



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**BIOGEOGRAFÍA DE LA CLASE OPHIUROIDEA (GRAY, 1840) DEL OCÉANO
ATLÁNTICO NOROCCIDENTAL**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:
GLORIA ITZEL ROSALES CONTRERAS

TUTOR PRINCIPAL

ALFREDO LAGUARDA FIGUERAS
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

COMITÉ TUTOR

DRA. BLANCA ESTELA BUITRÓN SÁNCHEZ
INSTITUTO DE GEOLOGÍA
DR. FERNANDO NUNO DIAS MÁRQUES SIMOES
UMDI-SISAL YUCATAN
DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI
FACULTAD DE CIENCIAS UNAM
DRA. GLORIA VILA CLARA FATJÓ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

MÉXICO, D. F. DICIEMBRE 2014.



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.

DEDICADA A:

A Dios, por ser mi fortaleza y mi guía.

A mis hijas Michelle Helena García R. y Noa García R., por ser el motor que impulsa mi vida.

A mi esposo Michel García L., por ser mi ayuda idónea.

A mis padres Gloria Contreras R. y Sergio Rosales G., por ser mi ejemplo de superación y perseverancia.

A mis hermanas Liliana Rosales C. y Mayra Rosales C., por enseñarme a confiar en mí.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alfredo Laguarda Figueras, mi director de tesis; por su apoyo incondicional, por siempre darme animo, por su paciencia, por compartir sus conocimientos conmigo y por creer en mí.

Al Dr. Francisco Alonso Solís Marín, por su guía, por su confianza, por tratarme como a una amiga y por enseñarme a romper con mis inseguridades.

A la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, a la Dra. Gloria Vilaclara Fatjó, al Dr. Juan José Morrone Lupi y a el Dr. Fernando Nuno Simões Dias Marques, por formar parte de mi jurado; gracias por formar parte de mi jurado, por su disponibilidad de tiempo en la revisión de esta tesis, por cada comentario y asesoría brindada.

A la Dr. Tania Escalante Espinosa, por su asesoría y por resolver todas mis dudas con peras y manzanas.

A la M. en C. Alicia de la Luz Durán González, técnico del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos del ICML-UNAM, por siempre darme ánimos y hacerme sentir como en casa.

A Andres Arias, por compartir sus conocimientos sobre SIG y sus aportaciones para la realización de esta tesis.

A Dany Yepes, por ser una gran compañera, amiga, confidente; por siempre impulsarme a seguir y no darme por vencida, por nunca dejarme sola a pesar de la distancia.

A Juls, por ser una de las personas que marcara mi vida por siempre, por ser un excelente amigo y un ejemplo de perseverancia.

A todos mis compañeros del laboratorio, Caro, Mauricio, Tania, Andrea, Carlos, Lupita, Paola, Caro Jacobson, Elba y Giovanna por siempre resolver mis dudas y contagiarme sus ganas de conocer más y más a los equinodermos.

A mi esposo, por la ayuda brindada en la elaboración de la tesis, por sus opiniones y comentarios, por todo el tiempo invertido conmigo, por cada desvelo juntos y por renunciar a muchas cosas para dejar que yo cumpliera con esta meta.

A mi madre, por ayudarme en la crianza de mis hijas y alivianar un poco esta responsabilidad tan grande, por apoyarme en cada una de mis decisiones y creer en mi.

A mi hermana Mayra y mi sobrina Luna, por ayudarme a divertir a Michelle cuando yo no

podía.

A mi tía Dolores, por ser esa chispa de diversión que siempre me sacaba una sonrisa en momentos de estrés, por su compañía y su buena vibra. A mis suegros y cuñados, por estar ahí para Michelle en todo momento.

A mis pastores, por cada oración de intercesión por mí, por su amor y por levantar mis manos cuando estaban cansadas.

Y sobre todo a Dios, por estar conmigo en todo momento, por capacitarme, por fortalecerme, por darme la oportunidad de cumplir esta meta y enseñarme que dependo totalmente de Él. Toda la gloria sea para Él!

*NECESITO del mar porque me enseña:
no sé si aprendo música o conciencia:
no sé si es ola sola o ser profundo
o sólo ronca voz o deslumbrante
suposición de peces y navios.*

Pablo Neruda

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO	3
Generalidades de biogeografía y Análisis de Parsimonia de Endemismos	3
Generalidades del Phylum Echinodermata	6
Generalidades de la Clase Ophiuroidea	8
ANTECEDENTES	11
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	15
Objetivo general	15
Objetivos particulares	15
ÁREA DE ESTUDIO	16
Costa este de Estados Unidos	16
Golfo de México	20
Mar Caribe	24
MATERIAL Y MÉTODOS	28
Obtención de datos.	28
Análisis biogeográfico	28
RESULTADOS	31
Riqueza específica	31
Distribución	33
Análisis de Parsimonia de Endemismos	35
DISCUSIÓN	41
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	50
ANEXOS	61
ANEXO 1: Listado de países e islas que comprenden el área de estudio	61
ANEXO 2: Listado sistemático de la especies de la Clase Ophiuroidea para el Atlántico Noroccidental	62
ANEXO 3: Mapas de distribución de las especies de la Clase Ophiuroidea para el Atlántico Noroccidental	70

BIOGEOGRAFÍA DE LA CLASE OPHIUROIDEA (GRAY, 1840) DEL OCÉANO ATLÁNTICO NOROCCIDENTAL

INTRODUCCIÓN

La Clase Ophiuroidea es la clase mejor representada del phylum Echinodermata con alrededor de 2000 especies descritas, incluidas en 250 géneros (Hendler *et al.*, 1995). Los ofiuros son organismos de vida libre y exclusivamente marinos, que se encuentran distribuidos en todos los océanos del mundo y pueden encontrarse desde aguas someras hasta grandes profundidades. Algunos son formadores de facies marinas, en las cuales se encuentran solamente una o dos especies cubriendo grandes extensiones de suelo marino (Laguarda-Figuera *et al.*, 2009). También pueden habitar casi en cualquier tipo de sustrato, desde lodos muy finos, como en el caso de los amfiúridos, hasta ambientes rocosos y en arrecifes de coral, como es el caso de algunas especies de la familia Ophiocomidae. (Hernández-Herrejón, 2010).

La capacidad de vivir en diferentes hábitats hacen a los ofiuroideos organismos cosmopolitas, característica que permite delimitar al océano Atlántico como área de estudio. Su batimetría compleja, la variedad de climas y sus características físico-químicas, son factores que permiten que en este océano exista una gama de ecosistemas marinos que alojan a muchas especies de la clase Ophiuroidea, distribuyéndose exitosamente a lo largo de todo el océano Atlántico. El oeste del océano Atlántico es considerada la segunda región de mayor riqueza de especies de ofiuroideos del planeta y con alta endemividad, albergando un 61% de especies endémicas (Stöhr *et al.* 2012). Dentro de la porción noroccidental del océano Atlántico se encuentran 2 mares marginales en los cuales están bien representadas la especies de la clase Ophiuroidea. Por un lado se encuentra el Golfo de México, considerada una de las áreas importantes en diversidad de equinodermos, siendo la clase Ophiuroidea la tercera más diversa (Duran-González *et al.* 2005); mientras que el Mar Caribe es considerado un “hot spot” de diversidad marina, y para los ofiuroideos no es la excepción, siendo varios autores los que reportan altos valores de diversidad de ofiuroideos en esta área (Hendler *et al.*, 1995; Herrera-Moreno y Betancourt-Fernández, 2004; Abreu-Pérez *et al.*, 2005; Laguarda-Figuera *et al.*, 2005; Alvarado *et al.*, 2008 y Benavides-Serrato *et al.*, 2011).

Existen una gran cantidad de estudios dedicados a la taxonomía y sistemática de la clase Ophiuroidea en el océano Atlántico noroccidental; sin embargo, no se ha logrado concentrar toda esa información para el reconocimiento de los patrones de distribución de esta clase y son escasos los trabajos realizados sobre dichos tema en amplias y diversas áreas oceánicas como el océano Atlántico noroccidental. Por esta razón, es necesario desarrollar programas tendientes a documentar la distribución de los organismos a diferentes escalas espaciales (Ulfstrand, 1992). Una de las perspectivas posibles para este

tipo de análisis es la biogeográfica, que permite conocer e interpretar los patrones de distribución de la biodiversidad, identificando áreas de endemismo -objeto de estudio de la biogeografía histórica (Posadas y Miranda-Esquivel, 1999)- y las relaciones biogeográficas entre dichas áreas. Generalmente esta área de endemismo esta representada por regiones o provincias biogeográficas (Contreras-Medina, 2006). Las áreas de endemismo empleadas en este estudio son las Ecorregiones Marinas correspondientes al Atlántico noroccidental, establecidas por Spalding *et al.*, en 2007. Esta regionalización parece ser la más acertada en comparación con otras propuestas (Eckman, 1953; Briggs, 1974; Longhurst (1998), entre otras), debido a que esta basada en configuraciones taxonómicas influenciadas por patrones de dispersión y vicarianza, además, de ser una compilación de diferentes trabajos biogeográficos con diferentes criterios de determinación las divisiones biogeográficas que pretende minimizar las diferencias que existen entre cada una de las clasificaciones establecidas.

Una herramienta biogeográfica que ha sido empleada por varios autores para inferir relaciones entre áreas de endemismos, es el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE por sus siglas en inglés) (Escalante y Morrone, 2003). El PAE emplea un algoritmo de parsimonia con el propósito de obtener un cladograma de áreas, basado en los taxones que habitan las áreas (Rosen, 1988), que permite establecer hipótesis de relaciones entre diferentes unidades biogeográficas o áreas de endemismos (Escalante y Morrone, 2003). El uso de este método es controversial, en gran parte, a que no se usan filogenias. Sin embargo, tiene la ventaja sobre la biogeografía cladística de no requerir cladogramas taxonómicos, además, de que puede utilizar la información biogeográfica brindada por taxones ampliamente distribuidos como la clase Ophiuroidea, los cuales representan un problema en biogeografía cladística. El PAE es un método práctico que requiere únicamente información sobre la distribución geográfica de los taxones involucrados en el estudio para obtener el cladograma de áreas, que aporta información sobre la composición biótica de cada área de endemismo, los taxones que la han definido y los taxones endémicos de cada unidad geográfica.

Por todo lo anterior, este estudio tiene como objetivo conocer los patrones de distribución de los taxones de la clase Ophiuroidea e inferir e interpretar las relaciones biogeográficas de los taxones de la clase Ophiuroidea con respecto a las ecorregiones marinas (Spalding *et al.*, 2007), establecidas para el Atlántico noroccidental, empleando un Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE).

MARCO TEÓRICO

Generalidades sobre biogeografía y el Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE)

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio a través del tiempo; sus objetivos principales son describir y comprender los patrones de distribución geográfica de las especies y taxones supraespecíficos (Morrone, 2001). En sus inicios, se definía la biogeografía solo como la ciencia que estudia la distribución de los organismos; sin embargo, esta definición podría ser confundida con la de ecología, la cual se refiere en esencia a lo mismo, ya que trata la relación que tienen los seres vivos con el medio que les rodea y, de alguna forma, se está relacionando con la distribución ocasionada por esta relación. En cambio, la biogeografía no solo toma en cuenta ese aspecto, si no que interactúa con otras ciencias naturales como la ecología, la biología de poblaciones, la sistemática, la evolución y las ciencias de la tierra -tales como la geología, la climatología y la edafología, entre otras- (Espinosa y Llorente, 1993).

Básicamente, esta disciplina presenta dos vertientes: la biogeografía histórica y la biogeografía ecológica (Morrone *et al.*, 1996). A partir de los trabajos del botánico suizo A.P De Candolle (1820) se acostumbra distinguir entre la biogeografía ecológica, que analiza la distribución de los seres vivos en función de sus adaptaciones a condiciones actuales del medio, y la biogeografía histórica, que explica dichas distribuciones en función de factores históricos, es decir aquellos que ya no intervienen en la actualidad (Morrone, 2001).

Dada la existencia de un gradiente espacio temporal, con la biogeografía ecológica en el extremo donde las escalas espaciales y temporales son pequeñas, y la biogeografía histórica en el extremo donde las mismas son mayores, podemos asumir que la distinción entre ambas biogeografías no es natural (Morrone, 2001). La biogeografía ecológica considera el papel que desempeñan los procesos ecológicos y físicos en la determinación de la distribución presente de los organismos, así como la interacción entre ellos con su ambiente físico y biótico. Aun cuando la biogeografía ecológica es separada de la histórica, involucra a la histórica de diversas ciencias como la geología, para explicar las manifestaciones de diversos organismos con respecto a su distribución actual (Nelson, 1978).

La principal diferencia entre estas biogeografías se observa en el objeto de estudio. El objetivo de la Biogeografía ecológica es estudiar los patrones de variación espacial y temporal de la riqueza de especies y formas de vida, y analiza las causas de tales variaciones, tratando de contestar ¿Por qué un lugar puede tener más o menos especies que otros lugares? Mientras que, por otro lado, la Biogeografía histórica tiene como objeto de estudio el reconocimiento de áreas de endemismo y analizar qué ha generado al endemismo

(Espinosa y Llorente, 1993).

Es evidente que las distintas áreas del planeta poseen distintos niveles de representación de especies y taxa de rango superior. Por ello resulta necesario desarrollar programas tendientes a documentar la distribución de los organismos a diferentes escalas espaciales (Ulfstrand, 1992). Una de las perspectivas posibles para este tipo de análisis es la biogeográfica, que permite conocer e interpretar los patrones de distribución de la biodiversidad, identificando áreas naturales, explicando su origen y esclareciendo las relaciones existentes entre dichas áreas, para lo cual es necesario el aporte de la sistemática, la geografía, la geología y la ecología (Posadas y Miranda-Esquivel, 1999).

La biogeografía puede aportar información relativa a la riqueza de especies para la conservación de áreas, pero también provee información sobre áreas únicas en cuanto a su composición biótica. Es un componente de la biología comparada, disciplina que requiere unidades naturales de estudio. Así como para la sistemática la unidad de estudio es la especie, para la biogeografía histórica la unidad es el área de endemismo. Por lo tanto, en cualquier estudio biogeográfico el primer paso es la delimitación de las áreas de endemismo. Un área de endemismo se define como un área de congruencia de los patrones de distribución de al menos dos taxa, que pueden estar relacionados o no, desde un punto de vista filogenético o ecológico (Posadas y Miranda-Esquivel, 1999). Esta área de endemismo, en un análisis biogeográfico, generalmente es representada por regiones o provincias biogeográficas (Contreras-Medina, 2006) o bien pueden ser delimitadas bajo ciertas metodologías.

El punto inicial de un análisis biogeográfico es conocer la distribución geográfica del grupo o los grupos que se desean estudiar. La obtención de esta información puede provenir de varias fuentes: ejemplares depositados en colecciones científicas y museos, literatura científica, o bien, de lo recolectado por los investigadores mismos (Morrone y Ruggiero, 2001). Sin embargo, es importante preguntarse si el reconocimiento de los taxones a estudiar es el correcto, debido a una serie de problemas que se pueden enfrentar como son la falta de recolecta, la extinción local de un taxón en alguna de las áreas de estudio, la mala determinación de ejemplares en las colecciones y errores en la ubicación de la localidad de la recolecta, así como la falta de estudios taxonómicos para ciertos grupos de interés (Contreras-Medina, 2006).

El Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE por sus siglas en inglés) es una herramienta biogeográfica que emplea un algoritmo de parsimonia con el propósito de obtener un cladograma de áreas, basado en los taxones que habitan las áreas (Rosen, 1988), este método ha sido aplicado por varios autores para establecer relaciones entre diferentes unidades biogeográficas (Escalante y Morrone, 2003). Crisci *et al.* (2000) distinguen tres tipos de PAE, de acuerdo con sus unidades de estudio: localidades, áreas de endemismo y

cuadrantes. El PAE con base en localidades permite obtener cladogramas de áreas, en donde las localidades se encuentran agrupadas por la presencia de sinapomorfías geográficas, directamente a partir de las distribuciones geográficas de los organismos. El PAE con base en áreas de endemismo fue empleado inicialmente por Craw en 1988, al utilizar áreas de alto y bajo endemismo como unidades y agregando información de clados. Finalmente, el PAE con base en cuadrantes fue propuesto por Morrone (1994), donde se utilizan las distribuciones de los taxones en una cuadrícula sobrepuesta al área de estudio, donde los cuadrantes se toman como unidades (Crisci *et al.*, 2000).

El PAE es un método análogo a un análisis cladístico donde los taxones compartidos, que representan a los caracteres derivados compartidos (sinapomorfías) de los taxones (caracteres), se utilizan para formular hipótesis de relaciones históricas (filogenia) de áreas (taxones). Con los datos de distribución de los grupos seleccionados, se construye una matriz de datos de presencia-ausencia de las especies para cada una de las áreas. Para enraizar el cladograma, se utiliza un área hipotética que se codifica con ceros en la matriz de datos y es equivalente a un ancestro hipotético (Luna *et al.*, 1999).

Con la aplicación de este método se obtiene un cladograma de áreas, que representa una hipótesis de relación entre áreas de endemismo que forma parte del análisis. El uso de este método es controversial, en gran parte, a que no se usan filogenias. Sin embargo, tiene la ventaja sobre la biogeografía cladística de no requerir cladogramas taxonómicos, además de que puede utilizar la información biogeográfica brindada por taxones ampliamente distribuidos, los cuales representan un problema en biogeografía cladística. Al igual que en la biogeografía cladística se obtiene un cladograma de áreas como parte final del análisis, pero el PAE genera cladogramas de las localidades muestreadas directamente de la distribución geográfica de los taxones involucrados en el estudio sin hacer uso de las filogenias (Contreras-Medina, 2006).

Generalidades del Phylum Echinodermata

El Phylum Echinodermata, comprende aproximadamente 7,000 especies vivientes y 13,000 especies fósiles (Pawson, 2007). Su origen data del Periodo Cámbrico de la Era Paleozoica (540-550 millones años atrás) (Solís-Marín *et al.*, 2007). El Phylum posee representantes sésiles y de vida libre; y se encuentra representado por 5 Clases: Crinoidea (lirios de mar), Asteroidea (estrellas de mar), Ophiuroidea (ofiuras o estrellas serpiente), Echinoidea (erizos de mar) y Holothuroidea (pepinos de mar) (Hendler, *et al.*, 1995) (Ver figura 1).

Los equinodermos (del griego *echino: espina* y *derma: piel*) son un Phylum de invertebrados estrictamente marinos, deuterostomados que presentan endoesqueleto calcáreo de origen mesodérmico, compuesto por placas articuladas o independientes (espículas), un sistema vascular acuífero único que realiza la función de alimentación y locomoción (Pawson, 2007). En estado adulto presentan simetría radial pentámera, derivada de una simetría bilateral larvaria, no presentan órganos excretores y el sistema nervioso no está centralizado (Solís-Marín *et al.*, 2007).

Conforman uno de los componentes principales en las comunidades bentónicas (Hendler, *et al.*, 1995); sin embargo, estos organismos pueden ser encontrados a todas las latitudes y profundidades. Algunos son formadores de facies marinas, en las cuales se encuentran solamente una o dos especies cubriendo grandes extensiones de suelo marino (Hernández-Herrejón 2010).

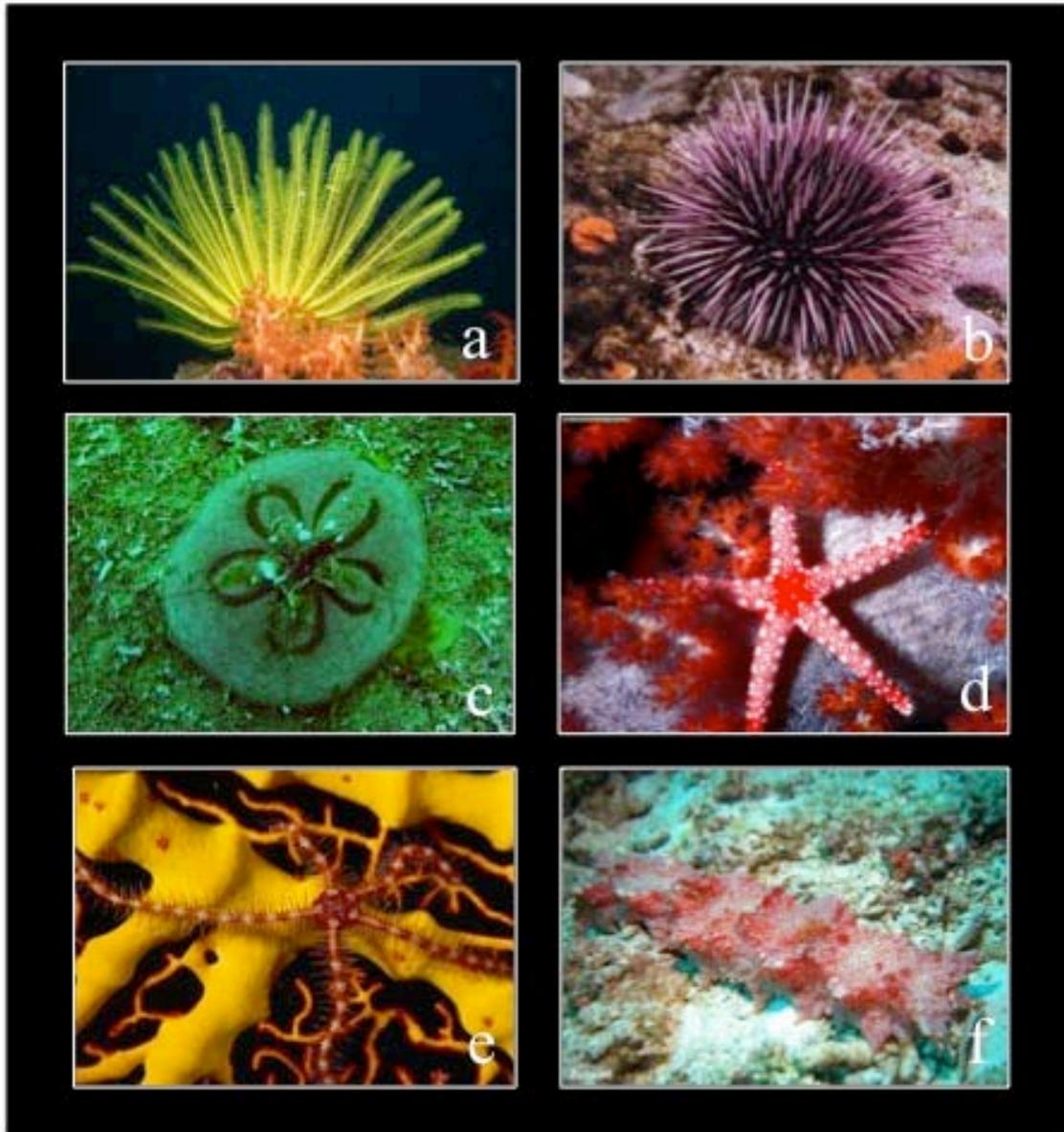


Figura 1. Representantes de las cinco Clases del Phylum Echinodermata. a) Clase Crinoidea, b) Clase Echinozoidea (erizo regular), c) Clase Echinozoidea (erizo irregular) , d) Clase Asterozoidea, e) Clase Ophiurozoidea y f) Clase holothurozoidea (imágenes tomadas de: listadecuriosidades.com, lacienciaysusdemonios.com, biol2c201.blogspot.mx, detaritasazules.blogspot.mx y www.socwall.com)

Generalidades de la Clase Ophiuroidea

La Clase Ophiuroidea es la mejor representada del phylum Echinodermata con alrededor de 2000 especies descritas, incluidas en 250 géneros (Hendler *et al.*, 1995). Los ofiuros son organismos de vida libre y exclusivamente marinos, que presentan un cuerpo formado principalmente por brazos que salen de un disco central. Se desplazan utilizando los brazos por arriba y por debajo de las rocas, corales, algas y otros sustratos (Bejarano-Chavarro *et al.*, 2004). Estos organismos pueden encontrarse desde aguas someras hasta grandes profundidades (Laguarda-Figueras *et al.*, 2009).

Los ofiuros presentan un cuerpo dorso-ventralmente deprimido, consta de un disco central bien definido y cinco o seis brazos articulados que salen del disco, que pueden estar o no ramificados. En la parte dorsal del disco se aprecian los escudos radiales y los diversos tipos de ornamentación como gránulos, escamas, placas o espinas (Ver figura 2). En la parte ventral se pueden observar las mandíbulas compuestas por papilas orales, papilas dentales y dientes así como las placas orales, adorales, ventrales, laterales, escamas tentaculares, espinas y los poros de los podios (Laguarda-Figueras *et al.*, 2009) (Ver figura 3).

Los ofiuros también conocidos como “estrellas quebradizas” tienen una notable capacidad de romper sus brazos voluntariamente y regenerarlos para su defensa. Otros mecanismos de defensa que poseen estos organismos, es el tener un sabor desagradable, bioluminiscencia, velocidad de escape y respuesta a la sombra, además de un reflejo casi instantáneo para detener su movimiento en presencia de depredadores. Los órganos reproductores consisten en agrupamientos de túbulos de gametos alineados que se encuentran dentro del disco. Poseen una reproducción externa y el desove es generalmente en la noche para escapar de los depredadores. Pocas especies de Ofiuroideos son hermafroditas y otras tienen la capacidad de reproducirse asexualmente (Hendler *et al.*, 1995). En cuanto a su alimentación los ofiuroideos poseen dietas muy variadas; pueden ser carnívoros, carroñeros, filtradores y consumidores de partículas sedimentadas. No son especialistas y poseen conductas de engaño para cazar a sus presas (Stancyk, 1999).

La clase Ophiuroidea esta representada en todas las latitudes y profundidades. Algunas especies de Ofiuroideos son formadoras de facies marinas. (Laguarda-Figueras *et al.*, 2009). También puede habitar casi en cualquier tipo de sustrato, desde lodos muy finos, como en el caso de los amfiúridos, hasta ambientes rocosos y en arrecifes de coral, como es el caso de algunas especies de la familia Ophiocomidae. También pueden vivir a cualquier profundidad, desde aguas someras, como en el caso de *Ophiolepis paucispina*, hasta grandes profundidades como algunas especies de los géneros *Ophiomusium* y *Ophiacantha*. Las especies del género *Ophioderma* se han encontrado principalmente a profundidades no mayores a los 50 m. Estos organismos también se pueden encontrar en arrecifes coralinos, entre algas, pastos marinos, rocas, arenas gruesas y algunos ejemplares juveniles han sido

encontrados en arenas finas (Hernández-Herrejón, 2010).

Esta clase no presenta un interés comercial, ni como alimento, ni como *suvenir* como es el caso de los holoturoideos, equinoideos y asteroideos; esto es debido a que son organismos muy frágiles y pierden su coloración fácilmente; sin embargo, se venden como especies de ornato para acuarios. Se tienen registros de que el siglo XVIII se consumía la hueva de ofiuros en Indonesia y a pesar de que no tiene una gran importancia comercial, son parte de la dieta de organismos que si tienen una importancia comercial directa como en el caso de peces, crustáceos y estrellas de mar (Hadel *et al.*, 1997).

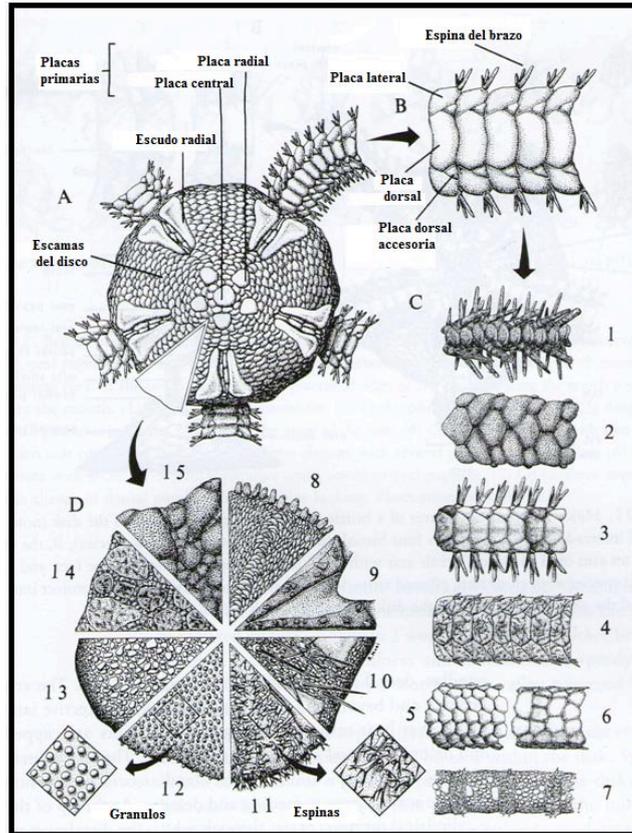


Figura 2.- Parte dorsal del disco (Tomada de Hendler *et al.*, 1995).

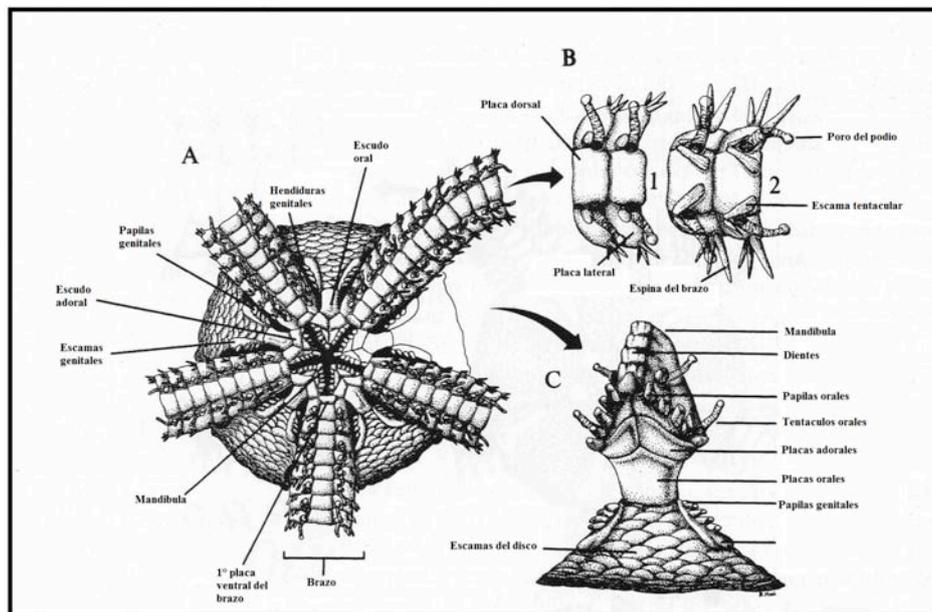


Figura 3.- Parte ventral del disco (Tomada de Hendler *et al.*, 1995).

ANTECEDENTES

El estudio de los Ofiuroideos para el Atlántico occidental comenzó hace aproximadamente 150 años, principalmente en aspectos taxonómicos que incluyen subfamilias, subgéneros, especies y variedades del grupo, muchos de ellos gracias a los estudios realizados en embarcaciones como el Challenger, Albatross y Velero.

Theodore Lyman fue uno de los biólogos más importantes que impulsó el estudio de estos organismos y es conocido como el autor de una obra monumental sobre los ofiuroideos recolectados en la expedición del Challenger. Durante su vida (1833-1897), realizó muchas contribuciones al conocimiento de los ofiuroideos. En 1882 publicó el hallazgo de 103 géneros de ofiuroideos. Por otro lado, Ljungman en el 1871 realizó un estudio acerca de los ofiuroideos conocidos hasta ese momento, reportando nuevos registros.

Entre otros estudios, se encuentra el de Verill en 1899 quien realizó un expedición en las costas orientales del Atlántico, donde presentó un reporte sobre los ofiuroideos colectados en la expedición a Norteamérica y las Bahamas, así mismo, hizo una revisión de ciertas familias y géneros de las Antillas.

