		Boca del Río Iscuande	02°34'N	78°10'W	—
5	87797	Atlántico Norte	México	Tamaulipas	Tampico	22°15'19''N	97°52'07''W	—
6	94534	Atlántico Sur	Brasil	Fortaleza	Playa Esplanada	3°46'53''S	38° 35'20''W	—
7	104187	Atlántico Norte	Costa Rica	Limón	Playa Tortugüero	10°25'24''N	83°29'48''W	—
8	108251	Atlántico Sur	Brasil	Bahía de Paranagua	Localidad 2	25°31'15''S	48°30'34''W	—
9	108254	Atlántico Sur	Brasil		Playa del cabello	25°48.38' S	48° 31.44' W	4 – 5
10	111143	Atlántico Norte	Estados Unidos	Carolina del Norte	Morehead	34°43'40''N	76°44'48''W	—
11	111206	Atlántico Norte	Estados Unidos	Carolina del sur	Isla Pawleys	33°25'33''N	79°07'30''W	—
12	111222	Atlántico Norte	Jamaica	Manchester	Charca de cocodrilo	17°52'16''N	077°34'06''W	—
13	111225	Atlántico Norte	Jamaica	Clarendon	Playa Farquharson	18.0256901°N	77.850945°W	—
14	112768	Atlántico Sur	Brasil	Sao Paulo	Playa Iperoig	23° 30' 48'' S	45° 6' 30''W	1.5
15	116103	Atlántico Sur	Brasil	Sao Paulo	Playa Maranduva	23°26'22''S	45°4'12''W	5
16	150361	Atlántico Norte	Colombia	Bolivar	Bahía de Cartagena	10°21'54''N	75°31'48''W	—



III. Base de datos de Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. (consultado: marzo, 2017)

	No. Catálogo	Año	País	Provincia/ Estado	Localidad	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Tallas ancho	
									Máx. (cm)	Mín. (cm)
1	87.4	1941	México	Tamaulipas	Tampico	21°57'N	-97°7'W	—	6	
2	87.32	1994		Michoacán	Los Morros	18°05'23''N	-102°48'49''W	—	5.6	
3	2.87.2	1957	México	Veracruz	Playa Norte	19°12'N	-96°7'W	—	6.8	5
4	2.87.7	1962	México	Veracruz	Punta Mocambo	19°08.06'N	-96°06.083'W	—	7	2.1
5	2.87.1	1948	México	Veracruz	Boca del Río	19°5'N	-96°50'W	—	6.5	4.1
6	2.87.6	1962	México	Veracruz	Boca del Río	19°5'N	-96°50'W	—	7.4	5.6
7	87.2	1957	México	Veracruz	Playa Norte	19°12'N	-96°7'W	—	6.9	
8	4.87.37	2010	México	Tabasco	Playa Brujas	18°26' 35.03''N	-93°13'5.84''W	0	5.3	2.3
9	11433	2015	Estados Unidos	Texas	Playa Bob Hall Pier	27°37'N	-97°11'W	—	4.4	3.4
10	4.87.28	1995	México	Tamaulipas		23°10'58.17''N	-97°45'55.41''W	—	6.8	
11	2.87.20	1992	México	Veracruz	Barra Sur, Tuxpan	21°45'N	-96°47'W	—	5.3	
12	2.87.26	1984	México	Veracruz	Punta Mocambo	19°08.06'N	-96°06.083'W	—	6.1	
13	2.87.11	1948	México	Veracruz	San Juan de Ulúa	19°12'N	-96°7'W	—	5.6	3.9
14	2.87.0	1949	México	Veracruz	Barra de Sontecomapan	18°36'N	-95°00'W	—	6.5	2.6
15	2.87.3	1944	México	Veracruz	Nautla	20°12'24''N	-96°46'23''W	—	9	
16	2.87.9	1944	México	Veracruz	Nautla	20°12'24''N	-96°46'23''W	—	4.4	2
17	87.21	1983	México	Veracruz	Crucero PROG MEXICO Estación 17	18°26'9''N	-94°06'8''W	—	3.8	
18	2.87.5	1947	México	Veracruz	Nautla	20°12'24''N	-96°46'23''W	—	5.9	2.9
19	2.87.8	1960	México	Veracruz	Playa Norte	19°12'N	-96°7'W	—	7.1	5.3
20	2.87.1	1948	México	Veracruz	Boca del Río	19°08'24''N	-96°06'56''W	—	6.4	5.5
21	87.18	1994	México	Veracruz	Barra Norte, Tuxpan	20°97.0278'N	-97°31.1111'W	—	6.8	2.3
22	2.87.10	1994	México	Veracruz	Mocambo	19°08.06'N	-96°06.083'W	—	6.4	
23	4.8.35	2008	México	Tabasco	Escollera Este	17°59'N	-93°30'W	—	6	