H.L. Clark en 1915, realizó un catálogo sobre los ofiuroideos recientes basado en la colección del Museo de Zoología comparada de la Universidad de Harvard; y de este estudio, en 1918, publicó un artículo titulado "Ofiuroideos, nuevos y viejos". Un año más tarde realizó un estudio sobre la distribución de los equinodermos de las Antillas. Por otro lado, A.H. Clark en 1921, realizó un trabajo sobre los ofiuros conocidos hasta ese momento; y en 1922 reportó ofiuros pertenecientes a la Isla Curacao. En 1942, A. H. Clark reportó la fauna de equinodermos para las Bermudas.

Para esta zona de estudio, Engel en 1939 también hizo un estudio de los equinodermos de Aruba, Curacao, Bonaire y el norte de Venezuela.

Koehler fue otro de los pioneros en el estudio taxonómico de Ofiuroideos, realizando revisiones de ejemplares en museos (1907, 1913, 1914). Por su parte, Matsumoto en 1915 realizó una reclasificación de los géneros de la clase Ophiuroidea, incluyendo la descripción de nuevos géneros y nuevas especies.

En México, la Dra. María Elena Caso Muñoz en 1939 comenzó a realizar estudios ordenados y sistemáticos de equinodermos. La Dra. Caso dedicó aproximadamente 50 años de trabajo al conocimiento de los equinodermos en las costas mexicanas y realizó múltiples publicaciones al respecto (1946, 1948, 1949, 1951, 1953). En 1951 publicó un artículo específico sobre los Ofiuroideos en México, describiendo especies litorales.

Una de las obras más importantes para la clasificación de diversos taxa de la Clase Ophiuroidea fue la de Fell en 1960, quien publicó claves sinópticas de identificación de géneros de dicha clase.

Hendler *et al.* en 1995, estudiaron diversas especies de equinodermos de Florida y el Caribe, presentando la diagnosis de cada especie y las claves dicotómicas correspondientes. En ese mismo año Hendler publicó un artículo sobre nuevas especies de Ofiuroideos reportadas para el Atlántico oeste.

Solís-Marín en 1998 realizó el catálogo taxonómico de los equinodermos recientes de México, donde incluyó a la Clase Ofiuroidea; y en 2007 Solís-Marín *et al.* llevaron a cabo un estudio taxonómico sobre los equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. En el mismo año Laguarda-Figueras *et al.*, realizaron un estudio de equinodermos del Caribe mexicano, tomando como base los organismos de la colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso” en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), así como, del National Museum of Natural History (NMNH), Smithsonian Institution (SI).

Por otro lado Durán-González *et al.* en 2005, generaron información acerca del estudio de los equinodermos del Golfo de México, tomando como base la colección Nacional de Equinodermos “Ma. Elena Caso” del ICML de la UNAM, así como del NMNH, SI.

Trujillo-Luna y González-Vallejo en 2006 realizaron un estudio de los equinodermos de la colección de referencia de Bentos Costeros del Colegio de la frontera sur (ECOSUR) recolectadas en el Caribe mexicano; y Hernández-Herrejón *et al.* en 2008 realizaron un trabajo sobre los Ofiuroideos de las aguas mexicanas del Golfo de México, reportando 68 especies.

En 2009 Laguarda-Figueras *et al.* publicaron un trabajo acerca de los Ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México donde se incluyeron claves de identificación, diagnosis de las especies y aspectos biogeográficos.

En las islas del Caribe, Abreu-Pérez *et al.* en 2005 elaboraron un catálogo de los equinodermos nerítico-bentónicos de la Clase Ophiuroidea y Asteroidea del Archipiélago cubano; y Alvarado *et al.* en 2008 presentaron el listado sistemático de los equinodermos del Caribe de América Central, basado en los organismos depositados en colecciones, encontrando un total de 253 especies distribuidas en 142 géneros, 63 familias y 27 ordenes.

En lo que respecta a estudios biogeográficos con equinodermos y otros grupos de invertebrados se encuentran los siguientes:

Parker en 1963 realizó un trabajo sobre la zoogeografía y ecología de los macroinvertebrados en el Golfo de California donde incluyó al Phylum Echinodermata.

Thandar en 1989 publicó un trabajo donde abarca aspectos de la zoogeografía de los equinodermos del Sur de África.

Ghioldi y Hoffman en 1986 estableció los patrones biogeográficos de los equinoideos Clypeastéridos de 110 especies, identificó bioprovincias, y observó patrones de endemismo.

Maluf en 1988 desarrolló el estudio biogeográfico de 375 especies de equinodermos de la zona este del Pacífico, desde California a Perú. Así mismo, realizó un análisis cluster para observar las relaciones de similitud entre las diferentes provincias detectadas en la zona.

Ameziane y Roux en 1997 realizaron un estudio de biogeografía y biogeografía histórica de 95 especies de crinoides del mar profundo.

Price *et al.* en 1999 estudiaron los patrones de diversidad en base a la presencia y ausencia de especies de asteroideos en todo el océano Atlántico.

Iturralde-Vinent en 2005 estudió la Paleogeografía del Caribe y sus implicaciones en la biogeografía histórica, demostrando que el Caribe, desde su formación ha jugado un papel trascendental en la circulación de las aguas oceánicas, moderando el clima terrestre y determinando las posibilidades de intercambio biótico entre los ecosistemas de las tierras y mares circundantes.

Samyn y Tallon en 2005 analizaron la zoogeografía de los holoturoideos del oeste del Océano Índico; emplearon OGU's (Unidades Geográficas Operacionales) y un Análisis de Parsimonia de Endemismos. Así mismo, obtuvieron los índices de Sorensen y Jaccard, concluyendo que el área de estudio se puede dividir en tres regiones biogeográficas..

Martínez en 2008 realizó un estudio acerca de la composición y biogeografía de asteroideos y Ofiuroideos de aguas poco profundas del litoral Uruguayo. Reportó cinco especies de asteroideos y 18 especies de Ofiuroideos, encontrando que los Ofiuroideos están representados a lo largo del área de estudio.

Caballero-Ochoa en 2011 estudió la zoogeografía de Holoturoideos en el pacífico mexicano, analizando las afinidades entre seis provincias del Pacífico mediante un Análisis de Parsimonia de Endemismos.

Hernández-Díaz en 2011 analizó la composición y distribución de equinodermos en los bajos de Sisal y Arrecife Alacranes, Quintana Roo, mediante un estudio zoogeográfico, empleando un Análisis de Parsimonia de Endemismos.

Martín-Cao-Romero en 2012 estudió la biogeografía de Asteroideos en el Golfo y Caribe mexicanos, analizando las afinidades entre OGU'S, empleando un Análisis de Parsimonia de Endemismos.

A nivel mundial, Stöhr *et al.* en 2012 realizaron un trabajo acerca de la distribución global de Ofiuroideos, enfocándose en aspectos taxonómicos y de patrones de distribución, aunque también abordaron su anatomía, biología, filogenia e historia paleontológica.

Finalmente Alvarado *et al.* en 2013 presentaron una compilación de investigaciones de equinodermos realizadas en Latino América, tomando en cuenta aspectos taxonómicos, ecológicos y biogeográficos.

JUSTIFICACIÓN

A pesar de la información existente sobre la Clase Ophiuroidea, no han sido suficientes los esfuerzos realizados para diversificar los estudios sobre estos organismos. Los últimos años han sido dedicados al estudio de la taxonomía y sistemática de esta clase; y no se ha prestado la suficiente atención al estudio de sus patrones de distribución y las áreas de endemismo que habitan. Son escasos los trabajos realizados sobre dicho tema en amplias y diversas áreas oceánicas, como el océano Atlántico que se caracteriza por albergar un número importante de especies endémicas.

OBJETIVO GENERAL

Inferir e interpretar las relaciones biogeográficas de las especies de la clase Ophiuroidea, con respecto a las ecorregiones marinas *sensu* Spalding *et al.* (2007) establecidas para el Atlántico noroccidental, empleando un Análisis de Parsimonia de Endemismo (PAE).

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Revisar las especies y la distribución de los Ofiuroideos del Atlántico Occidental depositados en la Colección Nacional de Equinodermos: “Dra. María Elena Caso“, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM.
- 2) Revisar las especies y la distribución de los Ofiuroideos del Atlántico occidental depositados en la base de datos del National Museum of Natural History (NMNH), Smithsonian Institution, Washington D.C., U.S.A.
- 3) Revisar las especies y la distribución de los Ofiuroideos del Atlántico occidental reportadas en el libro “Echinoderm research and diversity in Latin America”.
- 4) Elaborar una base de datos con información actualizada sobre sistemática y distribución de las especies de la clase Ophiuroidea pertenecientes a la región del Atlántico Occidental.
- 5) Conocer los patrones de distribución biogeográfica de las especies de la Clase Ophiuroidea.
- 6) Conocer la riqueza específica de ofiuroideos de cada una de las ecorregiones marinas.

ÁREA DE ESTUDIO

El área geográfica considerada para el presente estudio corresponde a la porción noroeste del océano Atlántico, que se extiende entre los $44^{\circ} 42' 39''$ N, $66^{\circ} 57' 40''$ O hasta $9^{\circ} 55' 24''$ N, $60^{\circ} 54' 12''$ O; una extensión en la línea de costa de aproximadamente 11, 962 km, comprendida entre 10 países y 21 islas (ver anexo 1 y figura 4).

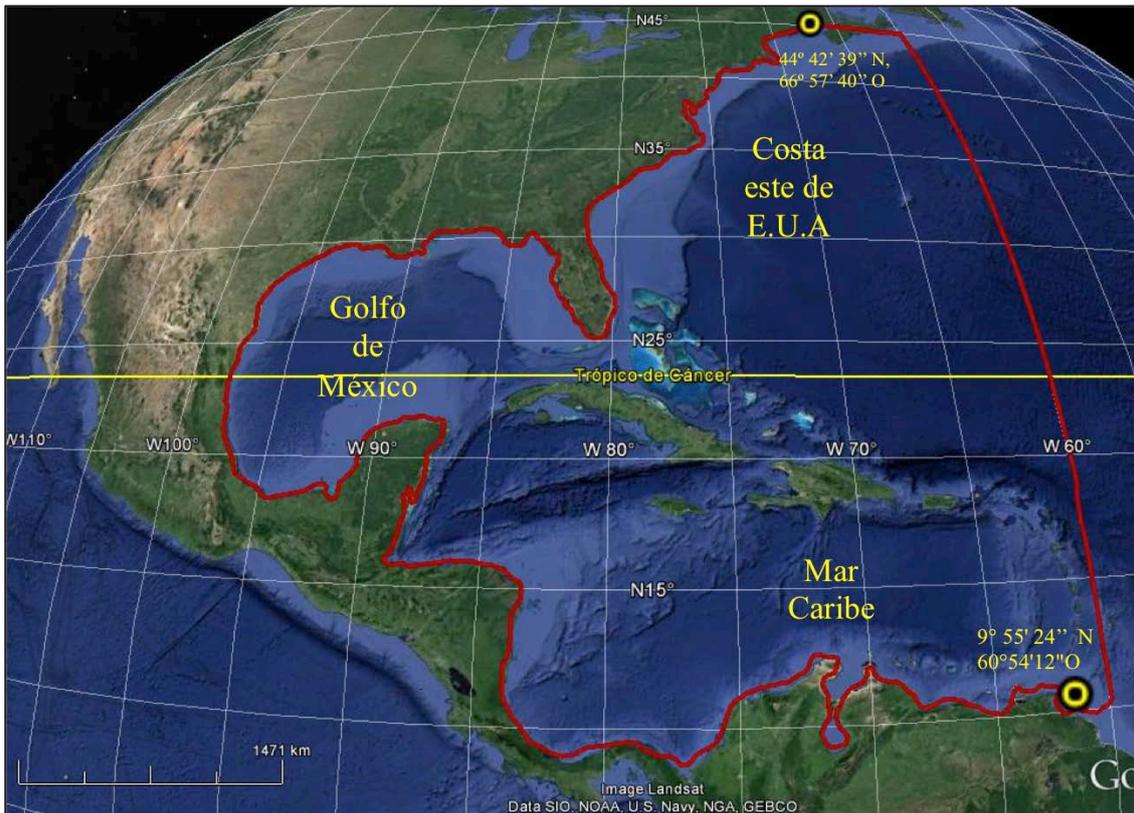


Figura 4.- Área de estudio (Tomada de Google earth, 2014)

a) Costa este de Estados Unidos de América

La Costa este de los Estados Unidos, también conocida como “litoral este” o “litoral del Atlántico” es una región geográfica que comprende los estados ubicados en la zona costera este del sur y norte de los Estados Unidos y que limita con el océano Atlántico y Canadá. De acuerdo con las clasificación realizada por Wilkinson *et al.* (2010), divide esta área en 6 regiones marinas (ver figura 5).

1) *Región del Atlántico acadiano*: se caracteriza por una ancha plataforma continental que se extiende hasta 200 kilómetros desde el litoral en su porción norte, y se angosta a menos de 100 kilómetros en el cabo Cod. Esta plataforma es relativamente poco profunda: a menudo alcanza solo 100 ó 150 metros de profundidad en algunos lugares. El talud continental está marcado por numerosos cañones pronunciados: partiendo del borde de la plataforma hasta una región de meseta a 400 ó 1,000 metros, desde donde baja a una planicie abisal a más de 4,000 metros de profundidad. El litoral de la región se caracteriza por morrenas glaciales terminales, como las del cabo Cod; playas rocosas, como las costas de Maine y Nueva Escocia, y por acantilados extensos a lo largo de Terranova. La batimetría alrededor del golfo de Maine y la bahía de Fundy es extremadamente compleja, marcada por un elaborado sistema de bancos y cañones.

Debido a los numerosos y grandes humedales costeros y estuarios de esa región, las aguas costeras se ven afectadas por las inundaciones primaverales y por la época de lluvias en el verano. En el golfo de San Lorenzo, el agua dulce que fluye del río San Lorenzo hace que los niveles de sal se mantengan bajos durante casi todo el año. La amplitud de la marea en la región va normalmente de uno a dos metros, aunque en algunas partes del golfo de San Lorenzo la acción de las mareas es pequeña, con fluctuación promedio menor que un metro. La bahía de Fundy es una excepción notable: sus mareas de más de 16 metros figuran entre las mayores del mundo. En general, las corrientes oceánicas fluyen de norte a sur, paralelas a la costa, mientras que una porción se dirige hacia la costa en la cuenca de Nueva Inglaterra durante el invierno. En verano predomina el mismo flujo de norte a sur en la parte sur de la región, mientras que desde Nueva Inglaterra hasta aguas canadienses el flujo se revierte en dirección norte. A partir de Terranova, la combinación de las corrientes cálidas del sur con la corriente del Labrador del norte produce algunos de los bancos de niebla más densos del planeta. La corriente de Labrador se divide en dos al llegar al extremo norte del banco de Georges, y de aquí una parte fluye hacia el este, rodeando el banco, y la otra hacia el oeste, por el golfo de Maine, hasta desembocar en el Gran Canal del sur. La parte exterior de la región es templada por la influencia moderadora de la inmensa corriente del Golfo, en tanto que el golfo de San Lorenzo suele presentar características más subárticas por la influencia de la corriente de Labrador. Los vientos dominantes provenientes del continente y que soplan del oeste y suroeste también moderan el clima del océano. En agosto, la temperatura superficial puede variar entre 10 y 23 °C. Cerca del mes de abril, el hielo empieza a desaparecer y para julio la mayor parte de la costa ya no tiene hielo. En invierno y principios de la primavera, el hielo puede ser cuantioso a lo largo de la costa de la península de Avalon (Terranova, Canadá) y en el estrecho de Cabot, entre Terranova y Nueva Escocia. También el golfo de San Lorenzo se cubre, en su mayor parte, de hielo. Los icebergs son comunes a finales del invierno, primavera y aun a principios del verano, de la costa de Terranova a los Grandes Bancos. Desde la costa exterior de Nueva Escocia y la bahía de Fundy hasta el cabo Cod, la región se mantiene esencialmente libre de hielo.

2) *Región del Atlántico virginiano*: tiene una amplia plataforma continental que se extiende hasta 150 kilómetros a partir de la costa al norte de Long Island y se estrecha a unos 40 kilómetros en el cabo Hatteras. Al igual que ocurre en la región acadiana, ubicada al norte, cañones profundos cortan el talud continental, particularmente en las costas de Nueva York y Nueva Jersey. La costa del Atlántico virginiano se caracteriza por un sistema de islas de barrera, como el paso de Pamlico; por sus valles fluviales inundados, como las bahías de Chesapeake y Delaware, y por sus morrenas glaciales terminales, como Long Island y el cabo Cod. Se intercala con litorales rocosos de alta energía y marismas costeras, desde pequeñas hasta extensas. Debido a las vertientes y estuarios de la región (río Hudson, bahías de Delaware y Chesapeake, paso de Pamlico), varias zonas experimentan un enfriamiento de la masa de agua cercana a la costa producida por el anegamiento primaveral y la humedad del verano. La bahía de Chesapeake incluye once afluentes mayores que vierten agua estacionalmente en la bahía y en la zona costera. Los ríos Chowan, Roanoke, Pamlico y Neuse proporcionan hasta 425 m³ /s que desembocan en los pasos de Pamlico y de Albemarle, Carolina del norte. Generalmente, las corrientes oceánicas fluyen todo el año de norte a sur, paralelas a la costa. La corriente del Golfo, que vira hacia el este, se encuentra a escasa distancia de la costa, ejerciendo una importante influencia moderadora sobre el clima de la región del Atlántico virginiano creando, además, una zona de transición al este, donde las complejas estructuras de corrientes provocan surgencias de aguas profundas.

3) *Región de Transición del norte de la corriente del Golfo*: esta región empieza en el quiebre de la plataforma y se extiende mar adentro en las profundidades del Atlántico norte. Conformada por aguas del Atlántico, pero afectada por la corriente del Golfo, presenta una batimetría pronunciada, que alcanza desde 200 metros en el quiebre de la plataforma hasta casi 4,500 metros en la planicie abisal. En el borde oeste de la región destaca el sitio de Canyon Lands: serie de cañones pronunciados que se extienden desde la cima del quiebre de la plataforma por el talud, hasta la planicie abisal. Aunque la región no se encuentra dentro de la corriente del Golfo (ubicada al sur y al este de la región), sí está sujeta a una marcada influencia por parte de ésta, en virtud de las incursiones de remolinos anticiclónicos de centro cálido que se desprenden de la corriente y se dirigen al oeste hacia el quiebre de la plataforma. Estos anillos de centro cálido, que pueden ser tan grandes como el estado de Massachussets, transportan volúmenes de agua cálida al norte, lejos de su origen. En esta región, la temperatura de la superficie del mar puede variar en enero desde 10°C en el borde occidental frío hasta 18°C en el límite oriental con la corriente del Golfo. En verano, la temperatura de la superficie varía entre 12 y 25°C. En su mayor parte, los tipos de sedimento de la región corresponden a limos y arcillas que provienen de la masa de tierra continental.

4) *Región de la corriente del Golfo*: esta región representa el flujo de la corriente del Golfo a lo largo de la costa sureste de Estados Unidos, zona donde la corriente se acerca

más al continente. La corriente del Golfo marca el límite occidental del giro subtropical del Atlántico norte. Fluye a lo largo del borde de la plataforma continental a profundidades de hasta 2,000 metros. A menudo descrita como un río dentro del océano, esta corriente tiene un ancho que alcanza hasta 320 kilómetros (con un flujo central de alrededor de 144 kilómetros de ancho) y transporta aguas tropicales cálidas hacia el polo a velocidades de hasta 2.5 metros por segundo.

Se forma a partir de la corriente de Florida, que emana del golfo de México, y forma un chorro entre el continente, Cuba y las Bahamas que acelera su velocidad a lo largo de la costa de Florida. En el borde occidental de la corriente a menudo se forman remolinos que se desprenden en dirección norte para formar anillos de centro cálido que entran en la contigua región de la transición del norte de la corriente del Golfo. Estos fenómenos oceanográficos, que pueden tener muchos kilómetros de diámetro, transportan fauna semitropical hasta las partes frías influenciadas por la corriente de Labrador.

La batimetría de la región incorpora dos zonas distintas. En la porción norte, pasando la amplia plataforma continental cerca de Virginia y Carolina del norte, el fondo marino de la región se inclina pronunciadamente hasta una planicie abisal profunda. En la parte sur, la plataforma de la región adyacente desemboca en una caída pronunciada, pero relativamente poco profunda (200-1,000 metros) hasta llegar a la inmensa meseta de Blake, área casi tres veces mayor que la de la plataforma adyacente. Al este de la meseta de Blake, el talud cae en forma también pronunciada hasta la planicie abisal, a una profundidad de aproximadamente 5,000 metros. Los sedimentos se componen de arcillas limosas. La temperatura de la superficie marina varía entre un promedio de 23°C en invierno y 27-30°C en verano.

5) *Región del Atlántico Carolino*: se caracteriza por una amplia plataforma continental somera, con una isobata a 20 metros que se extiende a 25 kilómetros de la costa y un quiebre de la plataforma a 60 metros de profundidad que se presenta mar adentro, a casi 100 kilómetros de la costa. La zona se alimenta de las descargas de agua dulce de varios ríos de la planicie costera a lo largo de las costas de Carolina del norte y del sur y Georgia, entre los que destacan el “Pee Dee”, que alimenta a la bahía de Winyah, y el “Cooper-Santee”, suministro parcial del puerto de Charleston, ambos en Carolina del sur, así como los ríos Savannah y Altamaha en Georgia. La costa de Florida se distingue porque posee solo un río de gran envergadura en esta región, el St. Johns. Durante todo el año se registran corrientes oceánicas moderadas que tienden a correr paralelas a la costa, en general hacia el norte en la parte septentrional de la región y hacia el sur en la porción meridional. Confinada a la zona mar adentro del quiebre de la plataforma, el flujo de la corriente del Golfo no afecta la estructura de las corrientes de esta región. En general, el agua de la plataforma carolina se caracteriza por salinidades superiores a 35 ups. Las variaciones en las mareas pueden ser significativas (de uno a tres metros), registrándose las

máximas amplitudes a lo largo de las costas de Carolina del sur y Georgia. La temperatura de la superficie del mar varía entre 15 y 22°C en invierno y registra un promedio de 28°C en verano. Geológicamente, casi toda la región costera se compone de rocas no resistentes, con poco relieve a lo largo del margen costero. Por toda la región se encuentran islas de barrera, pero sobre todo en los bancos exteriores de Carolina del norte y en cabo Cañaveral, en Florida. Los sedimentos son principalmente depósitos aluviales de arena y arena limosa.

6) *Región del Atlántico del sur de florida:* Las características fisiográficas e hidrológicas la hacen una zona única y biológicamente rica. El ancho de la plataforma continental varía enormemente en la región: de 150 kilómetros frente a la costa oeste de Florida, a solo cinco kilómetros frente a la costa este. En las inmediaciones del tramo arrecifal de Pourtales Terrace se registran declives en particular pronunciados. La bahía de Florida es un estuario de sustrato calcáreo somero que recibe agua dulce de los Everglades, en tanto que la bahía de Biscayne, en la costa este, recibe la escorrentía de los canales construidos. La corriente del Golfo se mueve a través de la región de oeste a este por los estrechos de Florida y gira hacia el norte para dirigirse al Atlántico.

La corriente del Lazo, los giros de escala media en los cayos y el canal de Hawk contribuyen a la compleja fisiografía de la región y favorecen la retención en sus aguas de larvas marinas y propágulos. Los huracanes con probabilidad de incidencia de entre 8 y 16 por ciento representan una fuerza importante en la dinámica ecológica de la región. Sus efectos incluyen la afluencia masiva de agua dulce, la resuspensión y la erosión del fondo oceánico, la extirpación de las comunidades de pasto marino y, también, la destrucción de la infraestructura humana.

b) Golfo de México

El Golfo de México es un mar de estilo mediterráneo ubicado en la esquina del sureste de Norteamérica. El Golfo limita al norte con los Estados Unidos (Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana, Texas), con cinco estados mexicanos al oeste (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán) y la isla de Cuba el sureste.

El Golfo mide aproximadamente 1,600 kilómetros de este a oeste, 900 kilómetros de norte a sur y tiene un área de superficie de 1.5 millones de kilómetros cuadrados. La costa marina de Cape Sable, Florida a la punta de la península de Yucatán se extiende en aproximadamente 5,700 kilómetros, con otros 380 kilómetros de costa en la punta noroeste de Cuba. Si se incluyen bahías y otras aguas tierra adentro, la costa total aumenta a poco más de 27,000 kilómetros en tan solo los Estados Unidos.

La cuenca del Golfo de México parece una gran fosa amplia y poco profunda. Aproximadamente el 38% del Golfo está compuesto por áreas poco profundas e

intermareales (< 20 m de profundidad). El área de la plataforma continental (< 180 m) y la pendiente continental (180 - 3,000 m) representan 22% y 20% respectivamente, y las áreas abisales, con más de 3,000 m de profundidad que constituyen el último 20% (Gore, 1992). El Sigsbee Deep, ubicada en el cuadrante del suroeste, es la región más profunda del Golfo de México. Su profundidad máxima es controversial y los informes de diferentes autores indican profundidades máximas que varían entre 3,750 m y 4,384 m. La profundidad media del agua del Golfo es aproximadamente de 1,615 m y la cuenca contiene un volumen de 2,434,000 kilómetros cúbicos de agua.

La cuenca del Golfo de México es una cuenca estructural ligeramente circular y simple con un diámetro aproximado de 1,500 km, rellena en su parte más profunda con 10 a 15 km de rocas sedimentarias que varían en edad del Triásico Superior al Holoceno (aproximadamente 230 m.a. al presente). Se sabe poco sobre la historia geológica de la Cuenca del Golfo de México antes del periodo del Triásico Superior. Debido a que las rocas pre-Triásicas se conocen solo por algunas áreas de afloramientos y pozos separados, gran parte de la historia geológica de la cuenca durante la era Paleozoica debe ser inferida con el estudio de las áreas vecinas. Algunos autores han propuesto la presencia de la cuenca en el área durante la mayor parte de la era Paleozoica; sin embargo, la mayoría de la evidencia parece indicar que las rocas Paleozoicas no están por debajo de la mayor parte de la cuenca del Golfo de México y que esa área era, al final de la era Paleozoica, parte del gran supercontinente de Pangea, resultado de la colisión de varias placas continentales.

La cuenca actual del Golfo de México, en todo caso, se cree que tuvo su origen en el Triásico Superior como resultado de su distanciamiento de la Placa Norteamericana al momento en que empezó a fisurarse y distanciarse de las placas Africana y Sudamericana. El distanciamiento probablemente continuó a lo largo de la era Jurásica Inferior y Media con la formación de una corteza continental "estrecha" o "transicional" a lo largo de la parte central de la cuenca. Un avance intermitente del mar hacia el área continental desde el oeste durante la era Jurásica Media tuvo como resultado la formación de los depósitos extensos de sal conocidos hoy en día en la cuenca del Golfo de México. Parece ser que el episodio principal de distanciamiento, durante el cual el bloque de Yucatán se movió hacia el sur y se separó de la Placa Norteamericana formando la corteza oceánica real en la parte central de la cuenca, sucedió durante el Jurásico Superior temprano, después de la formación de los depósitos de sal (Chavez-Salcedo, 1975).

Hoy en día, el Golfo de México es una pequeña cuenca oceánica rodeada por masas de tierra continental. Debido a su estructura física, el Golfo y el Mar Caribe a veces se combinan y son llamados el "Mediterráneo Americano". Antoine (1972) reconoce siete provincias fisiográficas distintas. El esquema propuesto por Antoine se presenta aquí, con información adicional derivada de otras fuentes (ver figura 5).

1) *La Cuenca del Golfo de México*: Esta parte del Golfo de México contiene el “Sigsbee Deep” y puede dividirse en la elevación continental, la Planicie Abisal de “Sigsbee” y el Cono de Mississippi. Ubicada entre el escarpe de “Sigsbee” y la Planicie Abisal de “Sigsbee”, la elevación continental está compuesta de sedimentos transportados al área desde el norte. La Planicie Abisal de “Sigsbee” es una porción plana y profunda del fondo del Golfo ubicada al noroeste del Talud de Campeche. En esta área relativamente uniforme del fondo del Golfo, los Montículos de “Sigsbee” y otros domos diapíricos (sal) pequeños representan la única característica topográfica principal. El Cono de Mississippi está compuesto de sedimento suave y se extiende al sureste desde la Depresión de Mississippi, y eventualmente emerge con otros sedimentos de la cuenca central. El cono está rodeado por el Cañón DeSoto al este y la Depresión de Mississippi al oeste.

2) *El noreste del Golfo de México*: Esta región del fondo del Golfo se caracteriza por sedimentos suaves y se extiende desde justo el este del Delta de Mississippi, cerca de Biloxi, al lado este de la Bahía Apalache. Al oeste del Cañón DeSoto los sedimentos terrígenos (derivados de la tierra) son gruesos y llenan los remanentes de la cuenca del Golfo. En la parte este de la región, los sedimentos derivados del Mississippi cubren la orilla occidental de la Plataforma de Carbonato de Florida y así inicia una transición hacia los sedimentos de carbonatos. El Escarpe de Florida separa a la Plataforma de Florida de la Cuenca del Golfo y también forma el lado del sureste del Cañón DeSoto. En una región que se caracteriza por la deposición de sedimentos, la presencia del Cañón DeSoto es difícil de entender. Algunas teorías sugieren que el cañón es el resultado de la erosión causada por corrientes oceánicas, posiblemente la Corriente tipo Loop (Nowlin, 1971).

3) *La Plataforma y Pendiente Continental del sur de Florida*: Como una parte sumergida de la parte mayor de la Península de Florida, esta región del Golfo de México se extiende a lo largo de la costa desde la Bahía Apalache hasta el Estrecho de Florida e incluye Florida Keys y Dry Tortugas. Una progresión generalizada hacia los sedimentos de carbonato ocurre desde el norte hacia el sur y termina en los sedimentos de carbonato de la Cuenca de Florida. La evidencia sugiere que la cuenca en algún momento estuvo rodeada por el sistema de arrecife en barrera. En los Estrechos de Florida el Montículo de Jordán parece estar compuesto de remanentes de dicho sistema. La evidencia sugiere que este arrecife pudo haberse extendido alguna vez a lo largo de los estrechos, juntando los arrecifes de Florida con aquéllos del norte de Cuba.

4) *El Talud de Campeche*: Es un talud extenso de carbonato ubicado al norte de la Península de Yucatán . El talud se extiende desde los Estrechos de Yucatán hacia el este de la Cuenca de Tabasco y Campeche en el oeste e incluye el Arrecife Alacrán. Esta región muestra muchas similitudes con la plataforma sur de Florida y la evidencia sugiere que los dos sistemas del antiguo arrecife pueden ser continuos. Las teorías establecen que los procesos de erosión y distanciamiento continental tienen un papel importante en la

separación de dos plataformas de carbonato geológicamente similares.

5) *La Bahía de Campeche*: es un bahía del istmo que se extiende desde la orilla occidental del Talud de Campeche hacía las regiones costeras al este de Veracruz (aproximadamente 96 ° O). La Sierra Madre Oriental forma un borde al sur - suroeste, y la planicie costera relacionada es similar a la costa de Texas y Louisiana en el norte del Golfo. La topografía del fondo se caracteriza por cadenas largas paralelas al exterior de la cuenca. Los domos de sal son frecuentes en la región y se piensa que la migración de la sal hacia arriba es una causa de los perfiles complejos del fondo. Similar al Golfo del norte, las grandes cantidades de petróleo se producen aquí y predominan los gruesos sedimentos de terrígeno.

6) *La Plataforma y Pendiente Continental del este de México*: ubicada entre Veracruz al sur y el Río Grande al norte, esta provincial geológica abarca toda la orilla del este de México. El fondo del Golfo en esta región se caracteriza por pliegues que cubren los sedimentos y que son paralelos a la orilla. Debido a que aparentemente son creados por evaporitas cubiertas de sedimento, la evidencia sugiere que los pliegues han impedido el transporte del sedimento desde la costa mexicana hasta la Cuenca del Golfo. Así como la cobertura del sedimento aumenta del sur al norte, así también lo hace la relativa complejidad de la estructura del fondo.

7) *El Golfo de México norte*: se extiende desde Alabama hasta la frontera de México y Estados Unidos. De norte a sur, la provincia se extiende desde 200 millas tierra adentro de la orilla presente hasta el escarpe de Sigsbee. Los sedimentos en la región son generalmente gruesos con una carga mayor de sedimento suministrada por el Río Mississippi. Extensos depósitos de sal están presentes a lo largo de la región (Halbouty, 1967) y estas estructuras actúan para crear características topográficas de la superficie y emergentes en la pendiente continental tales como los Taludes Flower Garden de la costa de Texas y Louisiana y la región marina de la costa de Mississippi y Alabama.

En lo que se refiere a la circulación; el agua entra al Golfo a través del Estrecho de Yucatán, circula conforme a la Corriente tipo Loop y sale a través del Estrecho de Florida para eventualmente formar la Corriente del Golfo. Las porciones de la Corriente tipo Loop con frecuencia se rompen para formar "eddies" (del inglés, remolinos) o "giros" que afectan los patrones regionales de corriente. Otras pequeñas corrientes de mareas y dirigidas por el viento se crean en entornos cercanos a la costa.

La corriente mas sobresaliente es la que se establece en sentido de las manecillas del reloj a través del canal de Yucatán para salir por el estrecho de Florida, y se conoce como la corriente de Florida. Se han medido velocidades entre 50 y 200 cm/seg, obteniéndose el máximo de velocidad en el comienzo del verano; el centro de la corriente se establece en

una isobata de 100 brazas en la costa oeste del canal de Yucatán; la velocidad disminuye mas rápidamente en el oeste del canal que en el este; la anchura total de la corriente es entre 60 y 80 millas. La corriente superficial alcanza un mínimo en otoño, de octubre a noviembre. En la corriente de Florida se ha estimado un flujo de 25 millones de m³/seg.

La canalización hacia el Golfo de México es extensa e incluye 20 sistemas principales de ríos (>150 ríos) que cubren cerca de 3.8 millones de kilómetros cuadrados de los Estados Unidos continentales. El flujo anual de agua dulce hacia el Golfo es de alrededor de 10.6x10¹¹ m³ por año (280 trillones de galones). El 85% de este flujo viene de los Estados Unidos, con 64% originado únicamente por el Río Mississippi. Entradas adicionales de agua dulce se originan en México, en la Península, y Cuba (HARTE Research institute, 2013).

Mar Caribe

El Mar Caribe o Mar Centroamericano, es un mar marginal que tiene como limite un cinturón de islas en su parte norte, llamada cadena antillana, la cual esta dividida en dos partes: Las Antillas Menores y las Mayores. Las Antillas mayores forman el limite norte del caribe y son: Cuba, Hispaniola, Puerto Rico y Jamaica. Al este de Puerto Rico están las islas Vírgenes y la Anegada o “pasaje de Jungfern”, el cual separa las Antillas Mayores de las Menores. Estas están formadas por pequeñas islas, las cuales siguen un arco hacia el sureste, desde el pasaje Anegada dando vuelta hacia el sur, hasta la plataforma continental de América del Sur. Las islas mayores de esta cadena son: Guadalupe, Martinica, Sta. Lucia y Barbados.

El limite sur del Mar Caribe es la costa norte de los países sudamericanos de Venezuela y Colombia; el istmo de Panamá forma el resto del limite sur. La costa este de América central sigue un limite zigzagueante; Honduras forma un parte y Yucatán la segunda. El limite entre el Mar Caribe y el Golfo de México lo forma el canal o estrecho de Yucatán, con una extensión de 220 km² ; la profundidad mayor es de 7100 m en la trinchera Caimán.

Las cuencas mayores son: Granada (más de 3000 m), Venezuela (más de 5000 m), Colombia (más de 4000 m), Caimán (mas de 6000 m), y la de Yucatán (mas de 5000 m). Tienen un promedio de profundidad de 4 400 m. Las cordilleras mayores son: Aves, Beata, Jamaica y la Caimán (ver figura 5).

El Mar Caribe está situado en el paso de los vientos del norte; sin embargo, tiene vientos locales del este y noreste. La lluvia es abundante en los meses de verano cuando prevalece mas el clima tropical. Las lluvias se acentúan en la parte este del istmo centroamericano con 200 cm de lluvia. En el periodo semestral de junio a noviembre, se

forman algunos huracanes en el Caribe y otros entran al mar por las Antillas menores al finalizar el verano.

La circulación de agua en la mayoría de los pasajes entre el Caribe y el Atlántico son bajos y no permiten mucho intercambio entre las dos grandes masas de agua. Sin embargo, algunos tienen profundidades de 1000 m y son los más importantes en la circulación. Las temperaturas frías en el fondo de la cuenca de sotavento pueden corresponder a las temperaturas de la profundidad respectiva de la cuenca del lado de barlovento del pasaje. La salida mayor del Mar Caribe es por el estrecho de Yucatán, con una profundidad mayor de 2000 m.

El flujo general en el Mar Caribe es del este al oeste en la capa de 1500 m de profundidad y casi sin ninguna variación, en las capas de poco más de 1500 m; esta masa de agua permanece aislada del océano circulante. La fuente de agua entrando al Mar Caribe es a favor del viento por la corriente de Guyana, la cual fluye hacia el noroeste a lo largo de la costa sudamericana antes de llegar a la cadena de las Antillas Menores. La mayor parte de esta corriente es forzada a pasar por los pasajes norte y sur de la isla Sta. Lucia.

El eje de la corriente fluye por la cuenca de Granada y la cordillera Aves, continua hacia el este a través de la brecha de Aruba y la cuenca de Colombia, gira hacia el norte en la sección este de la cuenca, cruza la cordillera de Jamaica y fluye a lo largo de la cuenca Caimán en la longitud 85°-86° O, para salir por el estrecho de Yucatán. Hay contracorrientes (hacia el este) a lo largo del segmento costero de América del Sur, Cuba y Haití. En las regiones occidentales de la cuenca de Colombia y en las cuencas Caimán-Yucatán hay contracorrientes localizadas a medio mar.

La salinidad del Mar Caribe esta estudiada en cuatro capas de agua, superficiales y subtropicales submarinas (50-250 m y 400-600 m). Según la salinidad del Mar Caribe, las aguas se pueden separar en cuatro capas: aguas superficiales, agua subtropical, agua subantártica intermedia y agua profunda del Atlántico norte, 50-200 m, 400-600 m, 700-850m m, y 1800-2500 m, respectivamente; las dos ultimas son capas frías. Las aguas intermedias entre capa y capa, están formadas por mezcla de las dos capas contiguas hechas por turbulencia de las masas de agua.

Los valores de salinidad son mas altos a lo largo de la costa de América del Sur (mas de 36⁰/₁₀₀) debido, en gran parte, a los afloramientos que llevan agua subtropical hacia la superficie. La salinidad decrece a menos de 35.5⁰/₁₀₀ en el norte y en la parte media norte del mar. En las cuencas Caimán-Yucatán la salinidad es alta como al sur de Cuba de mas de 36⁰/₁₀₀ y disminuye hacia el suroeste a menos de 33.5⁰/₁₀₀ hacia la costa de Honduras. En el verano la alta precipitación pluvial baja la salinidad cerca de 0.5⁰/₁₀₀ en la parte sur y 1⁰/₁₀₀ en la parte norte.

La salinidad del agua subtropical es mayor de $37^{0}/_{00}$ en el este de la cuenca de Venezuela y decrece a $36.7^{0}/_{00}$ en el estrecho de Yucatán. La masa de agua subantártica se origina en el polo sur, con salinidad de $34.7^{0}/_{00}$. La masa de agua norte atlántica profunda entra a la cuenca del mar caribe por “cascada” a través de los muchos pasajes de las Antillas; tiene un valor menor de $35^{0}/_{00}$.

Por su temperatura el Mar Caribe es de carácter tropical; las aguas superficiales son calientes y presentan una bien desarrollada termoclina a 100-200 m. Debajo de 1500 m, las aguas tienen 4°C y varían poco en temperatura de cuenca a cuenca. En la parte ultima del verano la temperatura superficial es de 28.3°C en el sur y 28.9°C en el norte. La sección oeste del Mar Caribe tiene su mayor temperatura en agosto, mientras que en el este es en septiembre. En invierno la temperatura es cerca de 3°C menor.

La distribución del oxígeno en columna vertical de agua muestra una variación en su contenido de oxígenos disuelto de 4.2 ml/lit en la superficie y un mínimo a los 500 m de menos de 3 ml/lit. Debajo de los 500 m el valor aumenta a un máximo sobre 5.5 ml/lit y sobre 6 ml/lit cerca de los pasajes.

Los carbonatos forman la mayor parte de sedimentos recientes. Se encuentran como lodos color café, conteniendo gran porcentaje de fragmentos inorgánicos y orgánicos gruesos. Los organismos dominantes son los foraminíferos y los pterópodos. Los mecanismos deposicionales para muchos de los sedimentos son las corrientes turbias, que, además, son causa de la topografía plana de las cuencas abisales (Chávez-Salcedo, 1975).

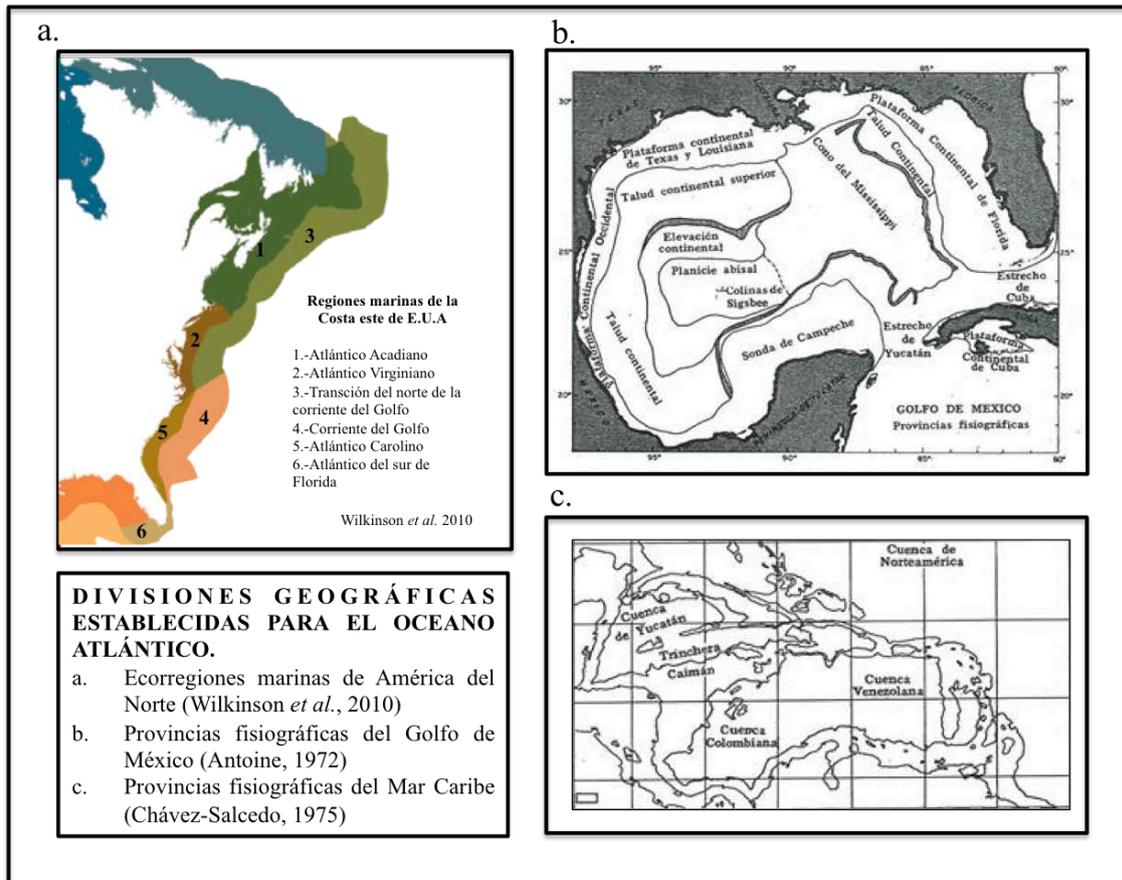


Figura 5.- Divisiones geográficas para la costa este de E.U.A, Golfo de México y Mar Caribe.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención de datos

La información sobre las especies de ofiuroides distribuidas en la región noroccidental del océano Atlántico se obtuvo de 5 fuentes diferentes:

- 1) Colección Nacional de Equinodermos “Dra. María `Elena Caso M.” ICML de la UNAM.
- 2) Base de datos del NMNH, Smithsonian Institution, Washington D.C., U.S.A.
- 3) Base de datos del portal OBIS (Ocean Biogeographic Information System) y GBIF (Global Biodiversity Information Facility).
- 4) Datos obtenidos del Libro “Echinoderm Research in Latin America”, así como de la bibliografía correspondiente al tema señalada en dicha obra.
Datos obtenidos del Libro “Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea (Benavides-Serrato *et al.* 2011).

De cada una de estas fuentes se obtuvo el nombre científico de las especies reportadas, ubicación de las mismas (coordinadas geográficas) y datos adicionales de las recolectas, como profundidad y parámetros físico-químicos. Lo anterior se realizó con la finalidad de elaborar una base de datos actualizada para la zona de estudio.

Se hizo una revisión cuidadosa de los listados sistemáticos obtenidos de cada fuente, con el fin de detectar sinonimias, actualizándolas con base en información publicada. De esta revisión se obtuvo un listado de especies y las localidades en que fueron encontradas. Esta lista se empleó posteriormente para el análisis biogeográfico.

Análisis biogeográfico

a) Regionalización biogeográfica

Para este análisis se emplearon las Ecorregiones Marinas correspondientes al Atlántico noroccidental establecidas por Spalding *et al.*, en 2007. Esta regionalización está basada en configuraciones taxonómicas, influenciada por patrones de dispersión y vicarianza, además, de ser una compilación de diferentes trabajos biogeográficos con diferentes criterios de determinación las divisiones biogeográficas. Esta compilación pretende tener una clasificación global que minimice las diferencias que existen entre cada una de las clasificaciones establecidas.

La clasificación de Spalding *et al.*, (2007) está comprendida en 2 Reinos, 3 provincias y 13 ecorregiones (ver figura 6).

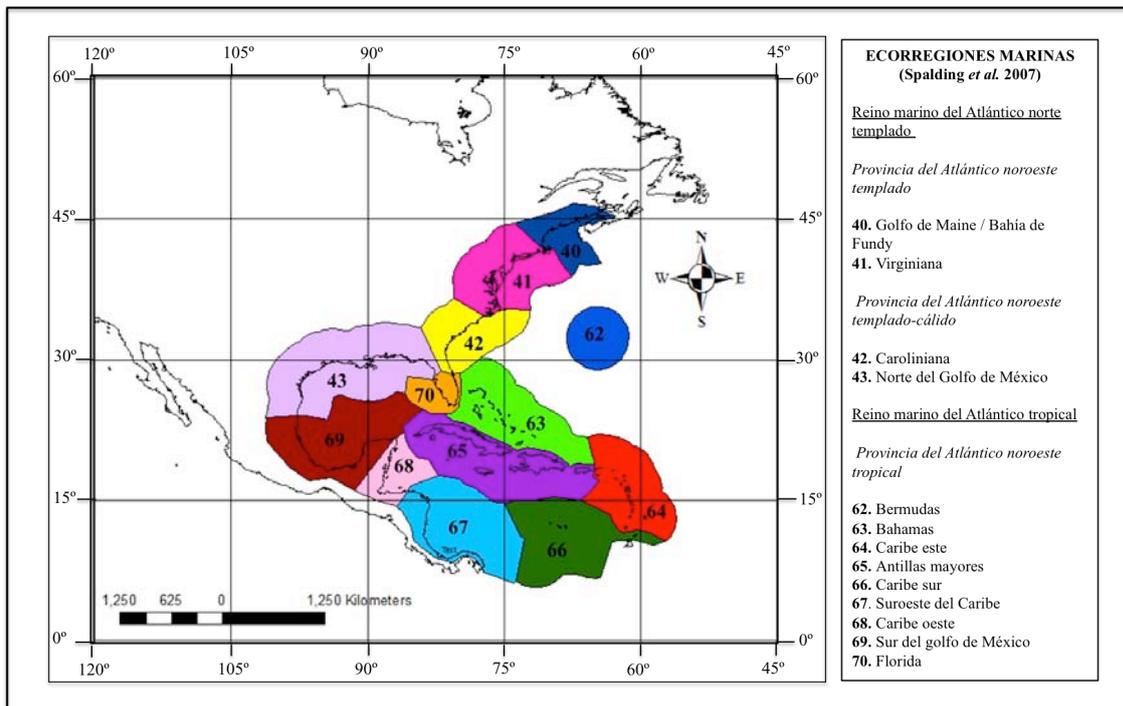


Figura 6.- Ecorregiones marinas del Atlántico noroccidental establecidas por Spalding *et al.* (2007).

b) Análisis de parsimonia de endemismos (PAE)

Se realizó un Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) el cual clasifica áreas con base a una analogía en la sistemática filogenética, de acuerdo con sus taxones compartidos (sinapomorfías), al considerarlos como caracteres, mediante la solución más simple (criterio de simplicidad y parsimonia) (Crisci *et al.*, 2000). Este método da como resultado un cladograma de áreas, basado en los taxones que habitan las mismas (Rosen, 1988) para establecer relaciones entre diferentes unidades biogeográficas (Escalante y Morrone, 2003). Las unidades geográficas que se han utilizado en el PAE son las localidades, cuadrículas con diferente resolución espacial y áreas de endemismo (Crisci *et al.*, 2000), estas últimas representadas generalmente por regiones o provincias biogeográficas (Contreras-Medina, 2006). Para este estudio se emplearon las ecorregiones marinas propuestas por Spalding *et al.* (2007).

Se generó una matriz de datos de presencia-ausencia de los taxones, en donde los renglones representan las ecorregiones que contengan al menos una localidad de una especie y las columnas representan las especies. Los taxones ausentes se codificaron con (0) y los presentes con uno (1). Posteriormente la matriz fue sometida a un análisis cladístico que se efectuó con la opción de búsqueda heurística con el método de búsqueda múltiple TBR+TBR (mult *max) en el programa Nona a través de Winclada. Los

cladogramas se enraizaron al área hipotética codificada con cero (0). La confiabilidad de los datos se determinó mediante los índices de consistencia (CI) y de retención (RI) dados por el programa. El CI mide el grado de homoplasía relativa de los caracteres individuales en un cladograma. El RI mide la cantidad de homoplasía observada en función de la homoplasía posible, en otras palabras, el índice de retención es una medida de la proporción de las similitudes en un cladograma (Morrone y Escalante, 2009). Se obtuvieron 2 árboles igualmente parsimoniosos por lo que se llegó a un consenso estricto.

RESULTADOS

Riqueza específica

En el área de estudio se registraron 263 especies de Ofiuroideos incluidas en 97 géneros, 16 familias, 2 ordenes (ver tabla 1).

Tabla 1. Número de especies y géneros de familias de la clase Ophiuroidea

Orden	Familias	Géneros	Especies
	Gorgonocephalidae	10	12
Euryalida	Euryalidae	2	10
	Asteronychidae	2	2
	Amphiuridae	10	42
	Ophiacanthidae	13	40
	Ophiuridae	17	37
	Ophiolepididae	8	30
	Ophiodermatidae	7	21
Ophiurida	Ophiomyxidae	10	16
	Ophiothricidae	1	12
	Ophiocomidae	3	11
	Ophiactidae	3	10
	Hemieuryalidae	5	6
	Ophiomycetidae	3	5
	Ophionereididae	1	5
	Ophiochitonidae	2	3
Total:	16	97	262

La familia Amphiuroidae es la mejor representada, con 42 especies, conformando el 15.97% de las especies registradas. La familia Ophiacanthidae esta representada por 40 especies (15.59%) seguida de la familia Ophiuridae y la familia Ophiolepididae con 37 especies (14.07) y 30 (11.79%) especies respectivamente. La familia Ophiodermatidae esta representada por 21 especies (7.98%), mientras que la familia Ophiomyxidae se encuentra representada por 16 especies (5.7%). Las familias Ophiotrichidae y Gorgonocephalidae están representadas con 12 especies cada una (4.55 %) seguida de la familia Ophiocomidae representada por 11 especies (4.17 %). Las familias Ophiactidae y Euryalidae están representadas por 10 especies cada una (3.79 %), y la familia Hemieuryalidae con 6 especies (2.27 %). Las familias Ophionereididae y Ophiomycetidae se encuentran representadas con 5 especies cada una (1.89 %), mientras que la familia Ophiochitonidae con 3 especies (1.14%) y la familia Asteronychiidae con 2 especies (0.76%) (ver figura 7).

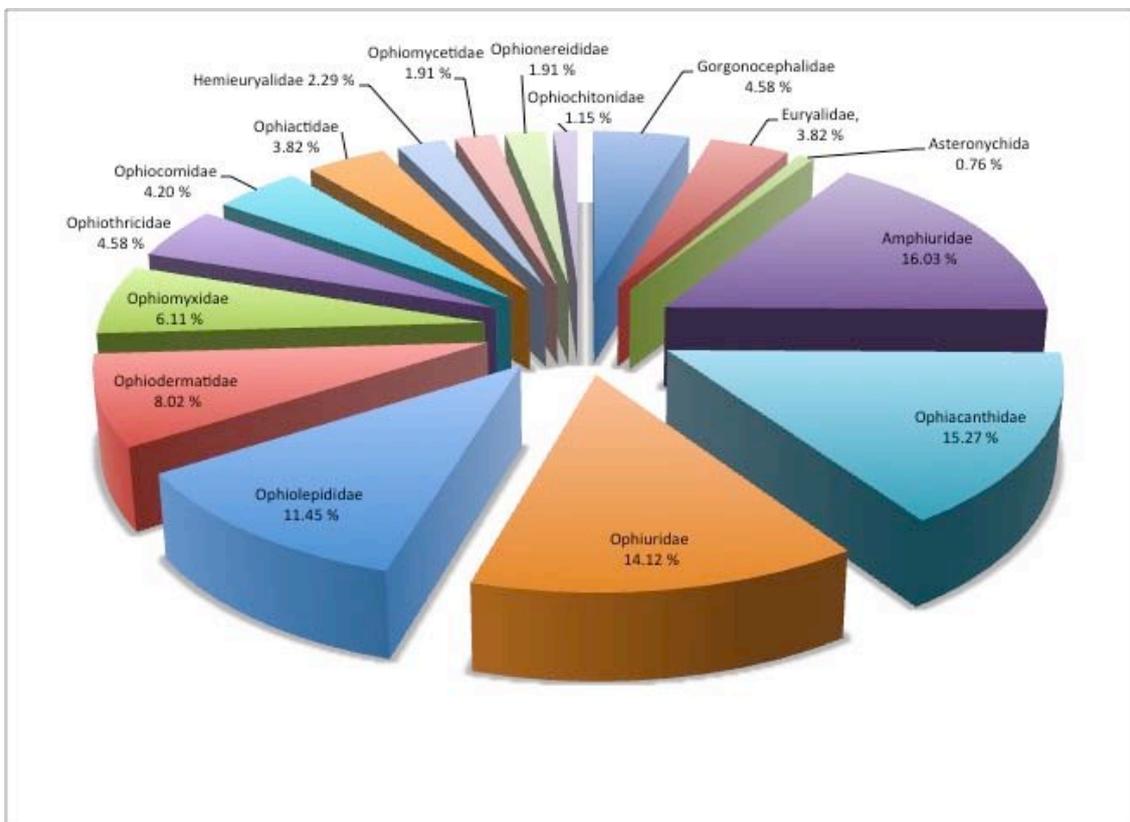


Figura 7- Porcentaje de familias de la clase Ophiuroidea registradas en el Atlántico noroccidental.

Distribución

De acuerdo a la regionalización establecida por Spalding *et al.* (2007) para el área de estudio, se encontró a la ecorregión marina “Antillas Mayores” como la de mayor riqueza con 148 especies representado el 56.49% del total de las especies. En la ecorregión “Caribe este” se registraron 127 especies que representan el 48.47%, seguida de las ecorregiones “Sur del Golfo de México” con 98 especies, representando el 37.08% y “Suroeste del Caribe” con 97 especies, representando el 37.02%. En la ecorregión “Florida” se registraron 91 especies que representan el 34.73%, mientras que en la ecorregión “Caribe oeste” se registraron 82 especies que representan el 31.30%. En las ecorregiones “Norte del Golfo de México” y “Caribe sur” se registraron 66 especies que representan el 25.19%. En la ecorregión “Caroliniana” se registraron 67 especies, representando el 25.57%, mientras que en la ecorregión “Bahamas” se registraron 61 especies que representan el 23.28%. Finalmente, las ecorregiones menos diversas fueron “Virginiana” con 47 especies, “Golfo de Maine” con 40 especies y “Bermudas” con 18 especies que representan 17.94%, 15.27% y 6.87%, respectivamente (ver figura 8).

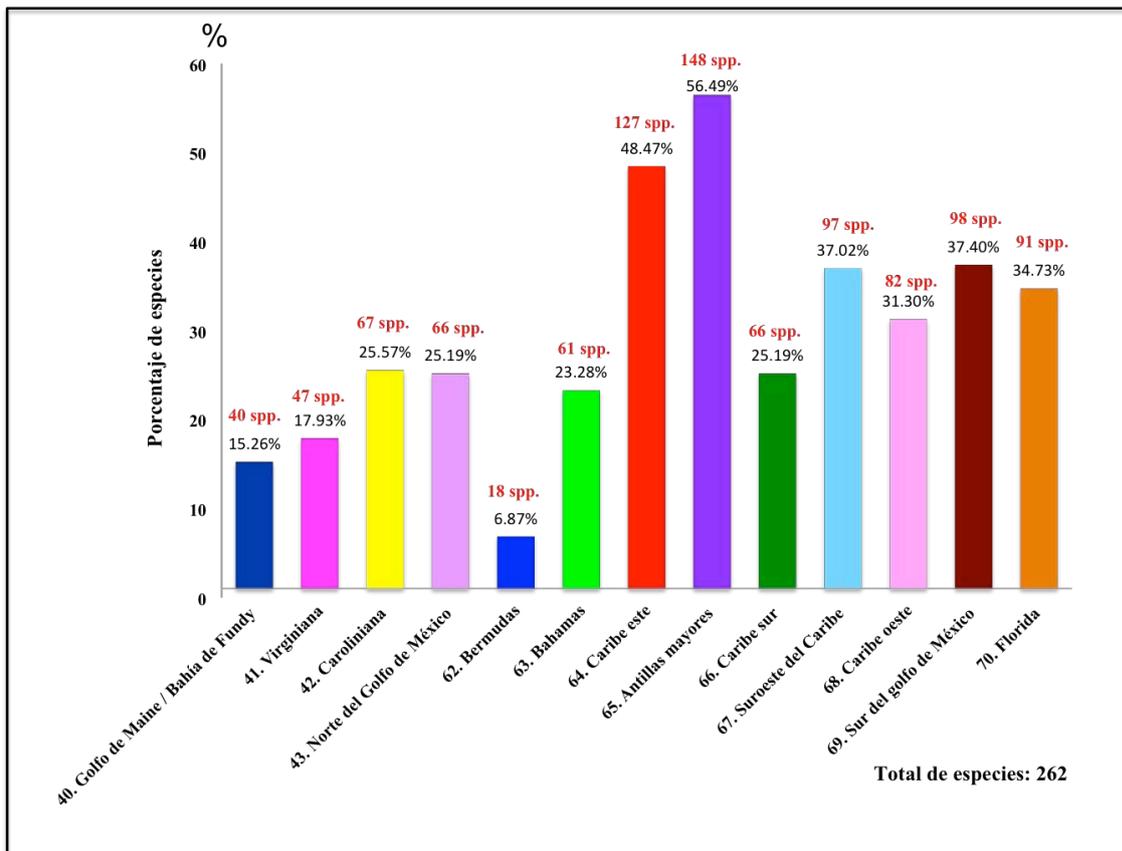


Figura 8.-Porcentaje de especies presentes por ecorregión marina

Las especies que se reconocieron como ampliamente distribuidas fueron: *Amphipholis squamata* y *Ophiothrix (Ophiothrix) angulata*, presentes en las 13 ecorregiones empleadas para el presente estudio, seguidas de *Ophiomyxa flaccida*, *Ophiothrix (Acanthophiothrix) suensoni*, *Ophiactis savignyi*, *Ophioderma appressa*, *Ophioderma brevispina* y *Ophionereis reticulata* presentes en 12 ecorregiones, mientras que *Amphodia pulchella*, *Astrophyton muricatum*, *Ophiocoma echinata*, *Ophiocoma pumila*, *Ophioderma brevicauda* están presentes en 11 ecorregiones (ver tabla 2).

Tabla 2. Especies ampliamente distribuidas

Especies	N° de ecorregiones
<i>Amphipholis squamata</i>	13
<i>Ophiothrix (Ophiothrix) angulata</i>	13
<i>Ophiomyxa flaccida</i>	12
<i>Ophiothrix (Acanthophiothrix) suensoni</i>	12
<i>Ophiactis savignyi</i>	12
<i>Ophioderma appressa</i>	12
<i>Ophioderma brevispina</i>	12
<i>Ophionereis reticulata</i>	12
<i>Amphodia pulchella</i>	11
<i>Astrophyton muricatum</i>	11
<i>Ophiocoma echinata</i>	11
<i>Ophiocoma pumila</i>	11
<i>Ophioderma brevicauda</i>	11

Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE)

El análisis de parsimonia de endemismos dio como resultado dos árboles igualmente parsimoniosos, por lo que se llegó a un consenso estricto, dando como resultado un cladograma, con un longitud de 534 pasos, un índice de consistencia (CI) de 0.49 y un índice de retención (RI) de 0.47.

En el cladograma se observa que cada grupo de áreas se encuentra definido por la presencia de especies compartidas entre ellas. Este cladograma mostró la formación de 2 grupos bien definidos, mientras que la ecorregión “Bermudas” quedó fuera de estos grupos, ya que solo se registraron 18 especies (ver figura 9).

El grupo 1 comprende la ecorregiones “Golfo de Maine” y “Virginiana”. Está definido por la especies *Astrodia tenuispina*, *Ophiacantha abyssicola*, *Ophiocten affinis*, *Ophiocten gracilis* y *Ophiopleura inermis*, las cuales se encuentran presentes en ambas ecorregiones (ver figura 10).

El grupo 2 comprende el resto de las ecorregiones y está definido por las especies *Amphiodia planispina*, *Amphiodia trychna*, *Astrocyclus caecilia*, *Bathypectinura heros*, *Microphiopholis gracillima*, *Ophiocreas lumbricus*, *Ophiophragmus pulcher*, *Ophiophragmus septus*, *Ophiopsila riisei*, *Ophiostigma isocanthum*, *Ophiothrix lineata*, *Ophiura acerrvata* y *Ophiura falcifera*. Dentro del grupo 2 se encuentra un subgrupo que comprende la ecorregión “Caroliniana” y “Norte del Golfo de México”; ; sin embargo, este grupo no se considera como un área de endemismo independiente, ya que no hay sinapomorfías que lo definan (ver figura 10).

El subgrupo 2.1 comprende las ecorregiones “Bahamas”, “Caribe oeste”, “Caribe sur”, “Sur del Golfo de México”, “Florida”, “Suroeste del Caribe”, “Caribe este” y “Antillas Mayores” y está definido por las especies *Ophiacantha echinulata*, *Ophiomitra valida*, *Ophiomusium acuferum*, *Ophiomusium validum*, *Ophiopaepale goesiana*, *Ophioplinthaca dipsacos* y *Ophiotreta sertata*. Este subgrupo presenta un patrón de anidamiento que se describe a continuación (ver figura 10)..