24	2.87.2	1957	México	Veracruz	Playa Norte	19°12'N	-96°7'W	—	7	4.1
25	2.87.23	1959	México		Mocambo	19°08.06'N	-96°06.083'W	—	5.7	
26	2.87.2	1957	México	Veracruz	Playa Norte	19°12'N	-96°7'W	—	6.3	2
27	2.87.12	1964	México	Veracruz	Tecolutla	20°23'17''N	-97°01'31''W	—	4.8	2
28	4.87.34	1994	Brasil		Playa de Pontal do Sul	29°10'S	-49°21'W	—	5.9	5.1
29	4.87.17	1992	México	Veracruz	Playa de Tuxpan	21°30'N	-96°30'W	—	6.1	
30	2.87.15		México	Veracruz	Tuxpan	21°30'N	-96°30'W	—	6.8	
31	87.24	1992	México	Veracruz	Playa Escondida	19°10'N	-96°10'W	—	5.8	1.5
32	87.25	1985	México	Veracruz	Barra Sur, Tuxpan	21°45'N	-96°47'W	—		
33	2.87.19	1994	México	Veracruz	Morro de la Mancha	19°36'N	-96°22'40''W	—	4.7	4
34	87.27	1993	México	Veracruz	Barra Norte, Tuxpan	20° 97.0278'N	-97°31.1111'W	—	6.8	
35	87.16	1996	México	Veracruz	Playa Tuxpan	21°30'N	-96°30'W	—	6.7	
36	4.87.22	1969	México	Tamaulipas	Las Escolleras	22°15'55.67''N	-97°46'57.63''W	—	4.7	
37	4.87.40	2012	México	Veracruz	Rancho Paredes	21°14.444'N	-97°25.079'W	6	6.1	
38	4.87.35	2004	México	Veracruz	Playa Sol, Boca del Río	19°06'29.3''N	-96°06'01.8''W	1.4	6.5	
39	4.87.33	1996	México	Tamaulipas	Boca de Caballos	24°17'00''N	-97°42'48''W	—	6	
40	11100	2009	México	Veracruz	Playa Jicacal, Los Tuxtles	18°35'15''N	-95°03'06''W	1	5.9	
41	4.87.41	2011	México	Veracruz	Frente a Barra Corazones, Tamiahua	21° 16.199'N	-97°25.019' W	1	6.9	5
42	4.87.39	2011	México	Veracruz	Rancho Paredes, Tamiahua	21° 14.939'N	-97°24.925'W	6	6.9	3
43	4.87.38	2011	México	Veracruz	Frente a Barra Corazones, Tamiahua	21°16.036'N	-97°24.538' W	12-14	7	5.3
44	87.30	1985	México	Tamaulipas	Playa Lauro Villar, Matamoros	25°49'13.7''N	-97°9'1.13''W	—	4.9	3.9
45	87.31	1940	México	Veracruz	Tuxpan	21°30'N	-96°30'W	—	5.5	4.6
46	4.87.13	1957	México	Veracruz	Playa Norte	19°12'N	-96°7'W	—	6.7	5.6
47	4.87.14	1937	México	Veracruz	Playa de Costa Verde	19°10'N	-96°07'W	—	6.3	3.9