El subgrupo grupo 2.2 comprende las ecorregiones “Caribe oeste”, Caribe sur , “Sur del Golfo de México”, “Florida”, “Suroeste del Caribe”, “Caribe este” y “Antillas Mayores” y está definido por las especies *Amphilimna olivácea*, *Ophioderma phoenium*, *Ophionereis olivácea* y *Ophiopsila hartmeyeri* (ver figura 10).

El subgrupo 2.3 comprende las ecorregiones “Caribe sur”, “Sur del Golfo de México”, “Florida”, “Suroeste del Caribe”, “Caribe este” y “Antillas Mayores” y está definido por las especies *Amphiura rathbuni*, *Astrocnida isidis*, *Hemipholis elongata*,

Ophiacantha mesembria, *Ophiopristis hirsuta*, *Ophiopsila fulva*, *Ophiotoma gracilis* y *Ophiura tenera* . Dentro del grupo 2.3 se encuentra un subgrupo que comprende las ecorregiones “Sur del Golfo de México” y Florida; sin embargo, este grupo no se considera como un área de endemismo independiente, ya que no hay sinapomorfías que lo definan (ver figura 10).

El subgrupo 2.3.1 comprende las ecorregiones “Suroeste del Caribe,” “Caribe este” y “Antillas Mayores” el cual está definido por las especies *Amphipholizona delicata* y *Ophiothyreus geosi*. Dentro de este grupo se observa la formación del grupo 2.2.3.2.1. (ver figura 10).

El subgrupo 2.3.1.1 comprende las ecorregiones “Caribe este” y “Antillas Mayores” y está definido por las especies *Amphiura (Amphiura) grandisquama*, *Amphiura diducta*, *Ophiacantha aspera*, *Ophiobyrsella serpens*, *Ophiochondrus crassispinus*, *Ophiocreas spinulosus*, *Ophiogeron granulatus*, *Ophiomitra exigua*, *Ophiomusium sculptum*, *Ophioprium permixta* , *Ophiopsila maculata*, *Ophiothrix hartfordi* y *Ophiuroconis miliaria* (ver figura 10).

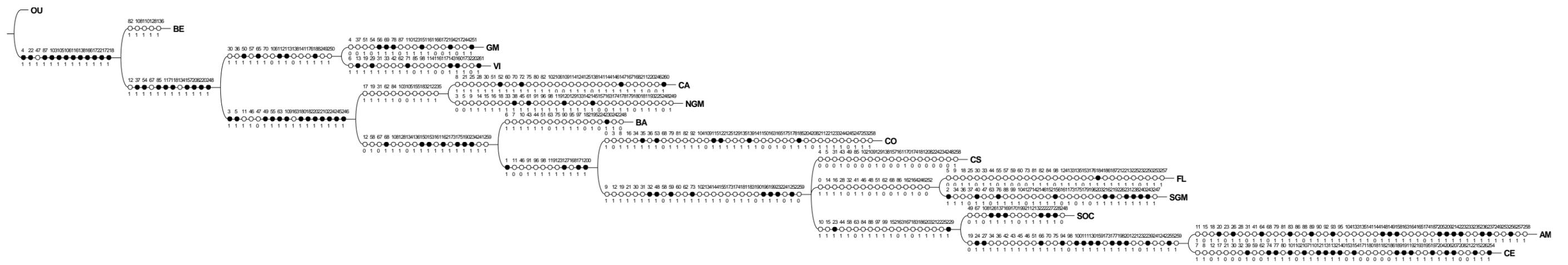


Figura 9.- Cladograma obtenido a partir del PAE

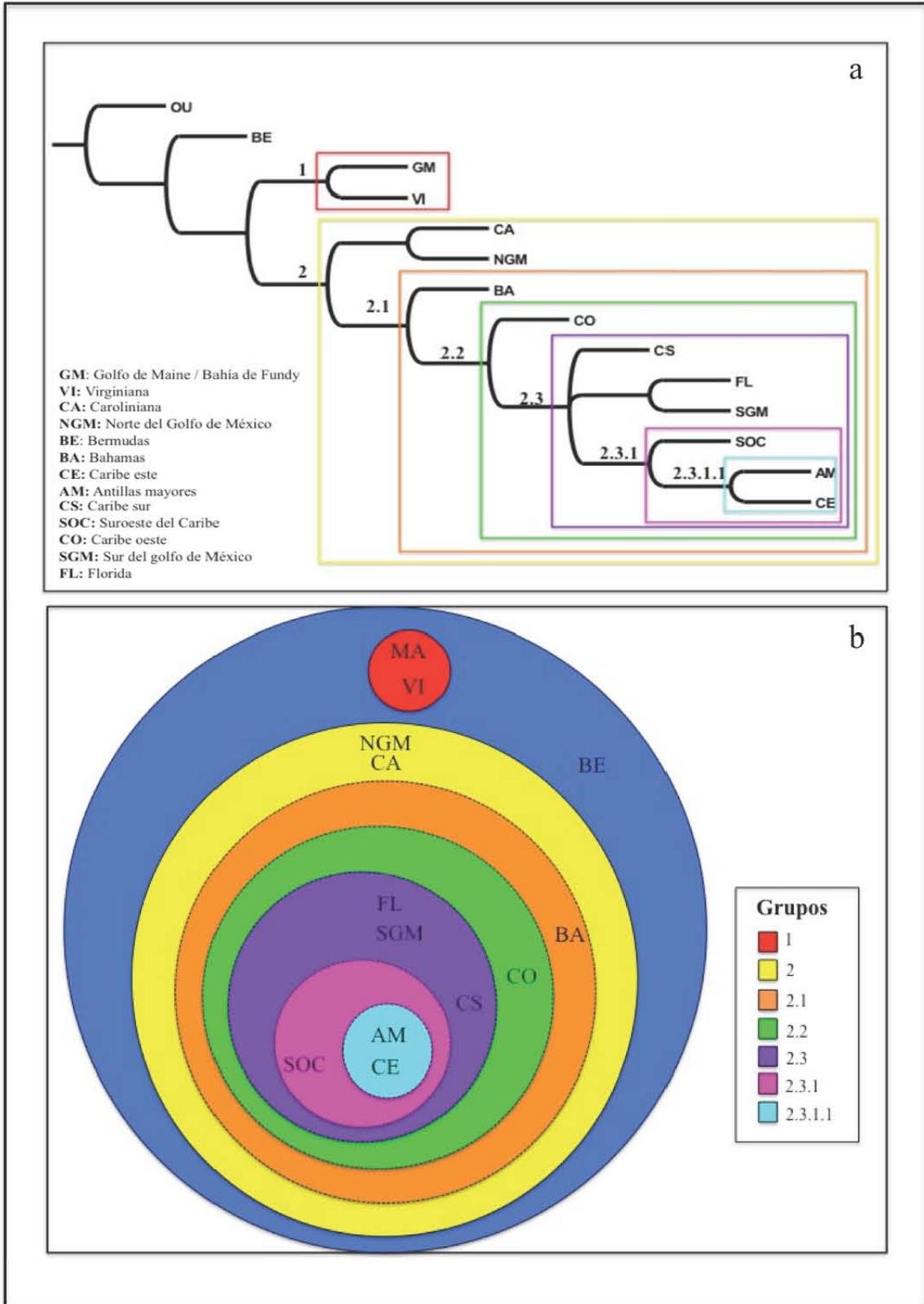


Figura 10.- Grupos formados en el cladograma e lustración del patrón de anidamiento.

Con lo que respecta a la exclusividad de especies, se observó que la ecorregión con el mayor número de especies exclusivas es “Caribe este” con 18 especies (*Asteroschema arenosum*, *Ophiacantha metallacta*, *Ophiacantha scutata*, *Ophiochytra tenuis*, *Ophiocomella caribbae*, *Ophioderma elaps*, *Ophiohelus umbela*, *Ophioholcus sexradiata*, *Ophioleuce depressum*, *Ophiomusium alecto*, *Ophioplinthaca chelys*, *Ophioplinthaca incisa*, *Ophioplinthus abyssorum*, *Ophioprium cervicornis*, *Ophioscolex glacialis*, *Ophioscolex tropicus*, *Ophiotholia mitrephora* y *Ophiuroconis miliaria*).

La ecorregión “Antillas Mayores” registró 16 especies exclusivas (*Amphipholis goesi*, *Amphiura bihamula*, *Microphiopolis subtilis*, *Ophiactis loricata*, *Ophiarachnella angulata*, *Ophiobrachion uncinatus*, *Ophiomitra ornata*, *Ophiomitra robusta*, *Ophiomusium regulare*, *Ophioscolex disacanthus*, *Ophiosphalma monoplax*, *Ophiothamnus vicarius*, *Ophiothrix hartfordi*, *Ophiozonella antillarum*, *Ophiozonella clypeata* y *Quironia johnsoni*), mientras, que la ecorregión “Sur del Golfo de México” registró 10 especies exclusivas (*Amphiodia guillermosoberoni*, *Asteroschema brachiatum*, *Ophiacantha rosea*, *Ophiomusium lutkeni*, *Ophiotholia supplicans*, *Ophiothrix (Ophiothrix) aristulata*, *Ophiotoma coriácea*, *Ophiozonella granulifera*, *Ophiozonella molesta* y *Ophiura (Ophiura) scomba*).

La ecorregión “Golfo de Maine” registró 6 especies exclusivas (*Gorgonocephalus eucnemis*, *Ophiacantha enopla*, *Ophiacantha spectabilis*, *Ophiomitrella clavigera*, *Ophioplinthus tessellata* y *Ophiura saurura*) al igual que la ecorregiones “Virginiana” (*Amphioplus (Amphioplus) macilentus*, *Amphiura fragilis*, *Ophiacantha granulifera*, *Ophiolycus purpureus*, *Ophiomusium spinigerum* y *Stegophiura nodosa*), “Suroeste del Caribe” (*Ophioderma panamensis*, *Ophiolepis kieri*, *Ophionephthy limícola*, *Ophiothrix cimar*, *Ophiothrix stri* y *Ophiothrix synoecina*) y “Caribe oeste” (*Anthophiura ingolfi*, *Astrophium permira*, *Ophioderma anitae*, *Ophioderma ensifera*, *Ophiolepis pawsoni* y *Ophiophycis mirabilis*).

La ecorregion “Caroliniana” registró 4 especies exclusivas (*Astrogordius cacaoticus*, *Ophiacantha lineate*, *Ophiomisidium speciosum* y *Stegophiura macrarthra*.) al igual que la ecorregión “Norte del Golfo de México” (*Asteroporpa (Asteroporpa) lindneri*, *Histampica rugosa*, *Ophioderma devaneyi* y *Ophiomidas dubius*.); y las ecorregiones “Bahamas” y “Florida” registraron 1 especie exclusiva cada una (*Ophiotoma bartletti* y *Ophiophrixus quadrispinosus*, respectivamente). Finalmente, las ecorregiones “Bermudas” y “Caribe sur” no registraron ninguna especie exclusiva (ver tabla 3).

Tabla 3.- Número de especies exclusivas por ecorregión

Ecorregión	N° de especies exclusivas
64. Caribe este	18
65. Antillas Mayores	16
69. Sur del Golfo de México	10
40. Golfo de Maine/Bahia de Fundy	6
41. Virginiana	6
67. Suroeste del Caribe	6
68. Caribe oeste	6
42. Caroliniana	4
43. Norte del Golfo de México	4
63. Bahamas	1
70. Florida	1
62. Bermuda	0
66. Caribe sur	0

DISCUSIÓN

Se han realizado diferentes estudios taxonómicos acerca del conocimiento de la diversidad de la clase Ophiuroidea; sin embargo, ninguno de ellos ha concentrado esta información para mostrar un panorama general acerca del estado de la diversidad de estos organismos, y se han restringido al estudio de áreas pequeñas, predominantemente costeras, desatendiendo el conocimiento taxonómico de las áreas amplias y profundas.

En el presente estudio se realizó una recopilación de información taxonómica existente para el Atlántico Noroccidental, donde se reportan 262 especies de ofiuroideos. Hasta el momento se tienen estudios taxonómicos por separado para cada una de las regiones que componen el área de estudio, es decir, se tienen estudios aislados sobre la Costa este de Estados Unidos (Clark, 1918; Paterson, 1985; Stöhr y Segonzac, 2005), Golfo de México (Pomory, 2003; Durán-González *et al.*, 2005; Hernández-Herrejón *et al.*, 2008; Pomory, 2007; Laguarda-Figueras *et al.*, 2009) y Mar Caribe (Hendler *et al.*, 1995, Hendler y Pawson, 2000; Benavides-Serrato y Borrero-Pérez, 2003; Herrera-Moreno y Betancourt-Fernández, 2004; Abreu-Pérez *et al.*, 2005; Bolaños *et al.*, 2005; Del Valle-García *et al.*, 2005; Laguarda-Figueras *et al.*, 2005; Benavides-Serrato, 2006; Trujillo-Luna y González-Vallejo, 2006; Alvarado *et al.*, 2008, Benavides-Serrato *et al.*, 2011); a su vez estos son variables de acuerdo a la zona de interés de cada investigador. En este estudio se reportan 103 para la Costa este de EUA, 123 para el Golfo de México y 222 especies para el Mar Caribe, siendo esta última área la de mayor riqueza específica.

Es evidente que conforme han pasado los años, los estudios taxonómicos han aumentado y por ende el conocimiento de nuevas especies; ; sin embargo, no ha sido equitativo el trabajo para el conocimiento global de la riqueza de especies de ofiuroideos. Stöhr *et al.* (2012) mencionan que el área mejor estudiada ha sido el Atlántico norte en comparación con el resto del mundo; ;sin embargo, dentro de esta gran área, se observa que hay un mayor número de estudios en el Mar Caribe. Estos estudios se encuentran divididos en áreas más pequeñas como Florida, Cuba, Antillas Mayores, Caribe mexicano, Caribe Colombiano, Caribe Centroamericano y algunos estudios específicos sobre alguna de las Antillas Menores; y la información sobre la riqueza específica de ofiuros no está concentrada en un solo número. Esta misma situación ocurre con el Golfo de México, aunado a que los límites políticos son una problemática para unificar la información, ya que las recolectas pueden estar restringidas a estos límites y por tal motivo no se conoce un número concreto de especies para esta área, dejando incompleta la información sobre riqueza de especies para el Golfo de México. Con lo que respecta a la Costa Este de EUA, la mayor información sobre riqueza específica se encuentra contenida en los reportes de expediciones oceanográficas como la del “Challenger”, “Albatross” y “Blake”, además de una gran cantidad de estudios taxonómicos realizados para algunas familias de ofiuroideos y recientemente estudios taxonómicos y de diversidad dedicados a especies que habitan

ambientes extremófilos. A pesar de este panorama, aún no se tiene un conocimiento preciso del número de especies que habitan el Atlántico Noroccidental.

Stöhr *et al.* (2012) reporta 335 especies para el Atlántico oeste, en términos de diversidad no podemos comparar este dato con el presentado en este estudio, ya que la división geográfica que se presenta es más extensa; sin embargo., datosi refleja a esta área como una de las más diversas a nivel mundial y con un alto porcentaje de especies endémicas.

Por otro lado se observó a la familia Amphiuridae como la de mayor riqueza específica; esto coincide con los otros reportes para diversas áreas como Golfo de México (Hernández-Herrejón *et al.*, 2008), Caribe Centroamericano (Alvarado *et al.*, 2008), Caribe Colombiano (Benavides-Serrato *et al.*, 2011), Florida y Caribe (Hendler *et al.*, 1995) y Golfo y Caribe mexicano (Laguarda-Figueras *et al.*, 2009) áreas que se encuentran incluidas dentro del presente estudio.

Para la realización de este trabajo se hizo un análisis meticuloso de probables problemas taxonómicos. Algunas de las problemáticas que se encontraron fueron las especies “*confer*”, las cuales no fueron tomadas en cuenta para este estudio, ya que en muchas ocasiones podrían ser nuevas especies, es decir, especies que han estado confundidas con otras y no han sido descritas, por lo que es necesario realizar un trabajo taxonómico para cada una de ellas. Otra de las problemáticas encontradas fue la presencia de sinonimias; ; sin embargo, como lo señala Stöhr *et al.* (2012), es necesario que se sigan revisando las especies, ya que mucho del material descrito no ha sido revisado nuevamente y solo se han corregido sinonimias para algunas de las especies, siendo aún desconocido el estado taxonómico de muchas especies. Por otro lado se observaron especies que se caracterizaron por estar ampliamente distribuidas, algunas de ellas podrían considerarse complejos de especies, ya que su rango de distribución es muy extenso, además que se han reportado variedades de especies. Las especies que se detectaron con este problema son *Ophiothrix (ophiothrix) angulata*, *Amphipholis squamata* y *Ophiactis savignyi*, donde se han encontrado diferencias morfológicas importantes que reflejan que podría tratarse de especies diferentes. En el caso de *Ophiothrix (ophiothrix) angulata*, Stöhr *et al.* (2012) reportan a las especies del género *Ophiothrix*, como especies muy similares y de difícil identificación, por lo que sugiere el uso de biología molecular para una identificación precisa de las especies. Para *Ophiactis savignyi* y *Amphipholis squamata* se han detectado morfotipos y diferencias genéticas que evidencian un proceso de especiación. (Roy y Sponer, 2002; Sponer y Roy, 2002).

En lo que respecta a la distribución de especies, en este estudio se observó a la ecorregión “Antillas Mayores” como la de mayor riqueza, con 149 especies, representando más de la mitad del total de las mismas. Esta ecorregión se encuentra localizada al este de

Yucatán, al sureste de la Florida y al oeste de las Antillas Menores; y está formada por las islas de Cuba (incluye a la Isla de la Juventud), Jamaica, La Hispaniola (incluye a República Dominicana y Haití) y Puerto Rico.

Dentro de algunos de los estudios realizados para esta ecorregión marina se encuentra el realizado por Abreu-Pérez *et al.* (2005), quienes reportan 55 especies de ofiuroides de profundidad para el archipiélago Cubano, mencionando que este grupo es el de mayor riqueza; por otro lado Del Valle-García *et al.* (2008), estudiaron a los equinodermos del oeste del Archipiélago de Sabana-Camagüey (perteneciente a Cuba) y reportan que tan solo para esta pequeña porción se encontraron 22 especies de ofiuroides, asumiendo que estos valores altos se deben a las asociaciones de estos organismos con la flora marina. Herrera-Moreno y Betancourt-Fernández (2004) reportaron 30 especies de ofiuroides para la isla La Hispaniola, mientras que para Puerto Rico, Benavides-Serrato (2006) reporta 44 especies de ofiuroides de aguas poco profundas y Williams *et al.* (2013) reportan 49 especies. En lo que respecta a Jamaica solo se han encontrado registros taxonómicos aislados, y han predominado estudios ecológicos, sobre todo reproductivos y algunos otros paleontológicos, dejando desatendida el área taxonómica. Dentro de algunos trabajos taxonómicos se encuentran el de Grave (1898) y Fontaine (1953), quienes reportan a los ofiuroides pertenecientes a este país; sin embargo, esta información no fue publicada. Estos resultados permiten observar que una gran cantidad de especies de ofiuroides habitan esta región, por lo que se considera un área de distribución importante para estos organismos, dada la diversidad de hábitats que permiten que este grupo de organismos se desarrollen.

De acuerdo a diversos estudios realizados en el Caribe, esta área es reconocida como una de las de mayor diversidad marina, ya que esta caracterizada por una variedad de ecosistemas como arrecifes de coral, manglares, pastos marinos, playas arenosas y costas rocosas, además se han observado altas asociaciones de flora y fauna, considerándose un “Hot spot” de la biodiversidad marina mundial. Miloslavich *et al.*, (2010) realizaron un estudio donde analizaron la distribución geográfica de esponjas, corales, poliquetos, moluscos, anfípodos y equinodermos en el Caribe; concluyendo que a pesar de la evidente problemática que existe acerca del desconocimiento de los patrones de distribución de las especies, la riqueza de especies costeras tiende a concentrarse a lo largo del arco de las Antillas (Cuba a las Antillas meridionales) y la costa Norte de América del Sur (Venezuela y Colombia), coincidiendo con lo encontrado en este estudio. Es importante señalar que una de las islas que contribuye de forma importante en la riqueza de especies de esta ecorregión es Cuba, ya que debido a su posición geográfica, esta área comparte un número significativo especies caribeñas tanto de la ecorregión “Florida” como del “Sur del Golfo de México”, mostrándose como área hermana de la ecorregión “Antillas Mayores” en el cladograma obtenido del PAE. Miloslavich *et al.*, (2010), reportan esta misma tendencia para equinodermos.

Por otro lado Werding *et al.*, (2008) analizaron los patrones de distribución de una familia de crustáceos en el gran Caribe, encontrando que la región con mayor riqueza es la región de las Antillas, coincidiendo una vez más con lo observado en el presente estudio. A su vez, Smith *et al.* (2002) realizaron un trabajo sobre la distribución de 987 especies de peces y 144 especies de invertebrados (moluscos y crustáceos) en todo el Gran Caribe (Caribe, Golfo de México, Florida, la Bahamas y Bermudas), donde encontraron que para los peces, la mayor riqueza de especies se encontró en el Sur de la Florida, el Norte de Cuba y a lo largo de la costa Norte de América del Sur; mientras que para los invertebrados, la riqueza fue mayor en estos mismos sitios y en las Antillas Menores. Un patrón similar es observado en los resultados presentados en el presente estudio, ya que las ecorregiones con mayor riqueza específica son “Antillas Mayores”, “Caribe este” (Antillas Menores), “Sur Oeste del Caribe” (Caribe colombiano) y “Florida”.

Este estudio nos permite suponer que el Caribe es la región de mayor riqueza específica y una de las más estudiadas, con lo que se respecta a ofiuroides; sin embargo, es necesario hacer un mayor esfuerzo de muestreo para obtener listados taxonómicos más completos, recolectas homogéneas en diferentes áreas y rangos batimétricos, para que se puedan corroborar estos patrones de distribución y conocer el estado real de la diversidad esta clase. Bowen *et al.* (2013) también caracterizaron al mar Caribe como un “Hot spot de diversidad, explicando que la gran diversidad de esta área se debe a un fenómeno que denominaron “Retroalimentación de la biodiversidad”, el cual explica que en la región de islas (Antillas) se produce la diversidad que es exportada a hábitat periféricos (ej. costa de Brasil) y a su vez nuevas especies de estos hábitat son exportadas a la región de islas, enriqueciendo la diversidad de esta región. A pesar de esto, es necesario mencionar que en los últimos 15 años se han realizado estudios taxonómicos de la clase Ophiuroidea en la región Ártica y Antártica del planeta; y se ha encontrado que ambas regiones también podrían considerarse “Hot Spots” de diversidad y endemismo, lo que deja abierta la posibilidad que el Caribe no sea la región más diversa del Océano Atlántico (Piepenburg y Schmid, 1996; Piepenburg, 2000; Martín-Ledo *et al.* 2013; Martín-Ledo y López-González, 2014).

Otro de los objetivos de este trabajo es el reconocimiento de los patrones de distribución de las especies de la clase Ophiuroidea pertenecientes al Atlántico Noroccidental. El método empleado en el presente estudio (PAE) permite, por sí solo, identificar patrones de endemismo sucesivamente anidado, por lo que también a partir del cladograma obtenido se puede interpretar un esquema jerárquico de regionalización, al distinguir en cada clado que presenta sinapomorfías geográficas, diferentes niveles de la jerarquía biogeográfica. Este sistema jerárquico se conoce como regionalización biogeográfica, la cual sirve para categorizar las áreas geográficas en términos de su biota (Escalante, 2009).

Dentro de las regionalizaciones marinas establecidas se encuentra la propuesta por Briggs (1974,1995), quien propuso una regionalización basada principalmente en patrones de distribución de peces y la influencia de las corrientes marinas; sin embargo menciona que también incluyó algunos grupos de invertebrados marinos como los equinodermos, moluscos y crustáceos. Por otro lado, se encuentra la regionalización marina propuesta por Spalding *et al.* (2007) la cual se empleó para desarrollar el presente estudio y esta basada en configuraciones taxonómicas, influenciada por evolución histórica, es decir por patrones de dispersión y vicarianza. Esta regionalización se logro establecer a partir de una compilación de aproximadamente 230 trabajos como el de Eckman (1953), Forbes (1856) , Hedgpeth (1957), Briggs (1974, 1995), Hayden *et al.* (1984), Bailey (1998) y Longhurst (1998), por mencionar algunos; donde cada uno de ellos empleó diferentes criterios para determinar las divisiones biogeográficas (patrones de distribución de crustáceos, perfiles de clorofilas, factores oceanográficos, batimetría, hidrografía , poblaciones bentónicas o pelágicas entre otros). A continuación se discute una comparación entre ambas regionalizaciones basada en los patrones de distribución de las especies.

Briggs y Bowen (2012) nombran la Región Oeste del Atlántico Boreal a las ecorregiones “Golfo de Maine” y “Virginiana”, que se encuentran clasificadas dentro de la Provincia de temperaturas frías del Noreste del Atlántico de acuerdo Spalding *et. al.* (2007). De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que estas dos ecorregiones se agrupan en el cladograma (Grupo 1) formando un área de endemismo para las especies de la Clase Ophiuroidea, que principalmente son especies asociadas a profundidad y temperaturas frías.

Esta región se caracteriza por poseer una plataforma continental estrecha y zonas costeras rocosas así como una batimetría compleja de bancos y cañones profundos. Se encuentra fuertemente influenciada por corrientes frías como la corriente del Labrador con temperaturas frías a templadas. También se observa la presencia de afluentes agua dulce por lo que existe un número importante de marismas, además de una cadena de islas de barrera cerca de la costa, restringiendo la circulación de agua. Características de la región permiten suponer que las especies de ofiuroideos prefieren alojarse principalmente en zonas más profundas y frías, encontrándose en agregados, como suelen hacerlo las especies que forman este grupo.

Otra región propuesta por Briggs y Bowen (2012) es la Provincia Caroliniana la cual corresponde a las ecorregiones “Caroliniana” y “Norte del Golfo de México”, las cuales se encuentran clasificadas dentro de la Provincia templada del Noroeste del Atlántico (Spalding *et. al.*, 2007). En los resultados obtenidos, se observó que estas dos ecorregiones se encuentran agrupadas, sin embargo no hay sinapomorfías que la definan como un área de endemismo independiente. Tomando en cuenta que el PAE mostró dos grandes áreas de endemismo, este pequeño grupo formado por estas dos ecorregiones se

considera perteneciente al área de endemismo formada por el Grupo 2 la cual se define con Región templada del Oeste del Atlántico (Briggs y Bowen, 2012).

Es importante mencionar que aunque este pequeño grupo no es considerado un área de endemismo (de forma independiente) tiene un valor ecológico importante. Briggs (1974) caracteriza este pequeño grupo como una zona templada-cálida conformada de dos partes estrechamente relacionadas pero separadas espacialmente que no presentan una distinción importante entre biotas. Trata de explicar esta “similitud entre biotas”, a pesar la existencia de una barrera geográfica que las separa, argumentando que la porción de la costa norte del Golfo de México posee mayor riqueza de especies que la porción Atlántica y postula que el Norte del Golfo de México probablemente ha funcionado como un centro de evolución y las especies se han dispersado hacia costa Atlántica, estando en comunicación a través de una ruta de dispersión durante el deshielo de la etapa glacial al final del Pleistoceno, donde se cubrieron grandes extensiones de tierras emergidas de Florida (Lugo-Hupb *et al.* 1992). Este argumentó una probable hipótesis de como se dispersaron las especies del norte del Golfo de México hacia la costa Atlántica; y por que es que existe una compartición de especies entre estas dos ecorregiones.

Por otro lado es importante mencionar que la porción Atlántica (ecorregión Caroliniana) de este pequeño grupo se encuentra fuertemente influenciada por la corriente del Golfo, siendo el principal medio de transporte de aguas y biota cálidas, hacia áreas fuera de su rango de distribución normal. Dada esta condición, muchas especies tropicales pueden ser encontradas en esta región, y esta podría ser una de las causas por las que estas ecorregiones presentaron afinidad a ecorregiones consideradas como “tropicales”, ya que se observaron al menos 13 especies compartidas. Por lo anterior este pequeño grupo se encontró agrupado a la provincia caribeña formando la Región templada de Oeste Atlántico, coincidiendo con lo que postulado por Briggs y Bowen en 2012.

Una tercera región propuesta por Briggs y Bowen (2012) es la Provincia Caribeña, la cual esta incluida en la Región Oeste del Atlántico, y corresponde a las ecorregiones “Bermuda”, “Bahamas”, “Este del Caribe”, “Antillas Mayores”, “Sur del Caribe”, “Suroeste del Caribe”, “Oeste del Caribe” “Sur del Golfo de México” y “Florida”. Estas ecorregiones corresponden a la Provincia Tropical del Noreste del Atlántico, de acuerdo con Spalding *et al.* (2007).

Con base a los resultados obtenidos, se observó que la ecorregion “Bermudas” quedó fuera de los grupos resultantes, en primera instancia podría deberse a falta de recoleta; ya que esta región solo presentó 18 registros, además, que el área ha sido poco estudiada. Eckman (1953) y Briggs (1974) señalan que la fauna de invertebrados pertenecientes a las “Bermudas” no parecen tener una distinción importante entre la fauna de invertebrados pertenecientes a las Antillas, haciendo énfasis en que encontraron las

mismas especies de cangrejos, estrellas de mar, ofiuras y erizos de mar en las dos áreas; por lo que integra a esta área dentro de la provincia Antillana. Este argumento permite suponer que la ecorregión “Bermudas” debió presentar afinidad a la ecorregión Antillas”; sin embargo, observamos que quedó fuera de los dos grupos resultantes del PAE, encontrándose en la base del cladograma, probablemente por la escasez de datos como se menciono anteriormente; aunado al bajo endemismo que presentó esta ecorregión. La formación de esta región data, aproximadamente, del Eoceno u Oligoceno (Wilson, 1963); lo que significa que no es un área tan joven. Su ubicación aislada y la fuerte influencia de la corriente del golfo, permite suponer que pudo ser a una área con alto endemismo y los resultados no lo reflejaron. A pesar de ser un área poco estudiada, en cuanto a peces es bien conocida; sin embargo, también ha sido bajo el endemismo observado (Collete 1962). Es necesario realizar un mayor esfuerzo de muestreo de especies de la clase Ophiuroidea y otros grupos de fauna marina para poder interpretar de forma más certera la relación de esta ecorregión con el resto.

Continuando con la descripción de esta gran área de endemismo, en el PAE se observó que las ecorregiones “Sur del Golfo de México” y “Florida” se separan del grupo principal y forman un subgrupo; sin embargo no se observan sinapomorfías que soporten este grupo, por lo que de forma independiente se considera área de endemismo; aunque comparten especies, éstas probablemente se dispersaron. A pesar de la separación de este pequeño grupo, es importante recordar que Briggs y Bowen (2012) agrupan a todas estas ecorregiones dentro de una gran provincia, la cual se considera una gran área de endemismo. La dispersión de estas especies puede estar dada por efecto de las corrientes presentes en esta área, como la corriente del Lazo, que es la fuente principal de entrada de agua oceánica al Golfo, que penetra por el canal de Yucatán y sale por el estrecho de Florida para convertirse en la corriente de Florida y posteriormente en la corriente del Golfo; esta corriente es el principal medio de transporte de nutrientes, agua y biota tropical (Wilkinson *et. al.*, 2010).

En conclusión, esta gran región formada por el grupo 2 en el PAE, se caracteriza por poseer un alto grado de endemismo, se encontró que las ecorregiones que más especies exclusivas presentaron son la “Caribe este” (18 especies), “Antillas Mayores” (16 especies) y “ Sur del Golfo de México” (10). Clark en 1919 hizo un análisis de la distribución de los equinodermos litorales de las Antillas; y de acuerdo a sus resultados, 18 de 116 especies pueden ser consideradas endémicas. Tiempo después Parslow y Clark (1963) realizaron un estudio sobre ofiuroideos de aguas poco profundas pertenecientes a las Antillas Menores, concluyendo que 13 de 51 especies son probablemente endémicas. Con lo que respecta a otros organismos, Boschi (2000) reporta alta endemividad de peces de arrecife y crustáceos decápodos en esta región, mientras que Verón (2000) afirma lo mismo para especies de coral, concordando con la alta endemividad observada en esta región. A pesar de esto, es necesario que se sigan identificando especies en las áreas colindantes a esta región, ya que

en los últimos años, especies consideradas como endémicas para las Antillas ya no lo son, encontrándolas en otras áreas del mar Caribe.

Un factor que contribuye a la alta endemidad de esta región, es la presencia de arrecifes de coral, los cuales son hábitats sumamente importantes en cuanto a diversidad biológica. Estos ecosistemas caribeños tienen la característica de estar presentes en aguas someras, claras, bajas en nutrientes, con luz solar en abundancia y alta temperatura, siendo considerados los más diversos ecosistemas marinos del Atlántico. Muchas de las especies reportadas como exclusivas para esta área, presentan afinidad a estos ecosistemas y sus patrones de distribución están restringidos a zonas poco profundas. A pesar de esto, es necesario que se continúe la exploración de hábitats más profundos del Caribe, ya que en los últimos años se han encontrado numerosas especies endémicas (peces de la familia Gobiidae) (Wilkinson *et al.* 2010).

Finalmente, se puede observar que a pesar de las diferencias en los criterios para establecer las regionalizaciones anteriormente mencionadas, hay una concordancia entre ambas; y a pesar del tiempo transcurrido entre una propuesta y la otra, las áreas de endemismo se siguen conservando. Si bien entre ambas propuestas transcurrieron 19 años, que en escala geológica no es significativa, sin embargo en escala ecológica si lo es. Este comportamiento en los patrones de distribución refuerza lo mencionado por Escalante (2009) quien menciona que las especies no están distribuidas al azar sobre la faz de la tierra, y sus distribuciones tienen límites más o menos reconocibles; además, en la gran mayoría de los casos, estos límites se repiten en varios taxones, incluso aquellos lejanamente relacionados filogenéticamente, como se pudo observar en la concordancia de estos 2 trabajos y los patrones de distribución de otros grupos como peces y crustáceos.

Es importante que los resultados presentados en este estudio sean contrastados con otro tipo de estudios biogeográficos históricos (biogeografía cladística), donde se incluyan otros grupos de equinodermos, para corroborar la permanencia y concordancia de estos patrones de distribución, con el propósito de conocer como han estado evolucionando los equinodermos con respecto a la evolución de la tierra.

CONCLUSIONES

- Se reportaron 262 especies para el Atlántico Noroccidental, siendo la familia Amphiuridae la mejor representada en el área de estudio.
- La ecorregión con mayor riqueza es “Antillas Mayores” con 148 especies.
- Las ecorregiones “Caribe este”, “Antillas Mayores” y “Sur del Golfo de México” poseen un número importante de especies exclusivas.
- Se detectó que *Ophiothrix (ophiothrix) angulata*, *Amphipholis squamata* y *Ophiactis savignyi* forman un posible complejo de especies.
- El PAE encontró que los patrones de distribución de la clase Ophiuroidea formaron 2 grupos bien definidos.
- El grupo 2 mostró un patrón de anidamiento por lo que se consideró una gran área de endemismo dentro del Atlántico Noroccidental.
- El PAE mostró que la ecorregión “Bermudas” no presentó afinidad geográfica con el resto de las ecorregiones, debido a la falta de datos.
- En este trabajo, la relación entre los patrones de distribución de la clase Ophiuroidea y las ecorregiones marinas propuestas por Spalding *et al.* (2007) concuerdan con la regionalización propuesta con Briggs y Bowen (2012)
- Se recomienda aumentar el esfuerzo de captura en aguas profundas para conocer de forma más certera los patrones de distribución de la clase Ophiuroidea.
- Es necesario hacer una revisión taxonómica de las especies de la clase Ophiuroidea que se reportaron en el pasado y no se han vuelto encontrar, con la finalidad de realizar un análisis biogeográfico más preciso.

LITERATURA CITADA

Abreú-Pérez, M., F.A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figueras. 2005. Catálogo de equinodermos (Echinodermata: Asteroidea y Ophiuroidea) nerítico-bentónicos del Archipiélago Cubano. *Rev. Biol. Trop.* Vol.53, núm, 3: 29-52pp.

Alvarado, J.J., F.A. Solís-Marín y C. Ahearn. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Centroamericano. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 56 (Suppl. 3): 37-55pp.

Alvarado, J.J. y F.A. Solís Marín. 2013. Echinoderm research and diversity in Latin America. Red iberoamericana de equinodermos. Springer-Berlag, Berlin, 658 pp.

Ameziane, N. y M. Roux. 1997. Biodiversity and historical biogeography of stalked crinoids (Echinodermata) in the deep sea. *Biodiversity and Conservation*. 6: 1557-1570.

Antoine, J.W. Structure of the Gulf of Mexico. 1972. en Rezak, R., y Henry, V., eds., Contributions on the geological and geophysical oceanography of the Gulf of Mexico: *Texas A&M Univ. Oceanog. Studies*, v. 3, . 1-34.

Atlantic Ocean. 2012. In *Encyclopedia Britannica*. Recuperado al 2 Octubre 2012 de <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/41191/Atlantic-Ocean>.

Bailey, R.G. 1998. Ecoregions: The Ecosystem Geography of the Oceans and Continents. New York: Springer.

Bejarano-Chavarro, S., S. Zea y J. M. Díaz. 2004. Esponjas y otros Microhábitats de Ofiuros (Ophiuroidea: Echinodermata) en ambientes arrecifales del Archipiélago de San Bernardo (Caribe Colombiano). *Bol. Invest. Mar. Cost.* 33: 29-47pp.

Benavides-Serrato, M., y G.H. Borrero-Pérez. 2003. Echinoderms of the continental shelf and upper slope of the Colombian Caribbean Sea: New records and zoogeographical considerations, 570. En Heinzeller, T.,y J.H. Nebelsick. 2004. Echinoderms, München, Taylor y Francis Group, London.

Benavides-Serrato, M. 2006. Taxonomic list of the shallow water echinoderms of Puerto Rico with new information for la parguera. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 334 p.

Benavides-Serrato, M., G.H Borrero-Pérez. y C.M. Díaz-Sánchez. 2011. Equinodermos del Caribe Colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Serie de publicaciones especiales de Invemar 22. Santa Marta, 384pp.

Bolaños, N., A. Bourg, J. Gómez y J.J. Alvarado. 2005. Diversidad y abundancia de equinodermos en la laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita, Caribe de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 53: 285-290.

Boschi, E.E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero.* 13, 7–64.

Bowen, B.W., L.A. Rocha, R.J. Toonen y S. A. Karl. 2013. The origins of tropical marine biodiversity. *Trends in ecology and evolution.* Volume 28 (6) p359–366.

Briggs, J.C. 1974. *Marine Zoogeography.* New York:McGraw-Hill.

Briggs, J.C. 1995. *Global Biogeography.* Amsterdam: Elsevier.

Briggs, J.C. y Bowen, B.W. 2012. A realignment of marine biogeographic provinces with particular reference to fish distributions. *Journal of Biogeography.* 39, 12–30.

Caballero-Ochoa, A.A. 2011. Zoogeografía de holothuroideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Pacífico mexicano. Tesis Maestría. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 76pp.

Caso, M.E. 1946. Contribución al conocimiento de los Equinodermos de México. I. Distribución y morfología de *Mellita quinquesperforata* (Leske), *M. lata* Clark y *M. longifissa* Michelin. *Anales del Instituto de Biología.* UNAM 17: 247-259 pp.

Caso, M.E. 1948. Contribución al conocimiento de los equinodermos de México. II. Algunas especies de equinoideos litorales. *Anales del Instituto de Biología.* UNAM 19: 183-231.

Caso, M.E. 1949. Contribución al conocimiento de los Equinodermos litorales de México. *Anales del Instituto de Biología.* UNAM 20: 341-355.

Caso, M.E. 1951. Contribución al conocimiento de los Ofiuroideos de México. I. Algunas especies de Ofiuroideos litorales. *Anales Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 22: 219–312.

Caso, M.E. 1953. Estado actual de los conocimientos de la fauna de equinodermos de México. Memorias del Congreso Científico Mexicano. Universidad Nacional Autónoma de México 3-16.

Chávez Salcedo, G. 1975. Elementos de Oceanografía. Ed. Continental. México D.F. 185-192 pp.

Clark, H.L. 1915. Catalogue of recent Ophiurans, based on the collections of the Museum of Comparative Zoology. *Mem. Mus. Comp. Zool.* 25(4): 165-376 pp.

Clark, H.L. 1918. Brittle-Stars, New and Old. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 62(6): 265-338.

Clark, H.L. 1919. Distribution of the littoral echinoderms of the west indies. *Papers Dept. Mar. Biol. Carnegie Inct.* 13(3):51-74.

Clark, A.H. 1921. Report on the ophiurans. University of Iowa Studies in Natural History. 9:29-63.

Clark, A.H. 1922. The ophiurans of the island of Curacao. 209-213.

Clark, A.H. 1942. The echinoderm fauna of Bermuda. *Bull. Mus. Comp. Zool.* 89: 367-391.

Contreras-Medina, R. 2006. Los métodos de análisis biogeográfico y la aplicación a la distribución de las gimnospérmicas en México. *Interciencia.* 31(3): 176-182pp.

Collete, B.B. 1962. *Hemiramphus bermudensis*, a new halfbeak from Bermuda with a survey of endemism in Bermudian shore fishes. *Bull. Marine. Sci. Gulf Carib.*, 12 (3):432-449.

Crisci J.V., L. Katinas y P. Posadas. 2000. Introducción a la teoría y Práctica de la biogeografía histórica. Sociedad Argentina de botánica. Buenos Aires. 169 pp.

Del Valle-García, R., F.A. Solís-Marín, M. Abreu-Pérez, A. Laguarda-Figueras y A. Durán-González. 2005. Catálogo de los equinodermos (Echinodermata: Crinoidea, Echinoidea, Holothuroidea) neríticobentónicos del archipiélago Cubano. *Rev. Biol. Trop.* 53: 9-28.

Del Valle-García, R., Abreu Pérez M., R. Rodríguez, F.A. Solís-Marín, A. Laguarda-Figueras y A. Durán González. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del occidente del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Rev. Biol. Trop.* 56: 19-35.

Durán-González, A., A. Laguarda-Figueras, F.A. Solís-Marín, B.E. Buitrón Sánchez, C.

Gust Ahearn y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 53 (Suppl. 3): 53-68pp.

Ekman, S. 1953. *Zoogeography of the Sea*. London: Sidgwick and Jackson.

Engel, H. 1939. Echinoderms from Aruba, Curacao, Bonaire and northern Venezuela. *Capita Zoologica* 8:1-11.

Escalante, T. y J.J. Morrone. 2003. ¿Para qué sirve el Análisis de Parsimonia de Endemismos?. En: Morrone, J.J. y J. Llorente (eds.), *Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. México D. F., pp. 167-172pp.

Escalante, T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80 (2), 551-560

Espinosa-Organista, D. y J. Llorente-Busquets. 1993. *Fundamentos de Biogeografías filogenéticas*. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 133pp.

Fell, H.B. 1960. Synoptips keys to the genera Ophiuroidea. *Zoology Publications*. Victoria University of Wellington, New Zealand. 26: 1-44.

Fontaine, A.R. 1953. The shallow water echinoderms of Jamaica, Part 2. The brittle-stars (Class Ophiuroidea). *Nat. Hist. Notes Jamaica*. 5: 197-206.

Forbes, E. 1856. Map of the distribution of marine life. Pages 99–102 and plate 131 in Johnston AK, ed. *The Physical Atlas of Natural Phenomena*. Edinburgh (Scotland): William Blackwood and Sons.

Ghiold, J. y A. Hoffman. 1986. Biogeography and biogeographic history of clypeasteroid echinoids. *Journal of Biogeography*. 13 (3): 186-206.

Grave, C. 1898. Notes on the ophiuroids collected in Jamaica during June and July 1897. *Johns Hopkins Univ. Circular*, Vol. 18: 7-8.

Hadel, V. F., A. M. Gouveira, A. S. Ferreira, C. Goncalves y L. R. Tommasi. 1997. 38. Echinodermata.: 261-271. In. A. E. Migotto and C. G. Tiago. (Eds.) *Biodiversidade do Estado de Sao Paulo, Brasil.: síntese do cohecimento ao final do século XX*, 3: invertebrados marinhos. 310pp.

Halbouty, M.T. 1967. *Salt domes, Petroleum, Geology, Gulf states*. Gulf pub. Co. Houston

Texas. 425p

HARTE Research institute Información sobre el golfo (n.f). Recuperado Mayo 16, 2013, de . <http://www.hri-espanol.org/gulf-info>.

Hayden, B.P, G.C. Ray y R. Dolan. 1984. Classification of coastal and marine environments. *Environmental Conservation* 11: 199–207.

Hedgpeth, J.W. 1957a. Marine biogeography. Geological Society of America. *Memoirs* 67: 359–382.

Hendler, G. 1995. New species of brittle stars from the wesern Atlantic, *Ophionereis vittata*, *Amphioplus sepultus*, and *Ophiostigma siva*, and the designation of a neotype for *Ophiostigma isocanthum* (Say) (Echinodermata: Ophiuroidea). *NHMLAC Contributions in Science* 458: 1–19.

Hendler, G., J.E. Miller, D.L. Pawson y P.M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins, anallies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. Washington, EUA. 390 pp.

Hendler, G. and D.L. Pawson. 2000. Echinoderms of the Rhomboidal Cays, Belize: biodiversity, distribution, and ecology. *Atoll Research Bulletin*. 479:275-299.

Hernández-Díaz, Y.Q. 2011. Zoogeografía de equinodermos (Echinodermata) de los bajos de Sisal y Arrecife Alacranes. Tesis Maestría. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 131 pp.

Hernández-Herrejón, L.A., A. Laguarda-Figueras y F.A. Solís Marín. 2008. Ofiuroideos (Echinodermata: Ophiuroidea) de las aguas mexicanas del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and conservation*, 56 (Supl.3).

Hernández-Herrejón, L.A. 2010. Filogenia del Género *Ophioderma* Muller y Troschel, 1840 (OPHIUROIDEA: ECHINODERMATA). Tesis de maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología . México, D.F. 204 pp.

Herrera-Moreno, A. y L. Betancourt. 2004. Especies de equinodermos recientes (Echinodermata: Crinoidea, Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea y Holothuroidea) conocidas para la Hispaniola. *Rev. Cien. Soc.* 29: 506-533.

Humphries, C. y L Parenti. 1986. Cladistic biogeography. Claredon Press, Oxford. 98 pp.

- Iturralde-Vinent, M.A. 2005. La Paleogeografía del Caribe y sus implicaciones para la biogeografía histórica. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 25-26: 49-78pp.
- Koehler, R. 1907. Revision de la collection des Ophiures du Museum d'Histoire Naturelle Paris. *Bulletin Sciences de la France et de la Belgique* 41: 279-351.
- Koehler, R. 1913. Ophiures. *Zoologische Jahrbücher*. Supplement 2.
- Koehler, R. 1914. Echinoderma I. Asteroidea, Ophiuroidea and Echinoidea. In: Michaelsen, W., *Beiträge zur Kenntnis der Meeresfauna Westafrikas* 1: 127-303.
- Ljungman, A.V. 1871. Om tvänne nya arter Ophiurider. *Öfversigt af Kungliga Vetenskaps-Akademiens Forhandlingar*.
- Laguarda-Figueras, A., L.A. Hernández-Herrejón, F.A. Solís-Marín y A. Durán González. 2009. "Ofiuroideos del Caribe Mexicano y Golfo de México". La Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de ciencias del Mar y Limnología y la Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-7607-151pp.
- Laguarda-Figueras, A., F.A. Solís-Marín, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn, B.E. Buitrón Sánchez y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Mexicano. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 53 (Suppl. 3): 109-122pp.
- Longhurst A. 1998. *Ecological Geography of the Sea*. San Diego: Academic Press.
- Lugo-Hupb, J., F.F. Aceves-Quesada y R. Espinasa-Pereña. 1992. "Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán". *Revista del Instituto de Geología*. Vol. 10, núm. 2, pp. 143-150
- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa, J.J. Morrone. 1999. Historical relationships of mexican cloud forest: a Preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of endemicity to vascular plants taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299-1305
- Lyman, T., 1882. Report on the Ophiuroidea. Rpt. Sci. Res. Voy. H.M.S. Challenger, 187376, *Zool.* 5 (1) 1-387pp.
- Maluf, L.Y. 1988. Biogeography of the central eastern Pacific shelf echinoderms. 389-398. In: R. D. Burke, P. V.Mladenov, P. Lambert and R. Parsley, R. (Eds.). 1988. *Echinoderm Biology*. Proceedings of the Sixth International Echinoderm Conference. Victoria. 23-28 .
- Matsumoto, H. 1915. A new classification of the Ophiuroidea: with description of new genera and species. *Proceeding of the academy of natural Sciences of Philadelphia* 68: 43-92.

Martín-Cao-Romero, C. 2012. Biogeografía de la clase Asteroidea (Blainville, 1930) en las aguas mexicanas del Golfo de México y Caribe mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-333 pp.

Martín-Ledo R., J.S. Chester , P.J. López-González. 2013. A new brooding species of brittle star (Echinodermata: Ophiuroidea) from Antarctic waters. *Polar Biol.* Volume 36 (1) , pp 115-126

Martín-Ledo, R. y P.J. López-González. 2014. Brittle stars from Southern Ocean (Echinodermata: Ophiuroidea) *Polar Biol.* Volume 37(1) pp 73-88

Martínez, S. 2008. Shallow water Asteroidea and Ophiuroidea of Uruguay: composition and biogeography. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 56 (Supl. 3): 205-214pp.

Miloslavich, P.; J.M. Díaz, E. Klein, J.J. Alvarado, C. Día, J. Gobin, E. Escobar-Briones, J.J. Cruz-Motta, E. Weil, J. Cortés, A.C. Bastidas, R. Robertson, F. Zapata, A. Martín, J. Castillo, A. Kazandjian y M. Ortiz. 2010. Marine Biodiversity in the Caribbean: Regional Estimates and Distribution Patterns. *PLoS ONE* 5(8): e11916.

Morrone, J.J. 2001. Sistemática, Biogeografía, Evolución: Los patrones de la biodiversidad en el tiempo- espacio. La prensas de ciencias. Facultad de ciencias. UNAM. México. 123pp.

Morrone, J.J. 1994. Distributional patterns of species of Rhytirrhini (Coleoptera: Curculionidae) and the historical relationships of the Andean provinces. *Global Ecol. Biogeogr. Lett.* 4:188–94

Morrone, J.J. y A. Ruggiero. 2001. Como planear un análisis biogeográfico. *Dugesiana* 7:1-8pp.

Morrone, J.J., D. Espinosa-Organista, y J. Llorente-Busquets. 1996. Manual de biogeografía histórica, UNAM, México, 155pp.

Morrone, J.J y T. Escalante. 2009. Diccionario de Biogeografía. Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F. 230 pp.

Nelson, G. 1978. From Candolle to Croizat: comments on the history of biogeography. *Jour. Of the History of Biology* 11(2):269-305pp.

Nowlin, W.D. 1971. Water masses and general circulation of the Gulf of Mexico. *Oceanol.*

Int. Limnol. Oceanogr., 11 (1966), pp. 33–337.

Parker, R.H. 1963. Zoogeography and ecology of macroinvertebrates of the Gulf of California and continental slope of Western Mexico, p. 331-376. In T. H. van Andel y G.G. Shor, Jr. (eds.) *Marine Geology of the Gulf of California. Amer. Assoc. Petr. Geol. USA.* 333 p.

Paterson, G. 1985. The deep-sea Ophiuroidea of the North Atlantic Ocean, *Bulletin of the Museum of Natural History (Zoology)* 49(1): 1-162.

Parslow, R.E. y A. M. Clark. 1963. Ophiuroidea of the Lesser Antilles. *Studies Fauna Curacao Carib.*, 15(67):24-50.

Pawson, D.L. 2007. Phylum Echinodermata. *Zootaxa.* 1668:749-764pp.

Piepenburg, D., M.K. Schmid. 1996. Brittle star fauna (Echinodermata: Ophiuroidea) of the Arctic northwestern Barents Sea: composition, abundance, biomass and spatial distribution. *Polar Biol.* (in press)

Piepenburg, D. 2000 Arctic brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea). *Oceanogr Mar Biol Annu Rev.* 38:189–256.

Pomory, C.M. 2003. A Guide to the Shallow-water Echinodermata of the Texas Coast *Contributions in Marine Science (2003) Volume 36:* 1-188

Pomory, C.M. 2007. Key to the common shallow-water brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *Caribbean Journal of Science* 10:1-42.

Posadas, P. y D. R. Miranda-Esquivel. 1999. El PAE (Parsimony Analysis of endemism) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 539-546pp.

Price, A.R.G., M. J. Keeling y C. J. O’Callaghan. 1999. Ocean-scale patterns of ‘biodiversity’ of Atlantic asteroids determined from taxonomic distinctness and other measures. *Biol J Lin Soc.* 66:187–203pp.

Rosen, B.R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. In Myers A. A., Giller P. (eds.) *Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions.* Chapman and Hall. London. 437-481 pp.

Roy M.S. y R. Sponer. 2002. Evidence of a human-mediated invasion of the tropical western Atlantic by the 'world's most common brittlestar'. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 269, 1017–1023.

Samyn, Y. y I. Tallon. 2005. Zoogeography of the shallow-water holothuroids of the western Indian Ocean. *Journal of Biogeography* 32: 1523-1538pp.

Smith, M.L., K.E. Carpenter y R.W. Waller. 2002 An introduction to the Oceanography, Geology, Biogeography, and Fisheries of the tropical and subtropical western central Atlantic. In: Carpenter K.E., ed. *The living marine resources of the western central Atlantic. Volume 1: introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras*. Rome, FAO: FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. pp 1–599.

Solís Marín, F.A. 1998. Catálogo de los equinodermos recientes de México (Fase I) . Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G010. México, D.F. 1-27pp.

Solís-Marín, F.A., A. Laguarda-Figueras y M. A. Gordillo-Hernández. 2007. Estudio taxonómico de los equinodermos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano:73-100. In: A Granados Barba, L.G. Abaraca Arenas y J. M. Vargas Hernández (Eds.) *Investigaciones científicas en el sistema arrecifal veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. 304pp.

Spalding, Mark D., H.E. Fox, G.R. Allen, N. Davidson, Z.A. Ferdana, M. Finlayson, B.S. Halpern, M.A. Jorge, A. Lombana, S.A. Lourie, K.D. Martin, E. McManus, J. Molnar, C.A. Recchia y J. Robertson. 2007. "Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas". *Bioscience* Vol. 57 No. 7. pp. 573–583.

Sponer, R. y M.S. Roy. 2002. Phylogeographic analysis of the brooding brittle star *Amphipholis squamata* (Echinodermata) along the coast of New Zealand reveals high cryptic genetic variation and cryptic dispersal potential. *Evolution*, 56, 1954–1967.

Stancyk, S.E. 1999. Predatory behavior of echinoderms: 109-113pp.

Stöhr, S. y M. Segonzac. 2005. Deep-sea ophiuroids (Echinodermata) from reducing and non-reducing environments in the North Atlantic Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 85: 383-402.

Stöhr, S., T.D. O'Hara. y B. Thuy. 2012a. Global Diversity of Brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea). *PLoS ONE* 7 (3): e31940

- Thandar, A. S. 1989. Zoogeography of the southern African echinoderm fauna. *S. Afr. J. Zool.* 24(4): 311-318pp.
- Trujillo-Luna, B.R. y N.E. González-Vallejo. 2006. Equinodermos (Echinodermata) de la Colección de Referencia de Bentos Costeros de ECOSUR. Universidad y Ciencia. México. Vol: 22 (001) ISSN: 0186-2979: 83-88pp.
- Ulfstrand S. 1992. Biodiversity: How to reduce its decline? *Oikos* 63:3-5pp.
- Verill, A.E. 1899a. Report of the ophiuroidea collected by the Bahama Expedition in 1839. *Bulletin from the laboratories of Natural History of the State University of Iowa* 5: 1-86.
- Verill, A.E. 1899b. VII. North American Ophiuroidea. I. Revision of certain families and genera of West Indian Ophiurans. II. A faunal catalogue of the know species of west indians ophiurans. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Science*, 10: 301-386.
- Veron, J.E.N. 2000. Corals of the world, 3 volumes. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Wegener, A. 1966. *The origin of Continents and Oceans*. Translated by J. Biram. Ed. Dover Publications, Inc., New York; pp. 246pp.
- Werding, B., A. Hiller y R. Lemaitre. 2003. Geographic and distributional patterns of western Atlantic Porcellanidae (Crustacea: Decapoda: Anomura), with an updated list of species. In: Lemaitre, R. y C.C. Tudge. (eds), *Biology of the Anomura*. Proceedings of a symposium at the Fifth International Crustacean Congress, Melbourne, Australia, 9–13 July 2001. *Memoirs of Museum Victoria* 60(1): 79–85.
- Wilkinson, T., E. Wiken, J. Bezaury Creel, T.F. Hourigan, T. Agardy, H. Herrmann, L. Janishevski, C. Madden, L. Morgan y Moreno Padilla. 2010. *Ecorregiones Marinas de América del Norte*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 200 pp.
- Williams S. M, M. Benavides-Serrato, J.E, García-Arrarás, E.A, Hernández-Delgado and R. Rodríguez-Barreras. 2013. Review of Echinoderm Research in Puerto Rico, with the Focus on Biological and Ecological Aspects. In Alvarado, J.J., F.A. Solís-Marín y C. Ahearn. 2008. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe Centroamericano. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 56 (Suppl. 3): 37-55pp.

Wilson, J. T. 1963. Evidence from islands on the spreading of oceans floors. *Nature*, 197 (4867): 536-538.

APÉNDICE 1

Listado de países e islas que comprenden el área de estudio

Países e islas*

Estados Unidos de América

Bermudas*

México

Bahamas*

Cuba*

Belice

Guatemala

Honduras

Nicaragua

Costa rica

Panamá

Turks y Caicos*

Haití*

Republica Dominicana*

Jamaica*

Granada*

Guadalupe*

Dominicana*

Sta. Lucia*

Islas Caimán*

Martinica*

Puerto Rico*

San Cristóbal y Nieves*

San Vicente y Granadinas*

Colombia

Venezuela

Aruba*

Trinidad y Tobago*

APÉNDICE 2

Listado sistemático de la especies de la Clase Ophiuroidea para el Atlántico Noroccidental

ORDEN EURYALIDA

Familia Asteronychidae

Asteronyx loveni Müller & Troschel, 1842

Astrodia tenuispina (Verrill, 1884)

Familia Asteroschematidae

Asteroschema arenosum Lyman, 1878

Asteroschema brachiatum Lyman, 1879

Asteroschema elongatum Koehler, 1914

Asteroschema intectum Lyman, 1878

Asteroschema laeve (Lyman, 1875)

Asteroschema oligactes (Pallas, 1788)

Asteroschema tenue Lyman, 1875

Ophiocreas lumbricus Lyman, 1869

Ophiocreas oedipus Lyman, 1879

Ophiocreas spinulosus Lyman, 1883

Familia Gorgonocephalidae

Asteroporpa (Asteroporpa) annulata Örsted & Lütken in: Lütken, 1856

Asteroporpa (Asteroporpa) lindneri A.H. Clark, 1948

Astracme mucronata (Lyman, 1869)

Astrochele lymani Verrill, 1878

Astrocnida isidis (Duchassaing, 1850)

Astrocyclus caecilia (Lütken, 1856)

Astrogomphus vallatus Lyman, 1869

Astrogordius cacaoticus (Lyman, 1874)

Astrophyton muricatum (Lamarck, 1816)

Gorgonocephalus lamarckii (Müller & Troschel, 1842)

Gorgonocephalus eucnemis (Müller & Troschel, 1842)

Schizostella bifurcata A. H. Clark, 1952

ORDEN OPHIURIDA

Familia Ophiomyxidae

Ophioblenna antillensis Lütken, 1859

Ophiobranchion uncinatus Lyman, 1883
Ophiobyrseilla serpens (Lyman, 1878)
Ophiogeron granulatus (Lyman, 1883)
Ophiolycus purpureus (Düben & Koren, 1846)
Ophiomyxa flaccida (Say, 1825)
Ophiomyxa tumida Lyman, 1883
Ophiomyxa stimpsonii (Lyman, 1875)
Ophiomyxa brevicauda Verrill, 1899
Ophioprium cervicornis (Lyman, 1883)
Ophioprium permixta (Koehler, 1914)
Ophiophrixus quadrispinosus (Koehler, 1914)
Ophioscolex disacanthus H. L. Clark, 1915
Ophioscolex glacialis Müller & Troschel, 1842
Ophioscolex tropicus Lyman, 1878
Ophiosyzygus disacanthus H.L. Clark, 1911

Familia Amphiuridae

Amphilimna mirabilis (H.L. Clark, 1941)
Amphilimna olivacea (Lyman, 1869)
Amphiodia guillermosoberoni Caso, 1979
Amphiodia planispina (von Martens, 1867)
Amphiodia pulchella (Lyman, 1869)
Amphiodia trychna H. L. Clark, 1918
Amphioplus (Amphioplus) abditus (Verrill, 1871)
Amphioplus (Amphioplus) macilentus (Verrill, 1882)
Amphioplus (Amphioplus) sepultus Hendler, 1995
Amphioplus (Unioplus) incisus (Lyman, 1883)
Amphioplus coniertodes H.L. Clark, 1918
Amphioplus cuneatus (Lyman, 1878)
Amphioplus thrombodes H.L. Clark, 1918
Amphioplus tumidus (Lyman, 1878)
Amphipholis januarii Ljungman, 1867
Amphipholis goesi Ljungman, 1872
Amphipholis squamata (Delle Chiaje, 1828)
Amphiura (Amphiura) grandisquama Lyman, 1869
Amphiura (Ophionema) intricata Lütken, 1869
Amphiura bihamula H.L. Clark, 1900
Amphiura diducta Koehler, 1914
Amphiura fibulata Koehler, 1913
Amphiura fragilis Verrill, 1885

Amphiura otteri Ljungman, 1872
Amphiura palmeri Lyman, 1882
Amphiura rathbuni Koehler, 1914
Amphiura stimpsoni Lütken, 1859
Amphiura semiermis Lyman, 1869
Microphiopholis atra (Stimpson, 1852)
Microphiopholis gracillima (Stimpson, 1854)
Microphiopholis subtilis (Ljungman, 1867)
Ophiocnida scabriuscula (Lütken, 1859)
Ophionephtys limicola Lütken, 1869
Ophiophragmus cubanus (A. H. Clark, 1917)
Ophiophragmus filigraneus (Lyman, 1875)
Ophiophragmus moorei Thomas, 1965
Ophiophragmus pulcher H. L. Clark, 1918
Ophiophragmus riisei (Lütken, 1859)
Ophiophragmus septus (Lütken, 1859)
Ophiophragmus wurdemani (Lyman, 1860)
Ophiostigma isocanthum (Say, 1825)
Ophiostigma siva Hendler, 1995

Familia Hemieuryalidae

Hemieuryale pustulata Von Martens, 1867
Ophioholcus sexradiata (Koehler, 1914)
Ophioplus tuberculatus (Lyman, 1883)
Quironia johnsoni A.H. Clark, 1934
Sigsbeia conifera Koehler, 1914
Sigsbeia murrhina Lyman, 1878