IV. Base de datos de Revisión bibliográfica. (consultado: mayo, 2017)

	Autor	Año	Localidad/País	Coordenadas
1	Bell y Stancyk	1983	Carolina del Sur, E. U. A.	33°20'N 79°19'W
2	Bookhout y Greenburg	1940	Beaufort, Carolina del Norte, E.U.A.	34°43'N 76°39'W
3	Borzone	1992	Río Grande del Sur, Brasil	-31°04'18''S 51°28'35''W
4	Borzone, Tavares y Barros Jr.	1998	Costa de Paraná, Brasil <ul style="list-style-type: none"> • Ponta do Bicho • Fortaleza • Praia Grande 	<ul style="list-style-type: none"> • 25°29'54''S 48°19'2.9''W • 25°31'23''S 48°18'33''W • 25° 33'4''S 48°17'48''W
5	Borzone, Tavares y Soares	1997	Playa del litoral de Paraná, Brasil	-25°48'22''S 48°31'28''W
6	Cerame y Gray	1964	Carolina del Norte, E. U. A.	34°43'N 76°39'W
7	Creed y Coull	1984	Carolina del Sur, E.U.A.	33°20.05'N 79°10.08'W
8	Ellington Y Lawrence	1974	Tampa Bay, Florida, E.U.A.	27°38'N 82°44'W
9	Salsman y Tolvert	1965	Panama City, Florida, E.U.A.	30°10'27''N 85°39'51''W
10	Dias	2008	Playa Taiba, Brasil	03°30.125'S 38°54.469'W
11	Lima <i>et al</i>	2014	Playa Jacarapé, Brasil	07°11'47.19''S 34°47'44.31''W
12	González <i>et al</i>	2015	Veracruz, México <ul style="list-style-type: none"> • Lobos • Arrecife Zapotitlán 	<ul style="list-style-type: none"> • 21°28'23.55''N 97°13'19.35''W • 18°30'07.58''N 94°46'47.15''W
13	Findlay y White	1983	Bay Mouth Bar, Franklin County, Florida, E.U.A.	29°54'N 84°27.5W
14	Alexander y Ghiold	1980	Bird Shoal, Beaufort, Carolina del Norte, E.U.A.	34°42'30.582''N 76°39'33.742''W
15	Telford	1983	<ul style="list-style-type: none"> • Beaufort, Carolina del Norte, E.U.A. • St. Petersburg, Florida, E.U.A. 	<ul style="list-style-type: none"> • 34°43'N 76°39'W • 27°46'23''N 82°38'24''W
16	Reidenaver	1989	Turkey Point, Florida, E.U.A.	29°51'N 84°31'W



17	Cavalcante y Matthews	2001	Playa Redonda, Brasil	04°40'S 37°20'W
18	Pastrana	2016	Bahía de Cispatá, Colombia	9.38°N 75.79°W
19	Borrero <i>et al</i>	2002	Colombia <ul style="list-style-type: none"> • Tayrona • Magdalena • Archipiélagos coralinos 	<ul style="list-style-type: none"> • 11°17'00''N 74°11'00''W • 11°14'31''N 74°12'19''W • 10°10'30''N 75°45'00''W
20	Gondin <i>et al</i>	2008	Ponta do Cabo Branco, Brasil	07°08'50''S 34°47'51''W
21	Tommasi	1970	Baía do trapandé, Brasil	25°4'0.12S 47°55'59.88''W
22	Barros y Banja	2009	Praia de Boa Viagem y Praia de Predade, Brasil	8°03'14''S 34°52'51''W
23	Bolaños <i>et al</i>	2005	Parque Nacional Cahuita, Costa Rica	9°45'N 82°48'W
24	Nisperuza <i>et al</i>	2016	Caribe Cordobés, Colombia	9°24'51.7''N 75°48'82.1''W
25	Matos <i>et al</i>	2000	Praia de Ajuruteva, Brasil	00°50'55'' S 46°36'30''W
26	Araújo <i>et al</i>	2008	Brasil <ul style="list-style-type: none"> • Praia de Cotobelo • Praia de Genipabu 	<ul style="list-style-type: none"> • 5°54'18''S 35°9'20''W • 5°42'32''S 35°11'48''W