Familia Ophiacanthidae

Subfamilia Ophiacanthinae

Ophiochondrus convolutus Lyman, 1869
Ophiochondrus crassispinus Lyman, 1883
Ophiacantha abyssicola G.O. Sars, 1871
Ophiacantha aspera Lyman, 1878
Ophiacantha bidentata (Retzius, 1805)
Ophiacantha echinulata Lyman, 1878
Ophiacantha enopla Verrill, 1885
Ophiacantha fraterna Verrill, 1885
Ophiacantha granulifera Verrill, 1885
Ophiacantha lineata Koehler, 1896

Ophiacantha mesembria H.L. Clark, 1915
Ophiacantha metallacta H.L. Clark, 1915
Ophiacantha pentacrinus Lütken, 1869
Ophiacantha rosea Lyman, 1878
Ophiacantha scutata Lyman, 1878
Ophiacantha spectabilis G.O. Sars, 1871
Ophiacantha stellata Lyman, 1875
Ophiacantha vepratrica Lyman, 1878
Ophiacanthella troscheli (Lyman, 1878)
Ophiolimna bairdi (Lyman, 1883)
Ophiothamnus vicarius Lyman, 1869
Ophiotreta affinis Koehler, 1914
Ophiotreta sertata (Lyman, 1869)
Ophiotreta valenciennesi (Lyman, 1879)
Ophiurothamnus exigua (Lyman, 1878)

Subfamilia Ophioplinthacinae

Ophiocamax austera Verrill, 1899
Ophiocamax fasciculata Lyman, 1883
Ophiocamax hystrix Lyman, 1878
Ophiomitra robusta Koehler, 1914
Ophiomitra valida Lyman, 1869
Ophiomitra ornata Verrill, 1899
Ophiomitrella clavigera (Ljungman, 1865)
Ophiomitrella laevipellis (Lyman, 1883)
Ophioplinthaca chelys (Wyville-Thomson, 1878)
Ophioplinthaca dipsacos (Lyman, 1878)
Ophioplinthaca incisa (Lyman, 1883)

Subfamilia Ophiotominae

Ophiopristis hirsuta (Lyman, 1875)
Ophiotoma coriacea Lyman, 1883
Ophiotoma gracilis (Koehler, 1914)
Ophiotoma bartletti (Lyman, 1883)

Familia Ophiomycetidae

Ophiomyces frutectosus Lyman, 1869
Ophiomyces mirabilis Lyman, 1869
Ophiohelus umbella Lyman, 1880
Ophiotholia mitrephora H.L. Clark, 1910

Ophiotholia supplicans Lyman, 1880

Familia Ophiactidae

Hemipholis elongata (Say, 1825)
Histampica duplicata (Lyman, 1875)
Histampica rugosa (H.L. Clark, 1941)
Ophiactis algicola H. L. Clark, 1933
Ophiactis loricata Lyman, 1869
Ophiactis muelleri Lütken, 1856
Ophiactis quinqueradia Ljungman, 1872
Ophiactis rubropoda Singletary, 1973
Ophiactis savignyi (Müller & Troschel, 1842)
Ophiopholis aculeata (Linnaeus, 1767)

Familia Ophiochitonidae

Ophiochiton ternispinus Lyman, 1883
Ophioplax ljungmani Lyman, 1875
Ophioplax reducta (Koehler, 1907)

Familia Ophiocomidae

Ophiocoma echinata (Lamarck, 1816)
Ophiocoma paucigranulata Devaney, 1974
Ophiocoma pumila Lütken, 1859
Ophiocoma wendtii Müller & Troschel, 1842
Ophiocomella ophiactoides (H.L. Clark, 1901)
Ophiocomella caribbaea A.H. Clark, 1939
Ophiopsila fulva Lyman, 1878
Ophiopsila hartmeyeri Koehler, 1913
Ophiopsila maculata (Verrill, 1899)
Ophiopsila riisei Lütken, 1859
Ophiopsila vittata H. L. Clark, 1918

Familia Ophiodermatidae

Bathypectinura heros (Lyman, 1879)
Ophiopaepale goesiana Ljungman, 1872
Ophiurochaeta littoralis (Koehler, 1913)
Ophiuroconis miliaria (Lyman, 1878)

Subfamilia Ophiarachninae

Ophiarachnella angulata (Lyman, 1883)

Ophiarachnella petersi (Lyman, 1878)

Subfamilia Ophiodermatinae

- Ophioderma anitae* Hotchkiss, 1982
Ophioderma appressa (Say, 1825)
Ophioderma brevicauda Lütken, 1856
Ophioderma brevispina (Say, 1825)
Ophioderma cinerea Müller & Troschel, 1842
Ophioderma devaneyi Hendler & Miller, 1984
Ophioderma elaps Lütken, 1856
Ophioderma ensifera Hendler & Miller, 1984
Ophioderma guttata Lütken, 1859
Ophioderma holmesii (Lyman, 1860)
Ophioderma januarii Lütken, 1856
Ophioderma panamensis Lütken, 1859
Ophioderma phoenium H.L. Clark, 1918
Ophioderma rubicunda Lütken, 1856
Ophioderma squamosissima Lütken, 1856

Familia Ophionereididae

- Ophionereis dolabriformis* John & A.M. Clark, 1954
Ophionereis olivacea H.L. Clark, 1901
Ophionereis reticulata (Say, 1825)
Ophionereis squamulosa Koehler, 1913
Ophionereis vittata Hendler, 1995

Familia Ophiotrichidae

- Ophiotrix (Acanthophiothrix) suensoni* Lütken, 1856
Ophiotrix (Ophiotrix) angulata (Say, 1825)
Ophiotrix (Ophiotrix) aristulata Lyman, 1879
Ophiotrix (Ophiotrix) oerstedii Lütken, 1856
Ophiotrix brachyactis H. L. Clark, 1915
Ophiotrix cimar Hendler, 2005
Ophiotrix lineata Lyman, 1860
Ophiotrix pallida Ljungman, 1871
Ophiotrix platyactis H.L. Clark, 1939
Ophiotrix stri Hendler, 2005
Ophiotrix synoecina Schoppe, 1996
Ophiotrix hartforti A.H. Clark, 1939

Familia Ophiolepididae

- Amphipholizona delicata* H.L. Clark, 1915
Ophiolepis ailsae Hendler & Turner, 1987
Ophiolepis elegans Lütken, 1859
Ophiolepis gemma Hendler & Turner, 1987
Ophiolepis impressa Lütken, 1859
Ophiolepis paucispina (Say, 1825)
Ophiolepis pawsoni Hendler, 1988
Ophiolepis kieri Hendler, 1979
Ophiolipus agassizii Lyman, 1898
Ophiomidas dubius (Lyman, 1878)
Ophiomusium acuferum Lyman, 1875
Ophiomusium alecto A.H. Clark, 1936
Ophiomusium eburneum Lyman, 1869
Ophiomusium luetkeni Lyman, 1878
Ophiomusium lymani Thomson, 1873
Ophiomusium regulare A.H. Clark, 1936
Ophiomusium testudo Lyman, 1875
Ophiomusium validum Ljungman, 1872
Ophiomusium sculptum Verrill, 1899
Ophiomusium spinigerum Mortensen, 1933
Ophiosphalma armigerum (Lyman, 1878)
Ophiosphalma monoplax H. L. Clark, 1915
Ophiothyreus goesi Ljungman, 1872
Ophiozonella antillarum (Lyman, 1878)
Ophiozonella clypeata (Lyman, 1883)
Ophiozonella granulifera H. L. Clark, 1941
Ophiozonella marmorea (Lyman, 1883)
Ophiozonella molesta (Koehler, 1904)
Ophiozonella nivea (Lyman, 1875)
Ophiozonella tessellata (Lyman, 1878)

Familia Ophiuridae

- Ophiochytra tenuis* Lyman, 1883

Subfamilia Ophioleucinae

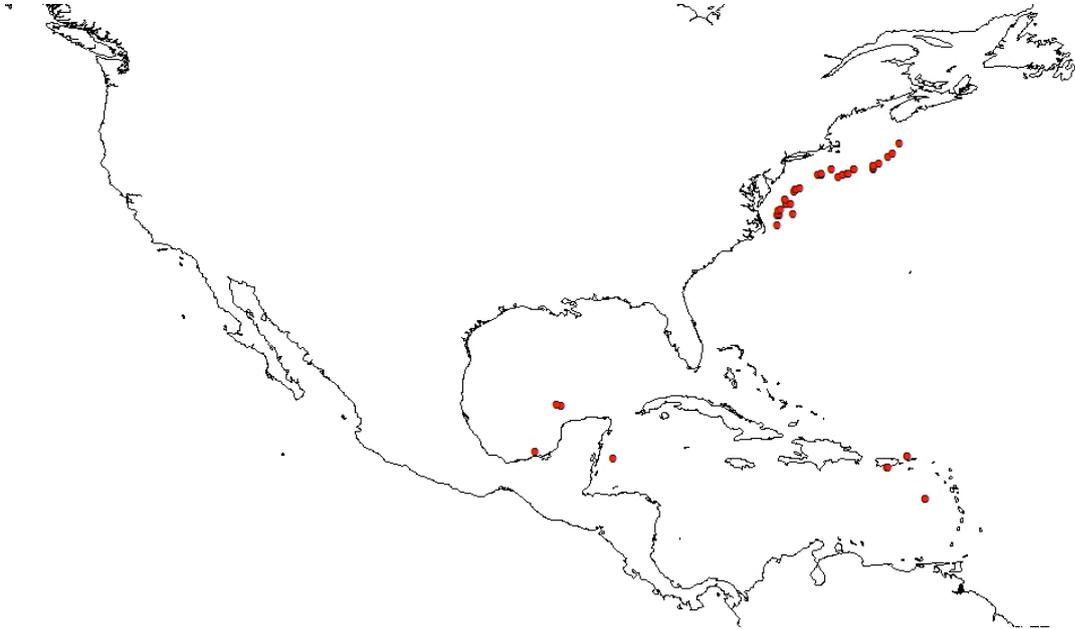
- Ophiernus adpersus adpersus* Lyman, 1883
Ophioleuce depressum (Lyman, 1869)
Ophiopyren longispinus Lyman, 1878
Ophiostriatus atlanticus (Mortensen, 1933)

Subfamilia Ophiurinae

- Amphiophiura bullata bullata* (Thomson, 1878)
Amphiophiura coronata (Koehler, 1914)
Amphiophiura fasciculata (Lyman, 1883)
Amphiophiura metabula H. L. Clark, 1915
Amphiophiura oedignatha H. L. Clark, 1915
Amphiophiura sculptilis (Lyman, 1878)
Anthophiura ingolfi Fasmer, 1930
Astrophium permira Sladen, 1879
Ophiambix devaneyi Paterson, 1985
Ophiocten affinis (Lütken, 1858)
Ophiocten gracilis (Sars G.O., 1871)
Ophiocten hastatum Lyman, 1878
Ophiomastus secundus Lyman, 1878
Ophiomisidium pulchellum (Wyville-Thomson, 1878)
Ophiomisidium speciosum Koehler, 1914
Ophiophycis mirabilis Koehler, 1901
Ophiopleura inermis (Lyman, 1878)
Ophioplinthus abyssorum (Lyman, 1883)
Ophioplinthus inornata (Lyman, 1878)
Ophioplinthus tessellata (Verrill, 1894)
Ophiura (*Ophiura*) *scomba* Paterson, 1985
Ophiura (*Ophiuroglypha*) *irrorata irrorata* (Lyman, 1878)
Ophiura acervata (Lyman, 1869)
Ophiura falcifera (Lyman, 1869)
Ophiura fallax Cherbonnier, 1959
Ophiura ljunmani (Lyman, 1878)
Ophiura robusta (Ayres, 1854)
Ophiura sarsii Lütken, 1855
Ophiura saurura (Verrill, 1894)
Ophiura tenera (Lyman, 1883)
Stegophiura macrarthra H.L. Clark, 1915
Stegophiura nodosa (Lütken, 1855)

ANEXO 4

Mapas de distribución de las especies de la clase Ophiuroidea del Atlántico Noroccidental



Asteronyx loveni Müller & Troschel, 1842



Astrodia tenuispina (Verrill, 1884)



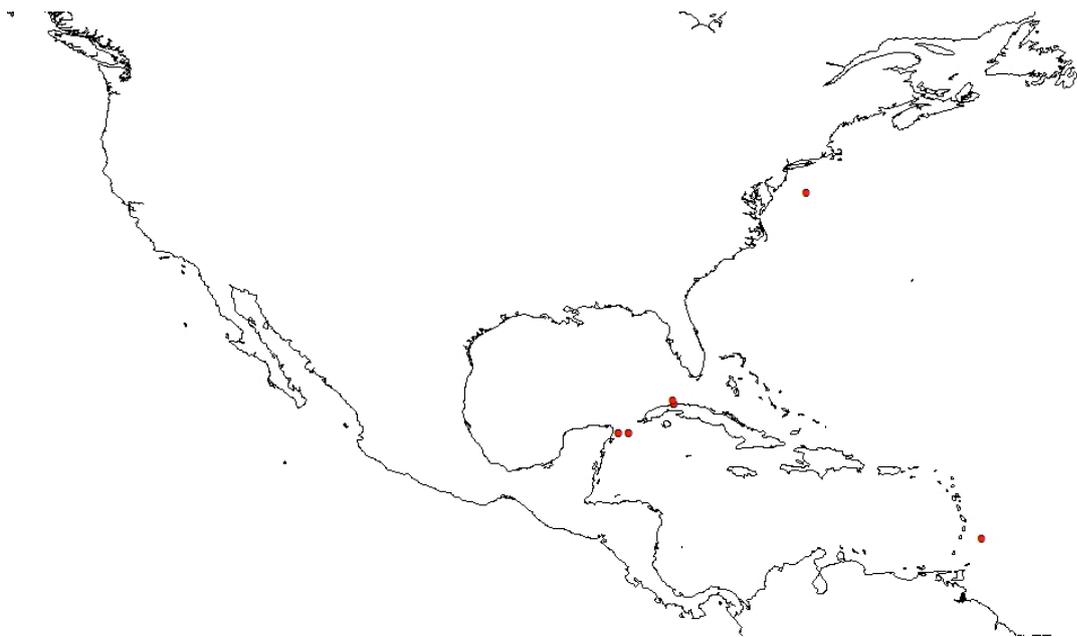
Asteroschema arenosum Lyman, 1878



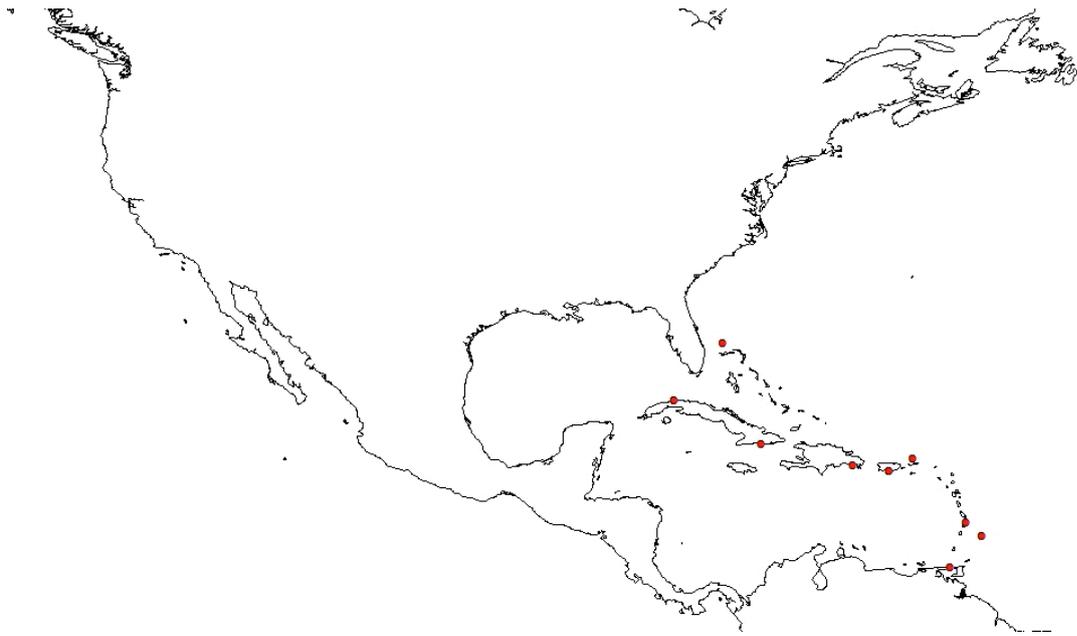
Asteroschema brachiatum Lyman, 1879



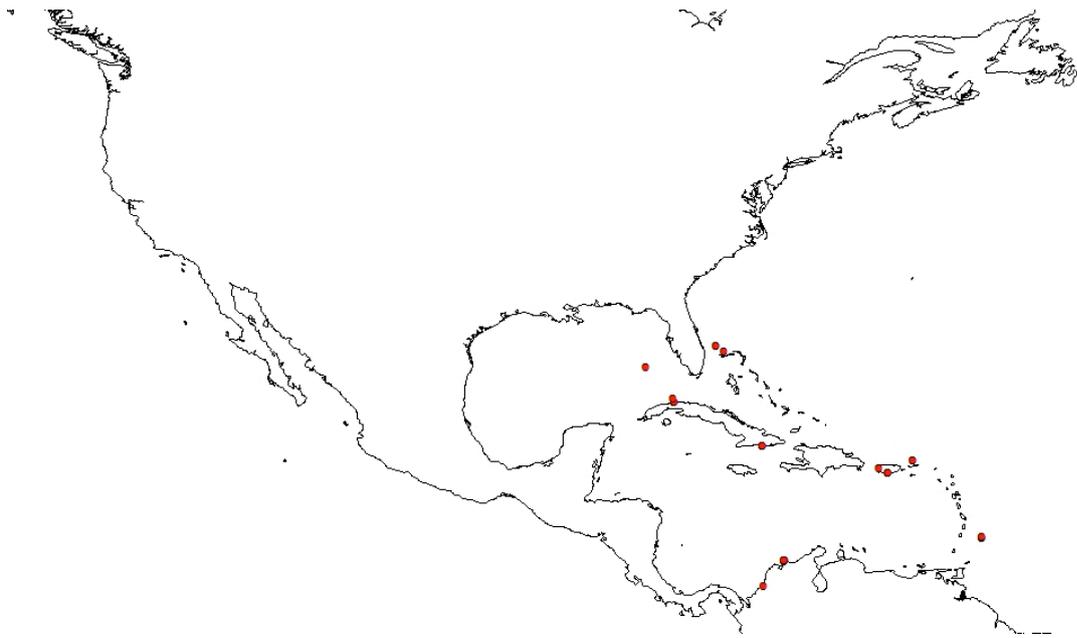
Asteroschema elongatum Koehler, 1914



Asteroschema intectum Lyman, 1878



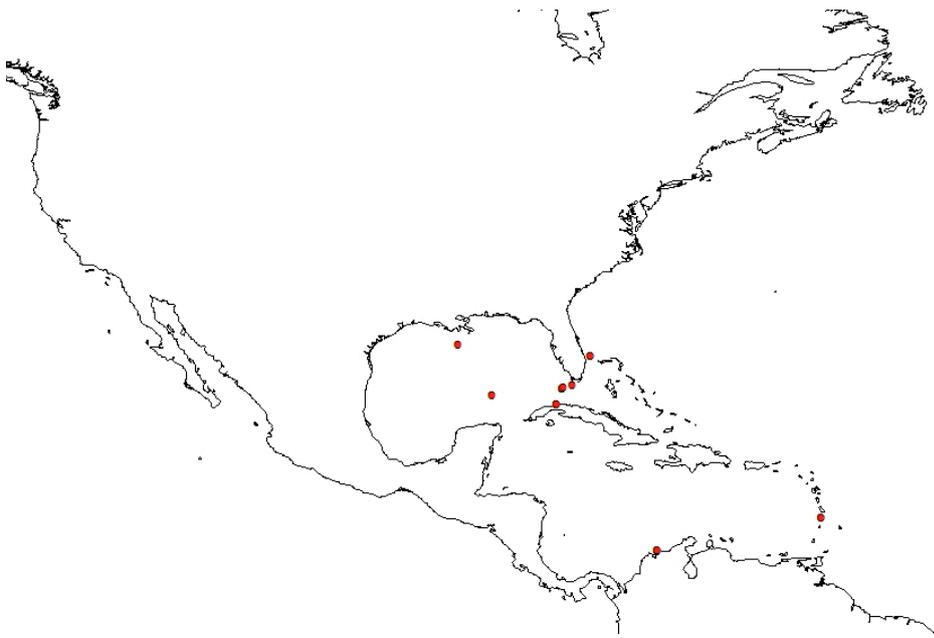
Asteroschema laeve (Lyman, 1875)



Asteroschema oligactes (Pallas, 1788)



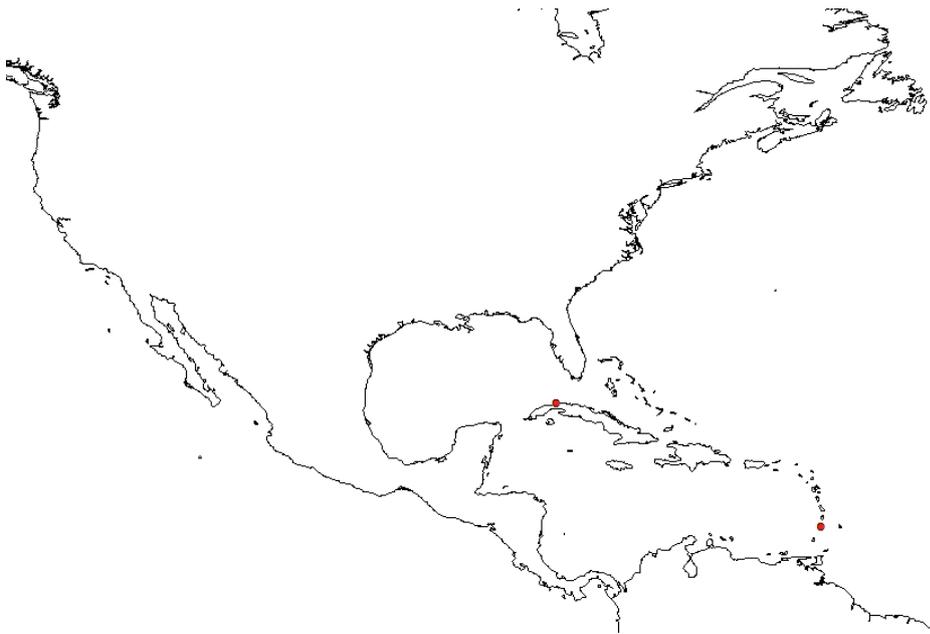
Astroschema tenue Lyman, 1875



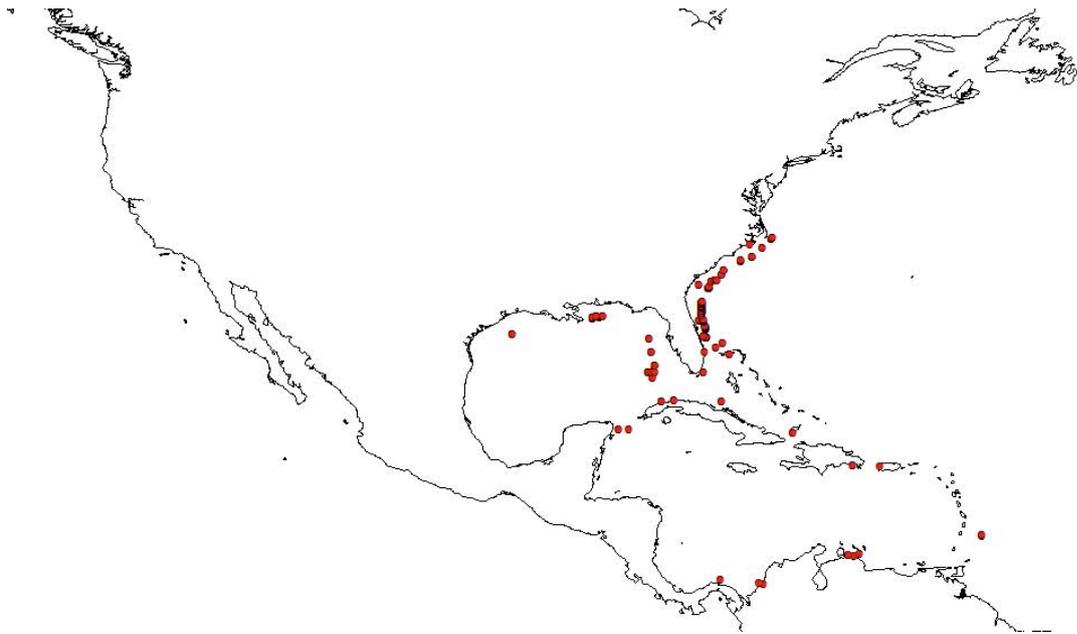
Ophiocreas lumbricus Lyman, 1869



Ophiocreas oedipus Lyman, 1879



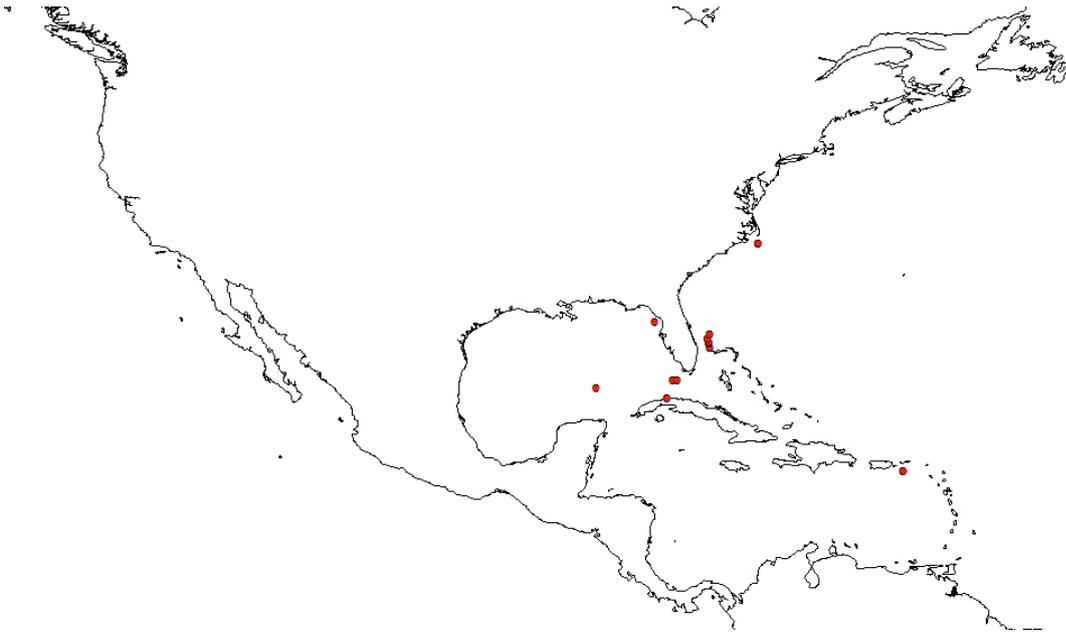
Ophiocreas spinulosus Lyman, 1883



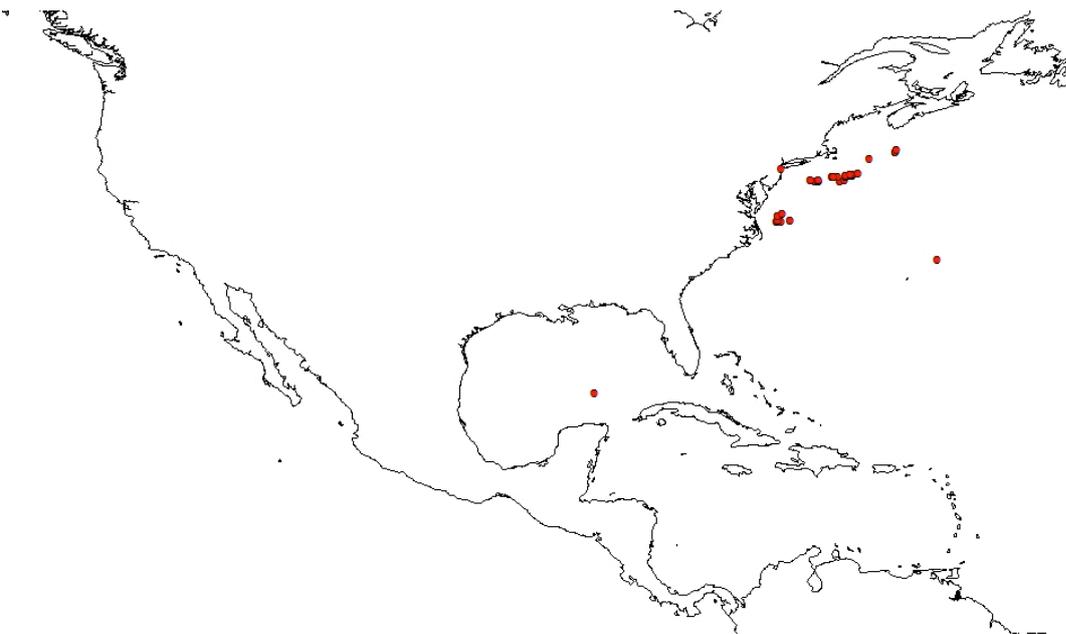
Asteroporpa (Asteroporpa) annulata Örsted & Lütken in: Lütken, 1856



Asteroporpa (Asteroporpa) lindneri A.H. Clark, 1948



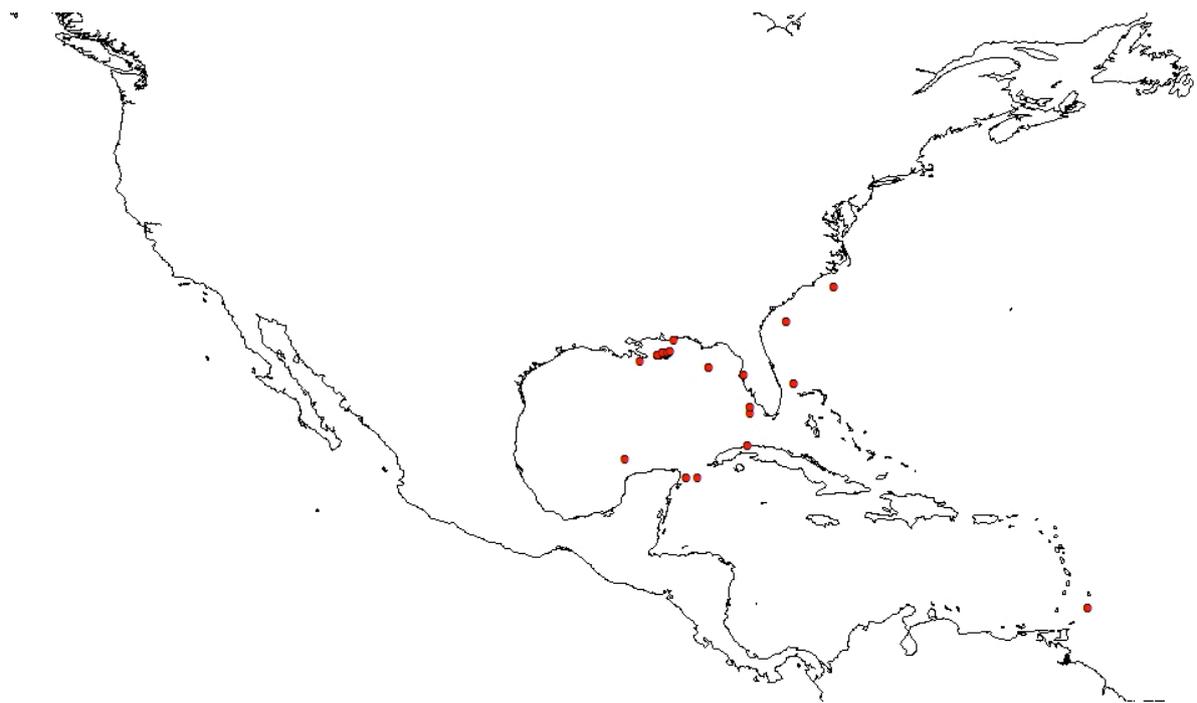
Astracme mucronata (Lyman, 1869)



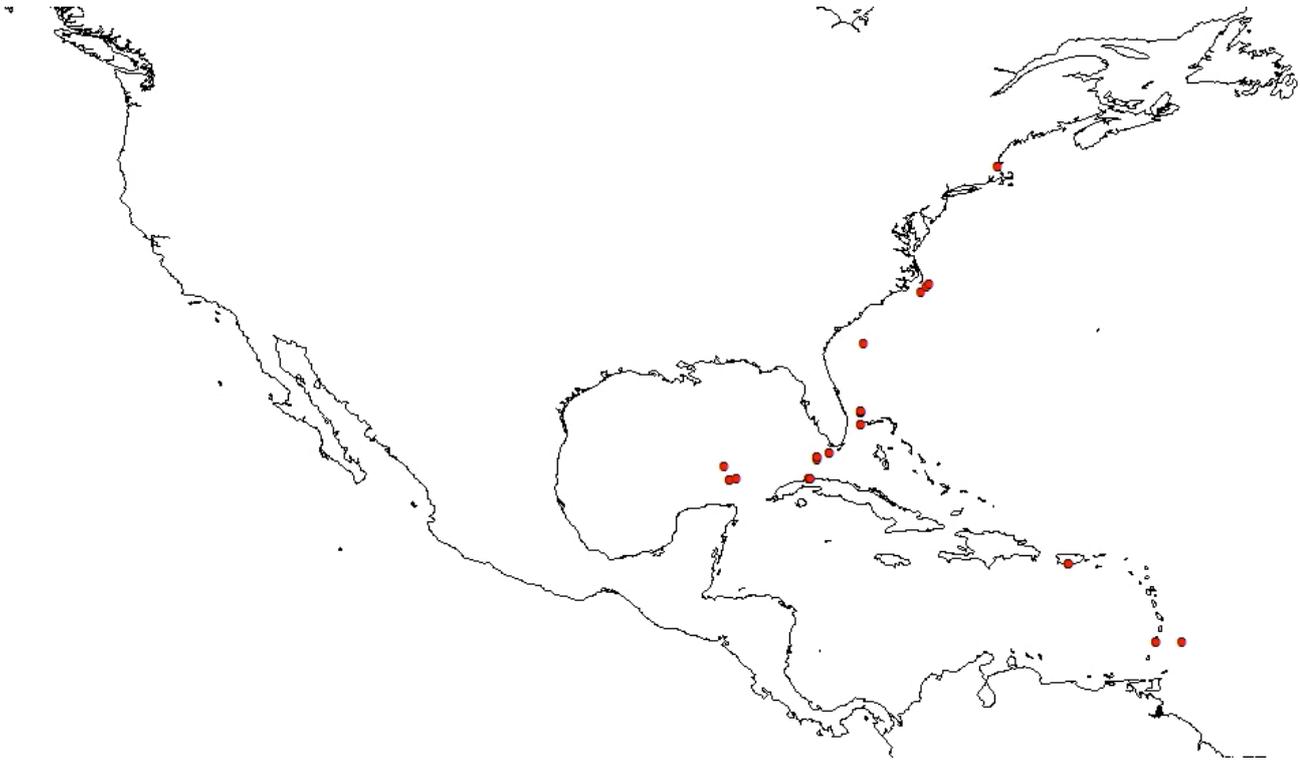
Astrochele lymani Verrill, 1878



Astrocnida isidis (Duchassaing, 1850)



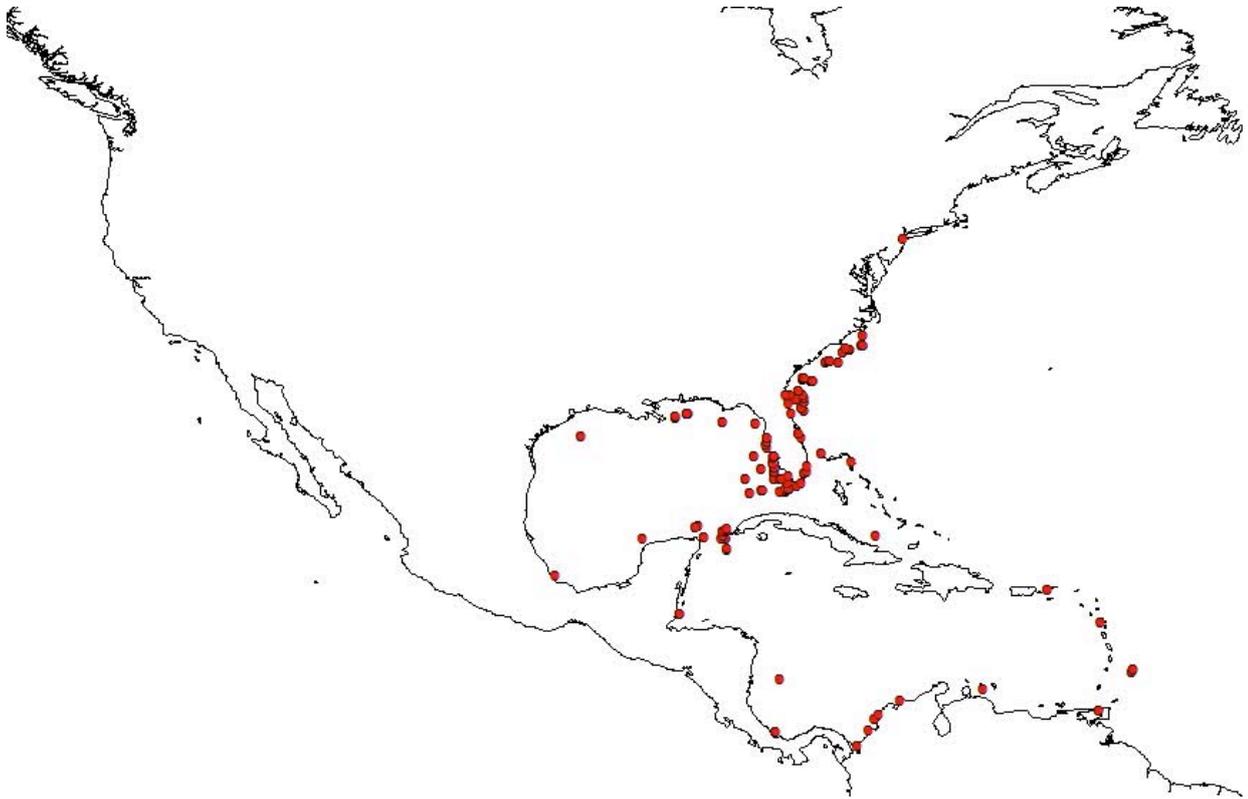
Astrocyclus caecilia (Lütken, 1856)



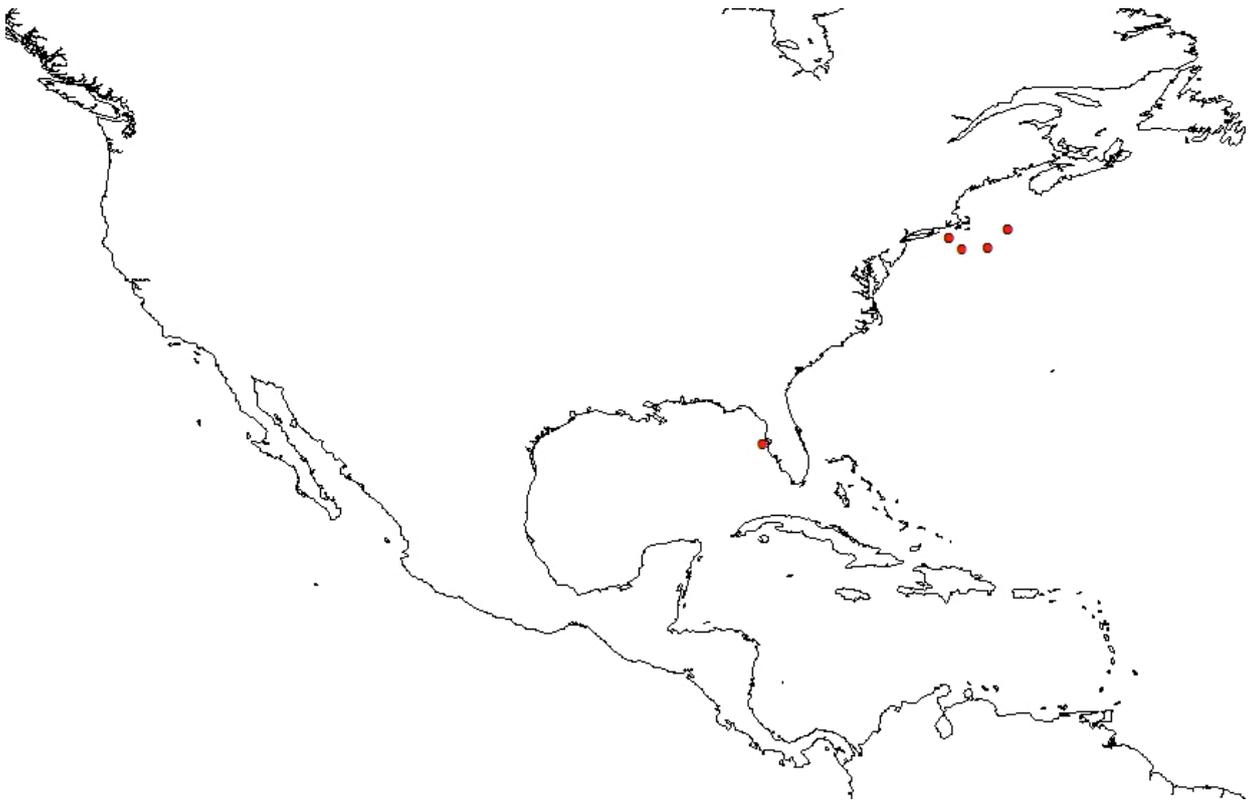
Astrogomphus vallatus Lyman, 1869



Astrogordius cacaoticus (Lyman, 1874)



Astrophyton muricatum (Lamarck, 1816)



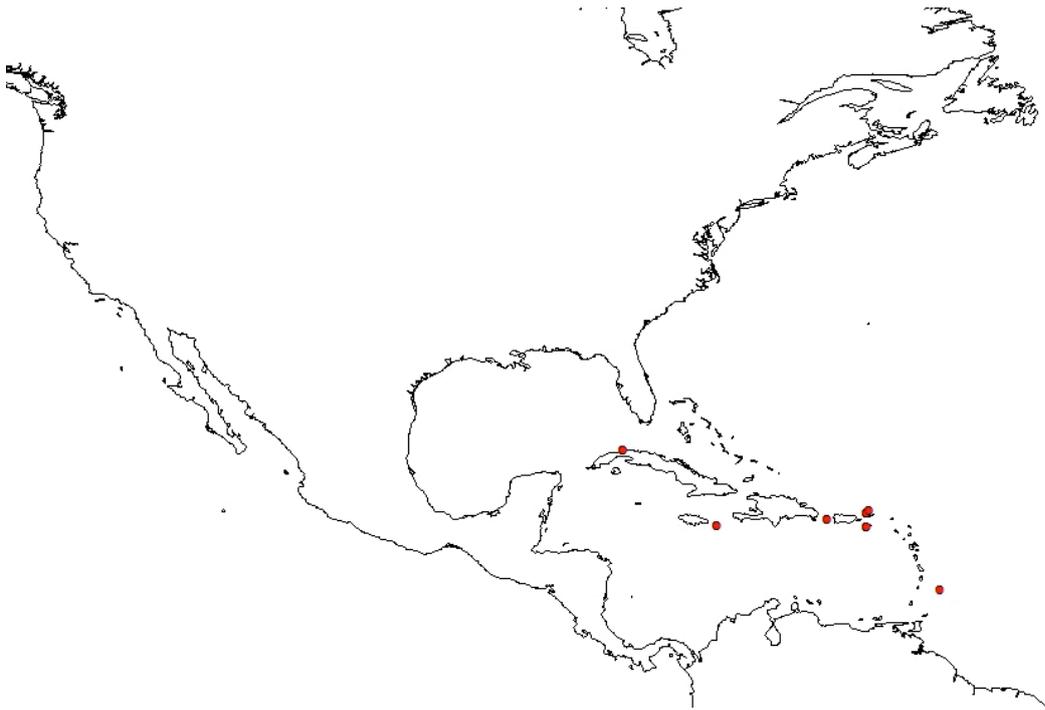
Gorgonocephalus lamarckii (Müller & Troschel, 1842)



Gorgonocephalus eucnemis (Müller & Troschel, 1842)



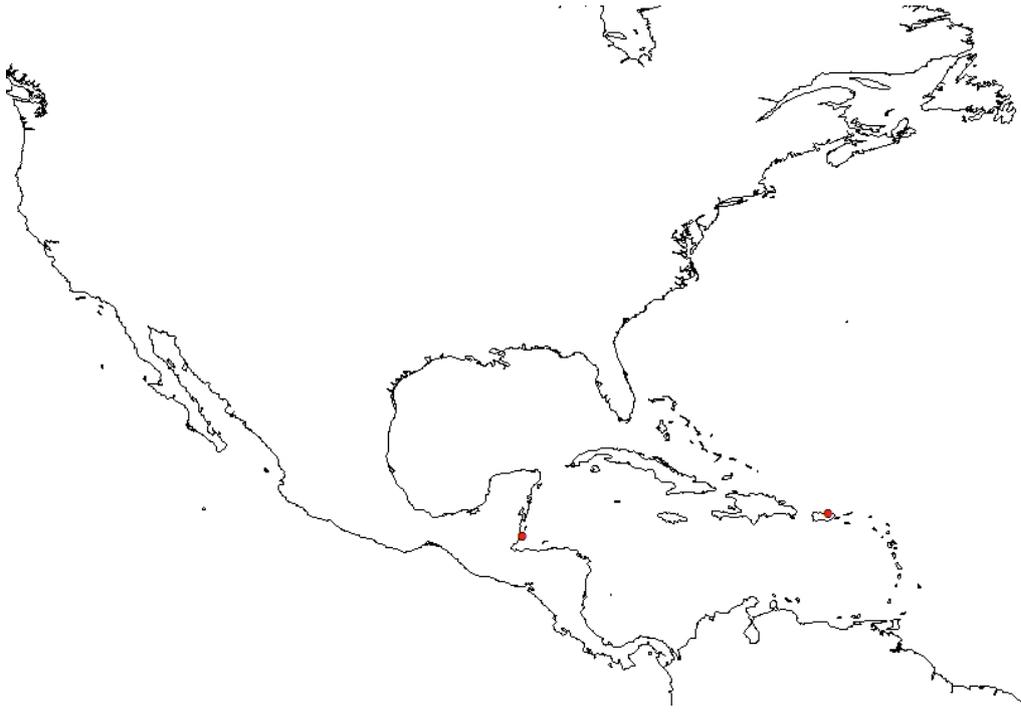
Schizostella bifurcata A. H. Clark, 1952



Ophiogeron granulatus (Lyman, 1883)



Ophiolycus purpureus (Düben & Koren, 1846)



Ophioblenna antillensis Lütken, 1859



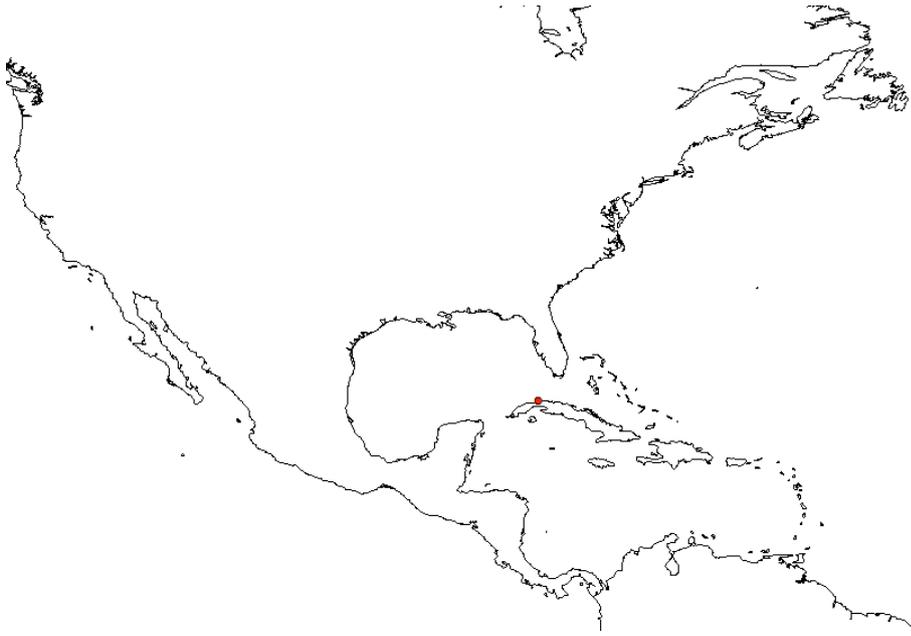
Ophiobranchion uncinatus Lyman, 1883



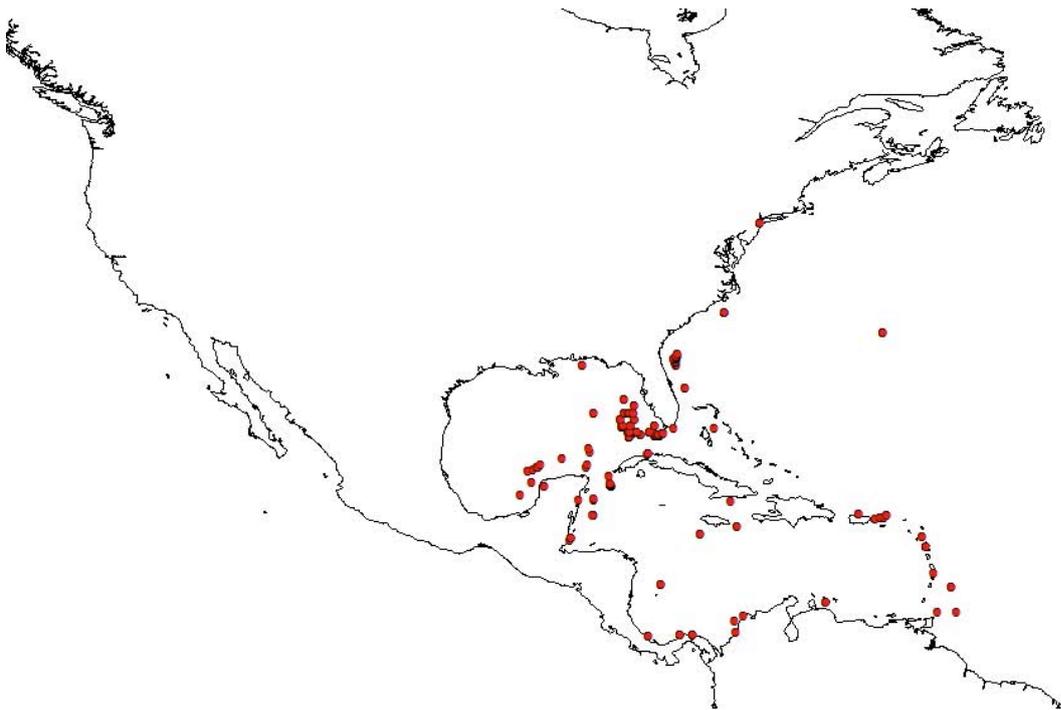
Ophiobyrseella serpens (Lyman, 1878)



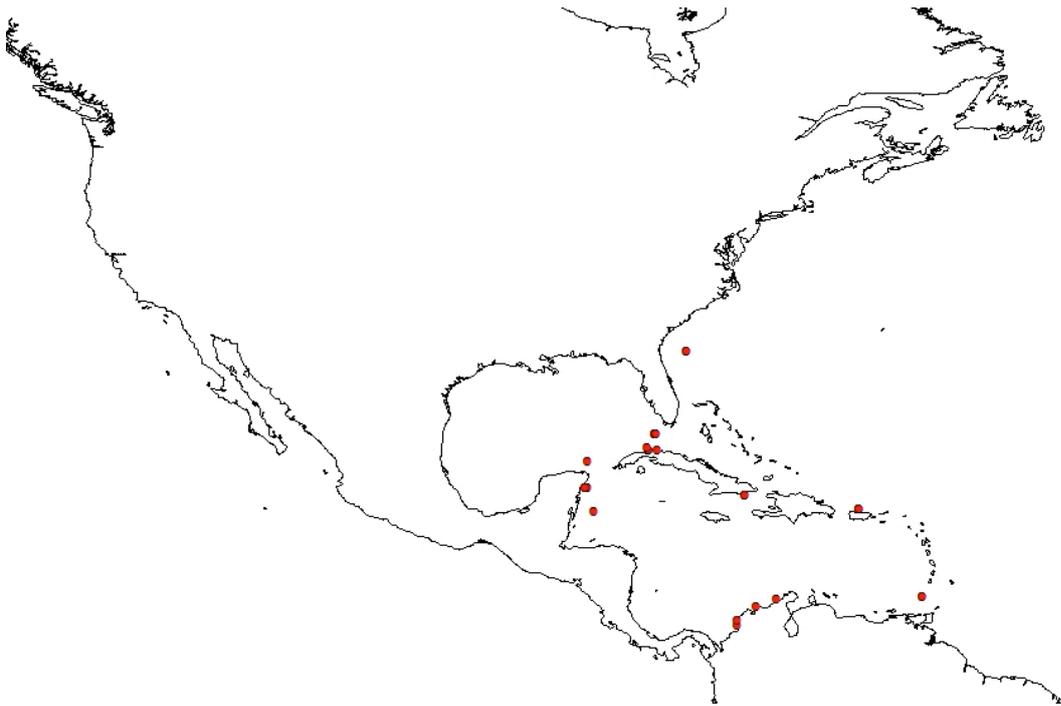
Ophiophrixus quadrispinosus (Koehler, 1914)



Ophiomyxa brevicauda Verrill, 1899



Ophiomyxa flaccida (Say, 1825)



Ophiomyxa tumida Lyman, 1883



Ophiomyxa stimpsonii (Lyman, 1875)



Ophioprium cervicornis (Lyman, 1883)



Ophioprium permixta (Koehler, 1914)



Ophioscolex disacanthus H. L. Clark, 1915

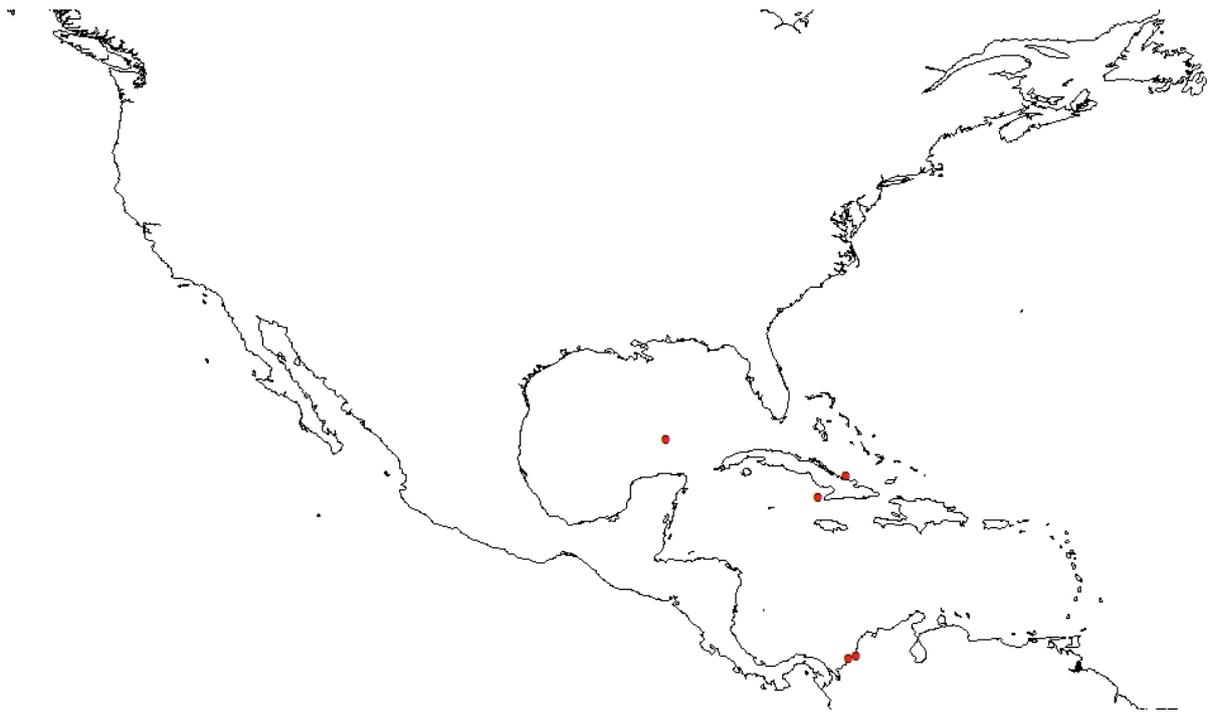
Ophioscolex tropicus Lyman, 1878



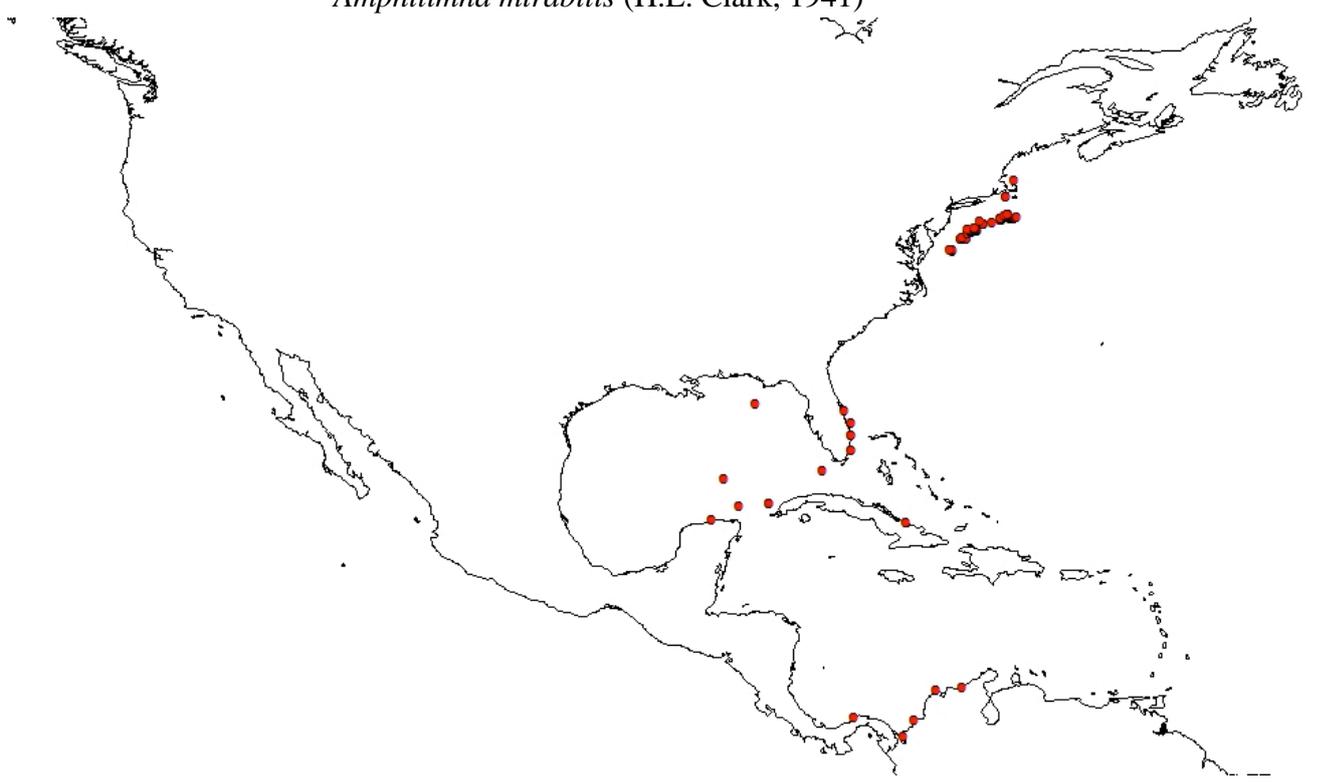
Ophioscolex glacialis Müller & Troschel, 1842



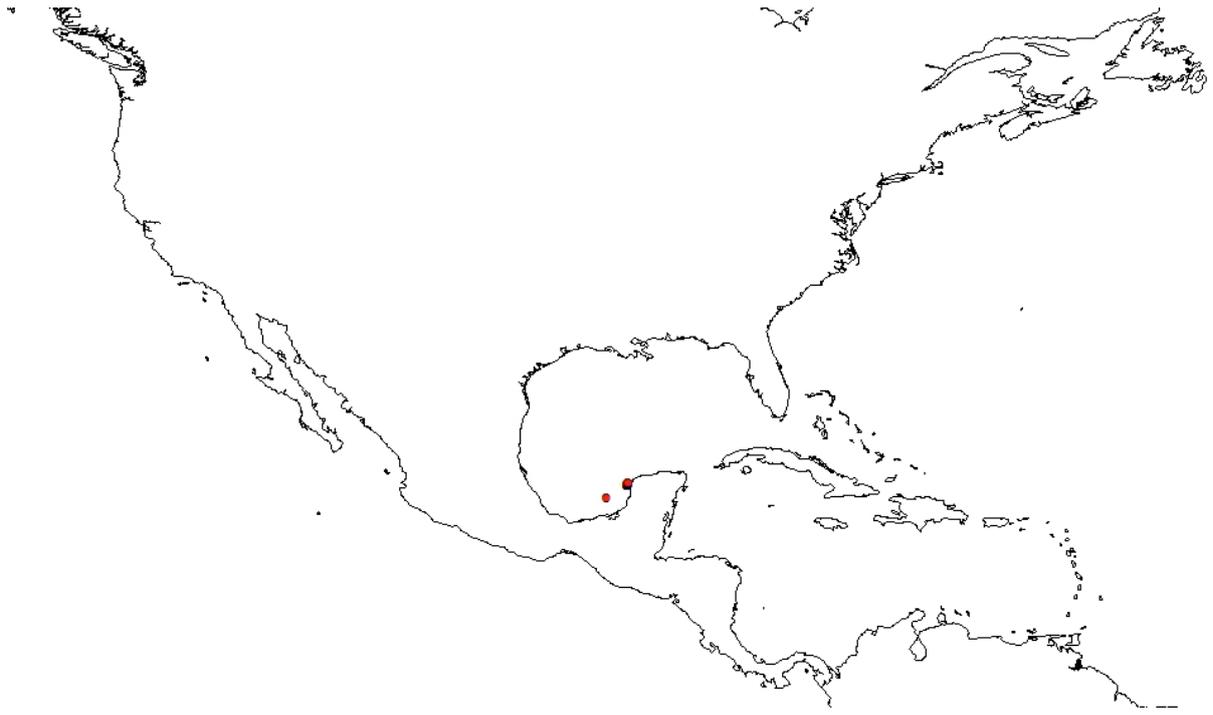
Ophiosyzygus disacanthus H.L. Clark, 1911



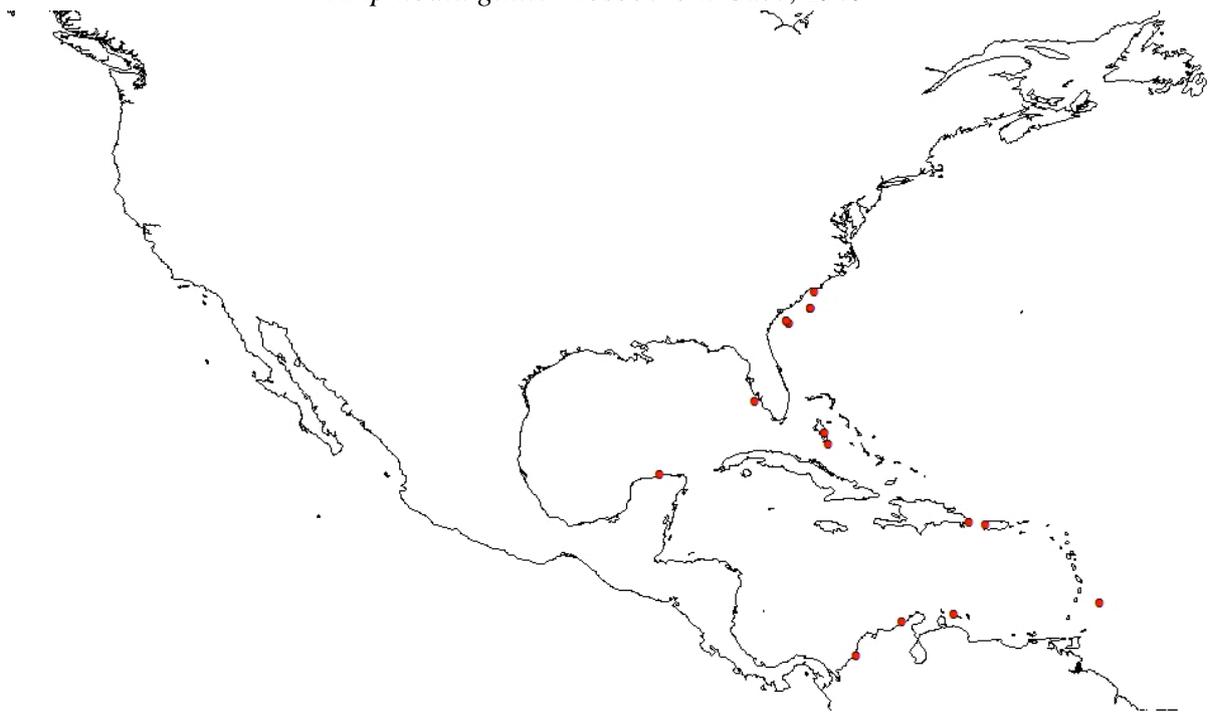
Amphilimna mirabilis (H.L. Clark, 1941)



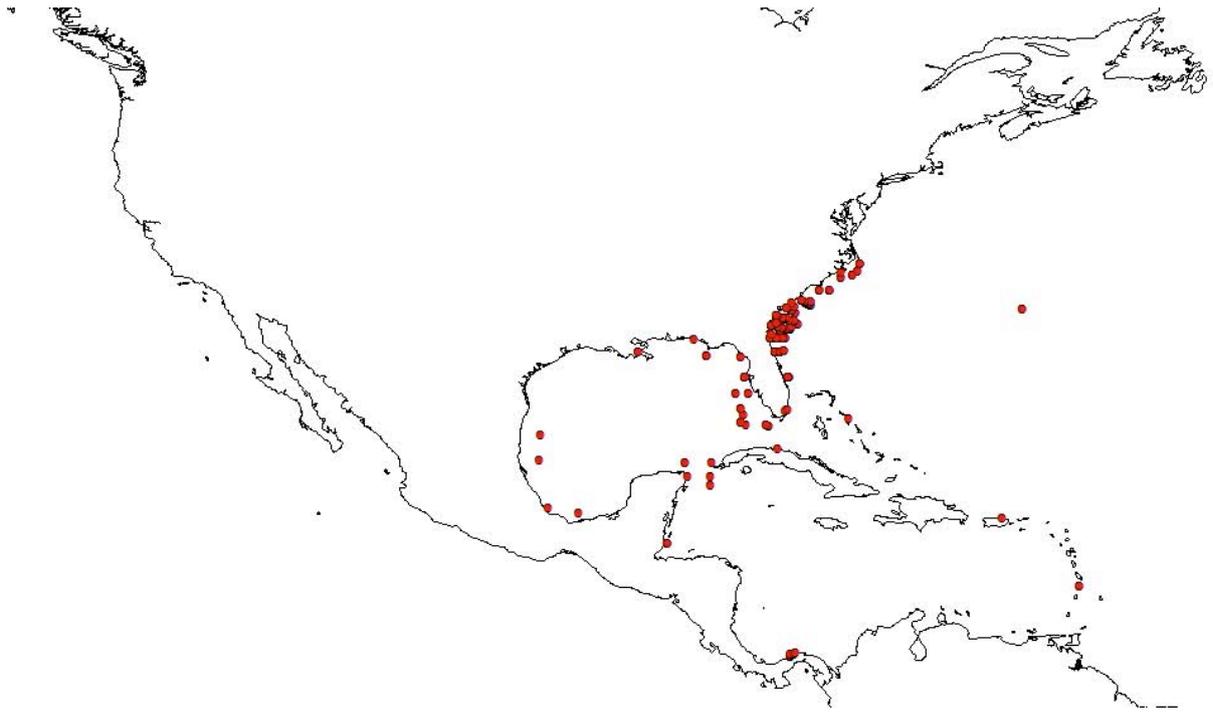
Amphilimna olivacea (Lyman, 1869)



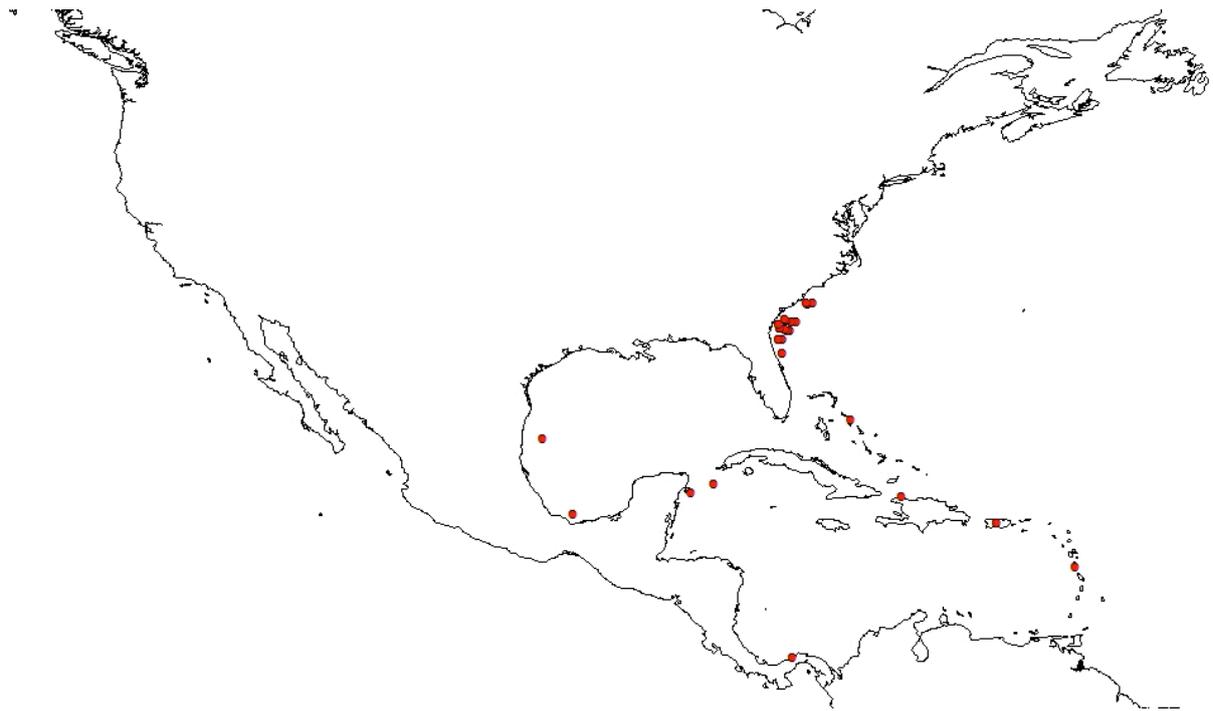
Amphiodia guillermosoberoni Caso, 1979



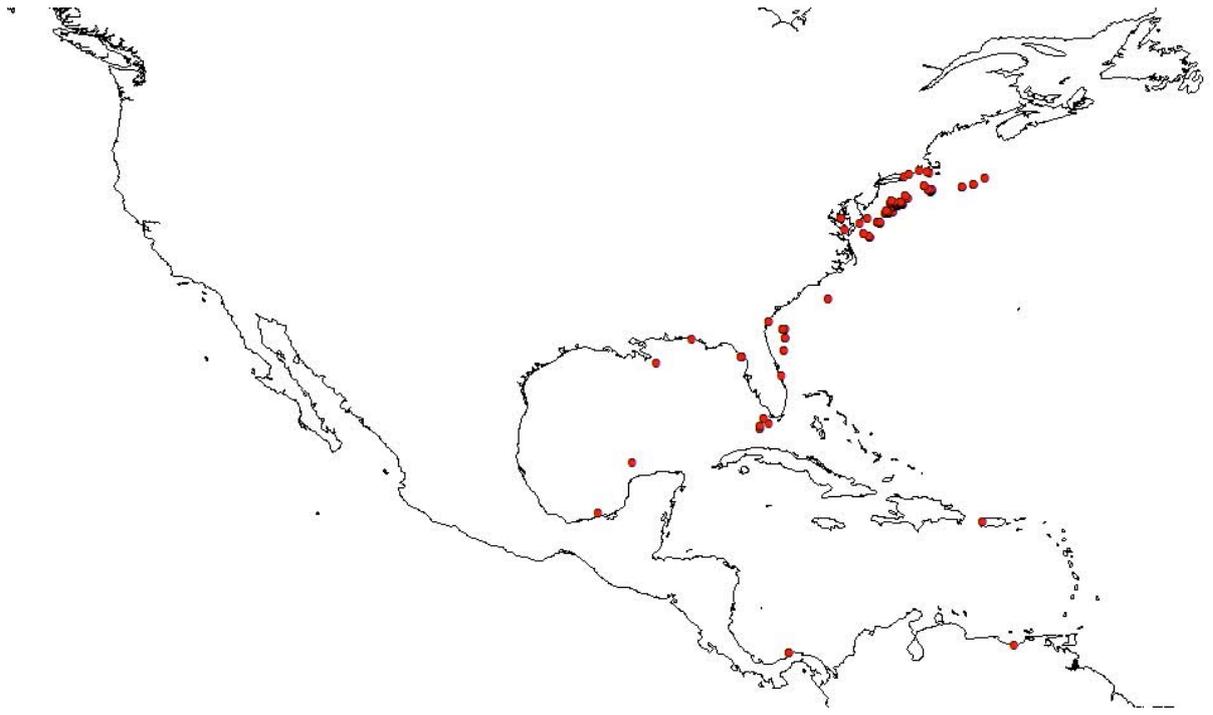
Amphiodia planispina (von Martens, 1867)



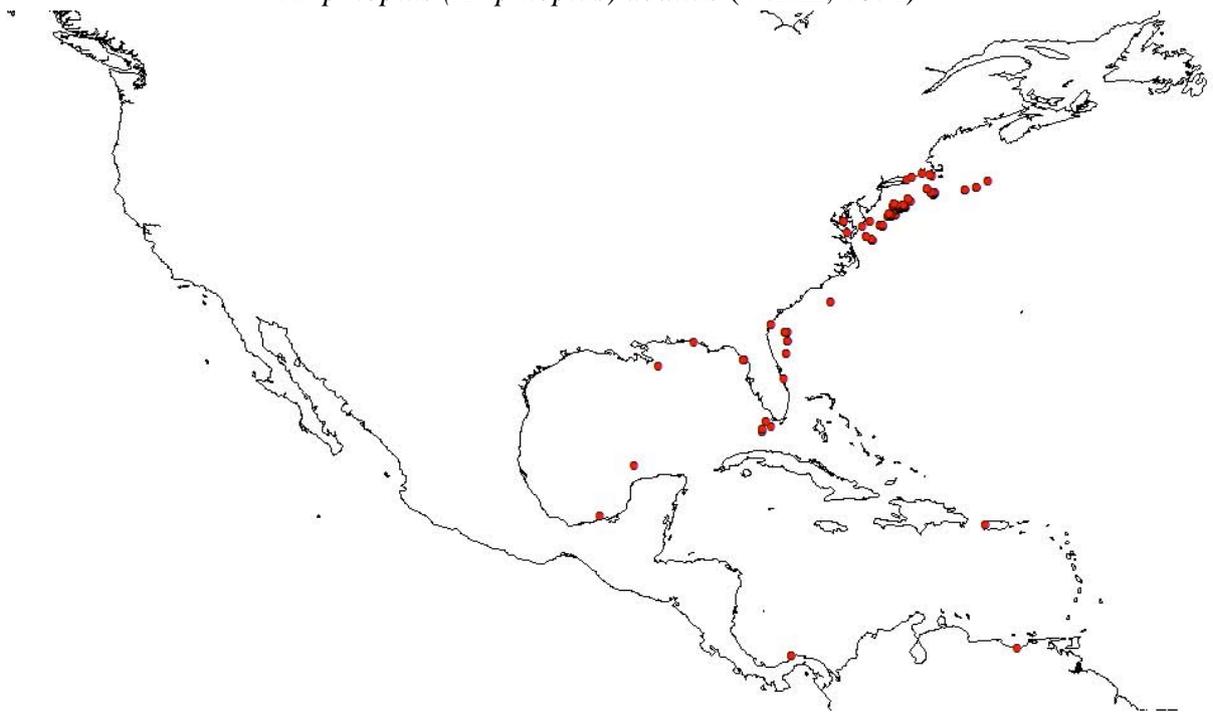
Amphiodia pulchella (Lyman, 1869)



Amphiodia trychna H. L. Clark, 1918



Amphioplus (Amphioplus) abditus (Verrill, 1871)



Amphioplus (Amphioplus) macilentus (Verrill, 1882)



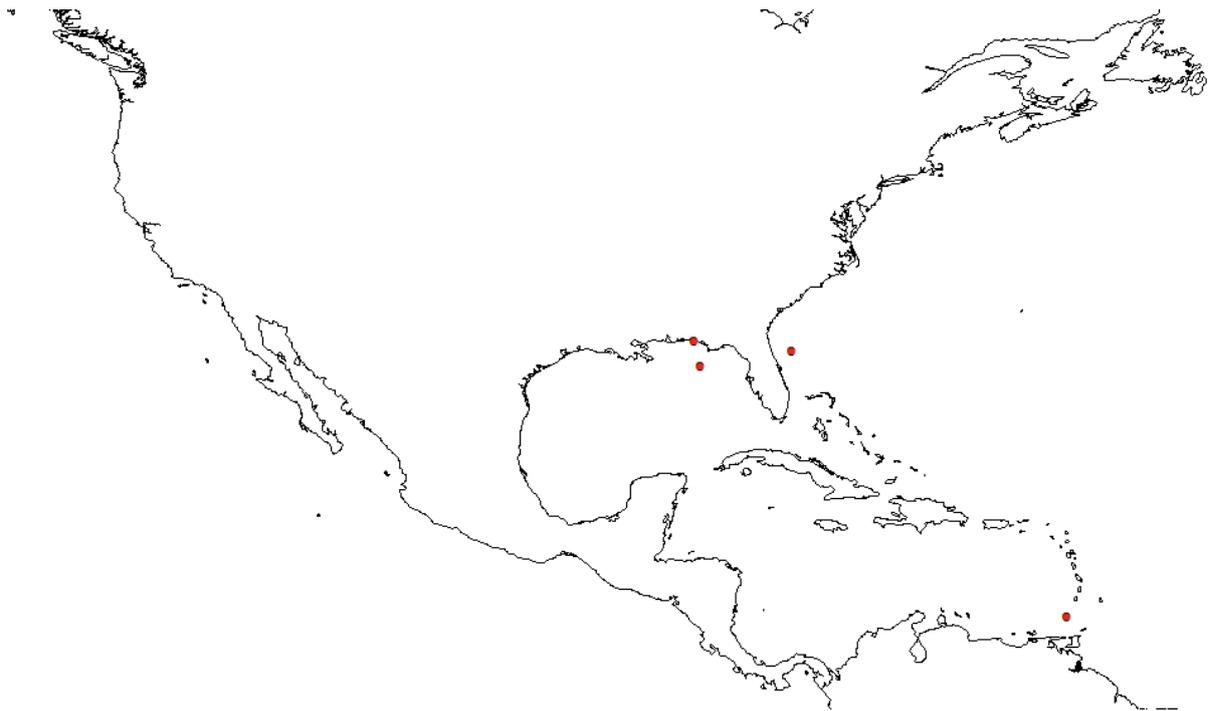
Amphioplus (Amphioplus) sepultus Hendler, 1995



Amphioplus (Unioplus) incisus (Lyman, 1883)



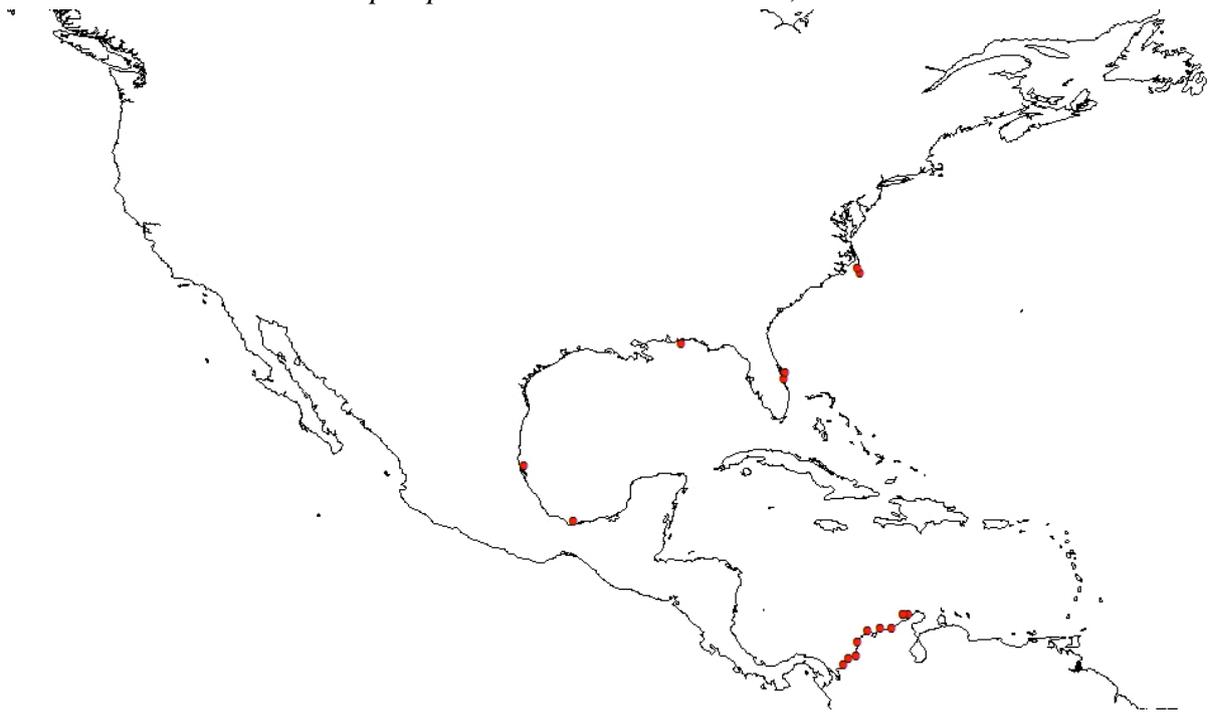
Amphioplus coniertodes H.L. Clark, 1918



Amphioplus cuneatus (Lyman, 1878)



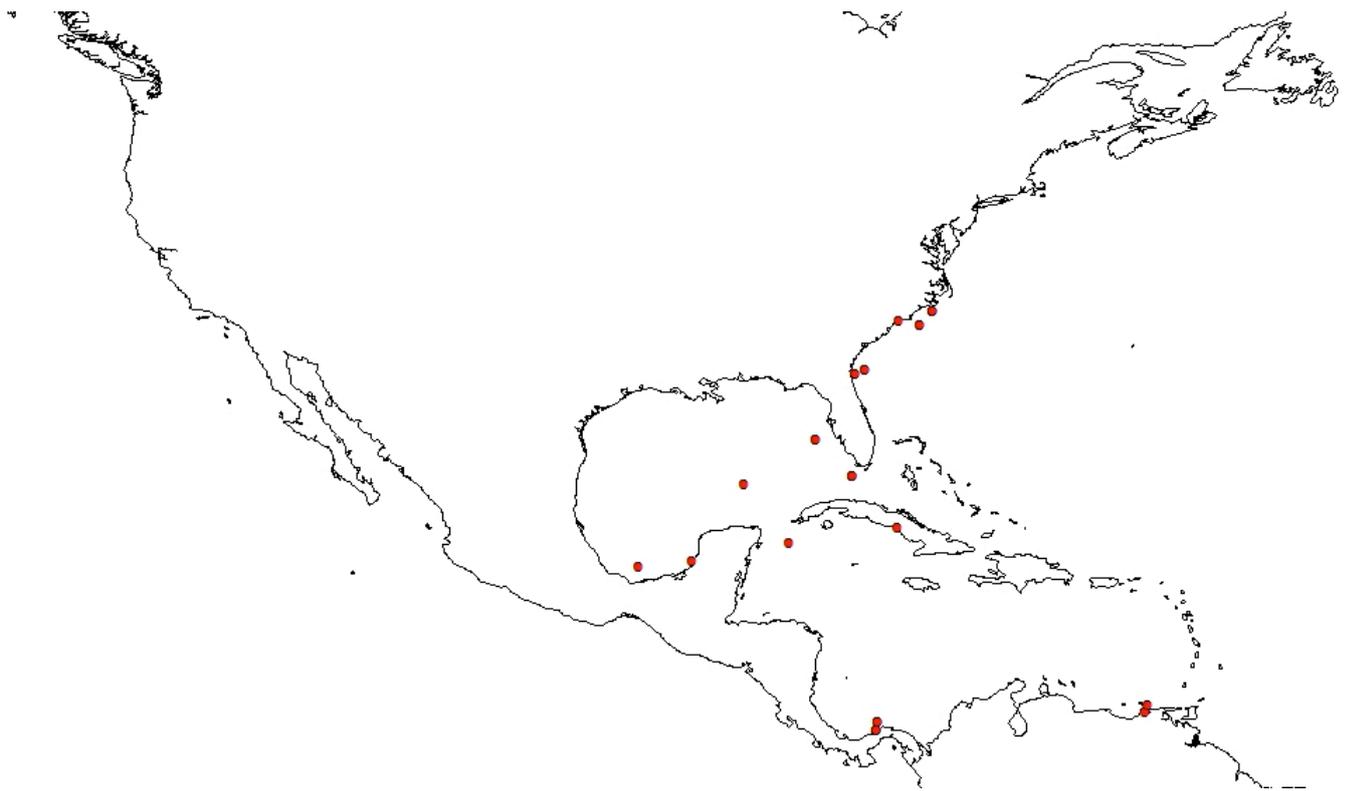
Amphioplus thrombodes H.L. Clark, 1918



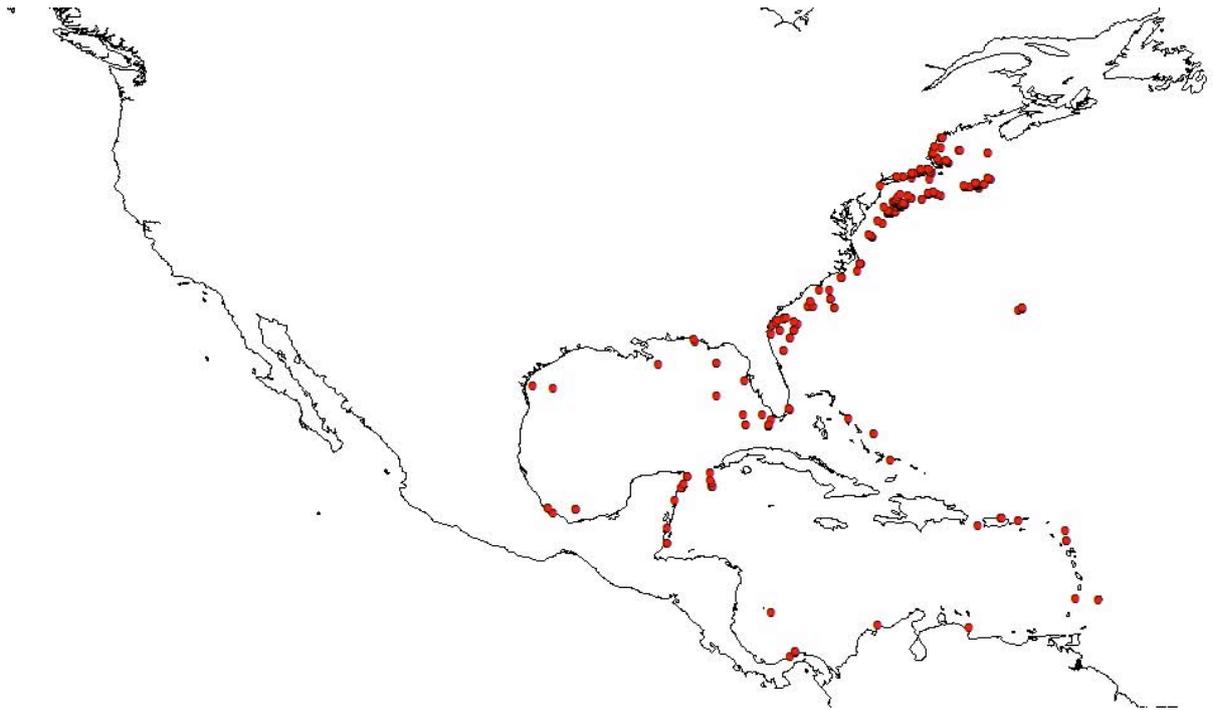
Amphioplus tumidus (Lyman, 1878)



Amphipholis goesi Ljungman, 1872



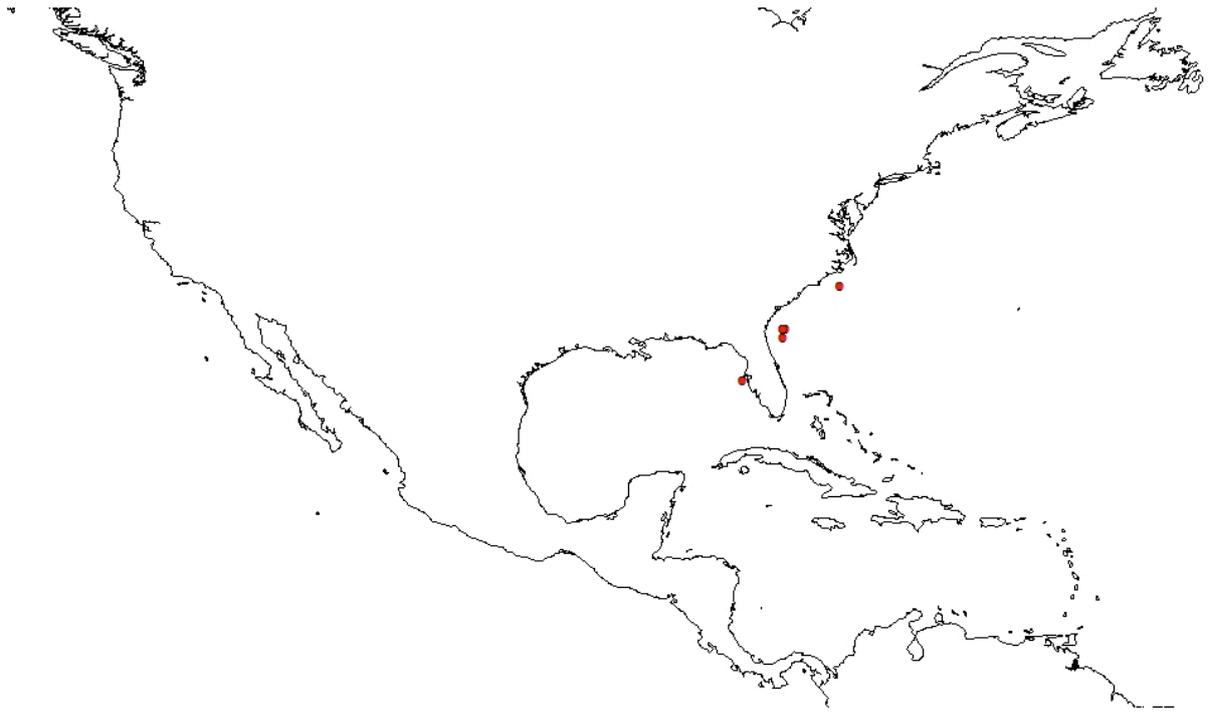
Amphipholis januarii Ljungman, 1867



Amphipholis squamata (Delle Chiaje, 1828)



Amphiura (Amphiura) grandisquama Lyman, 1869



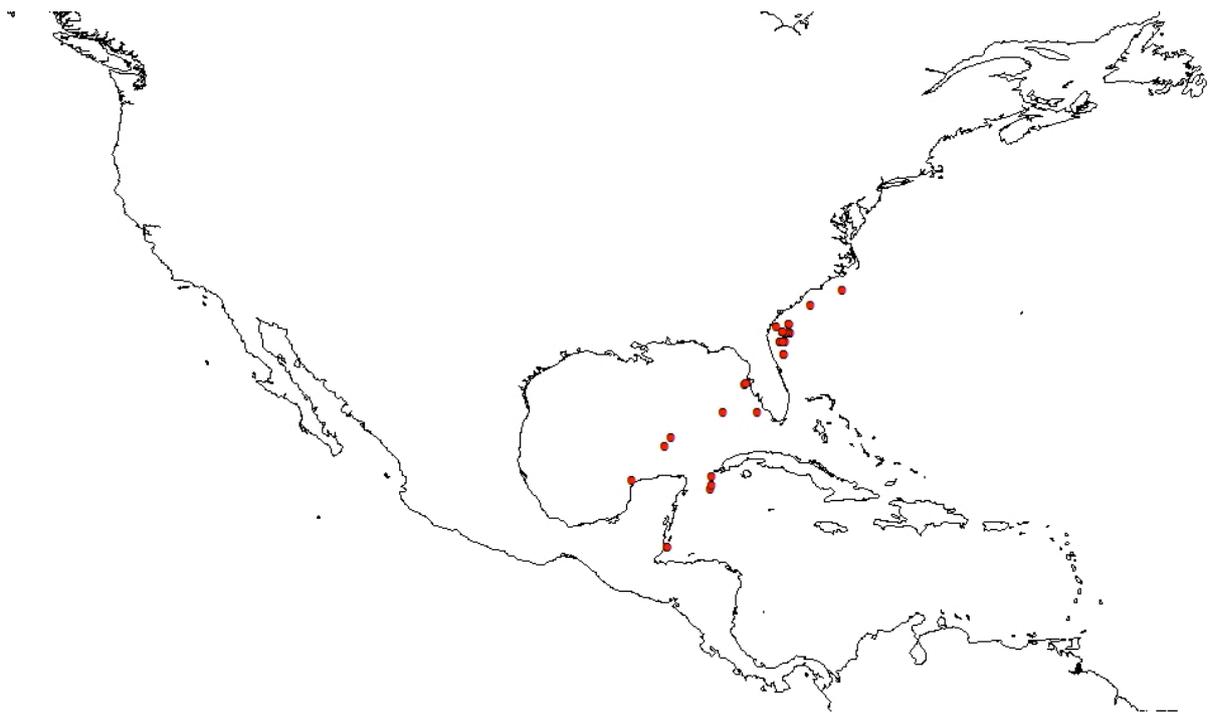
Amphiura (Ophionema) intricata Lütken, 1869



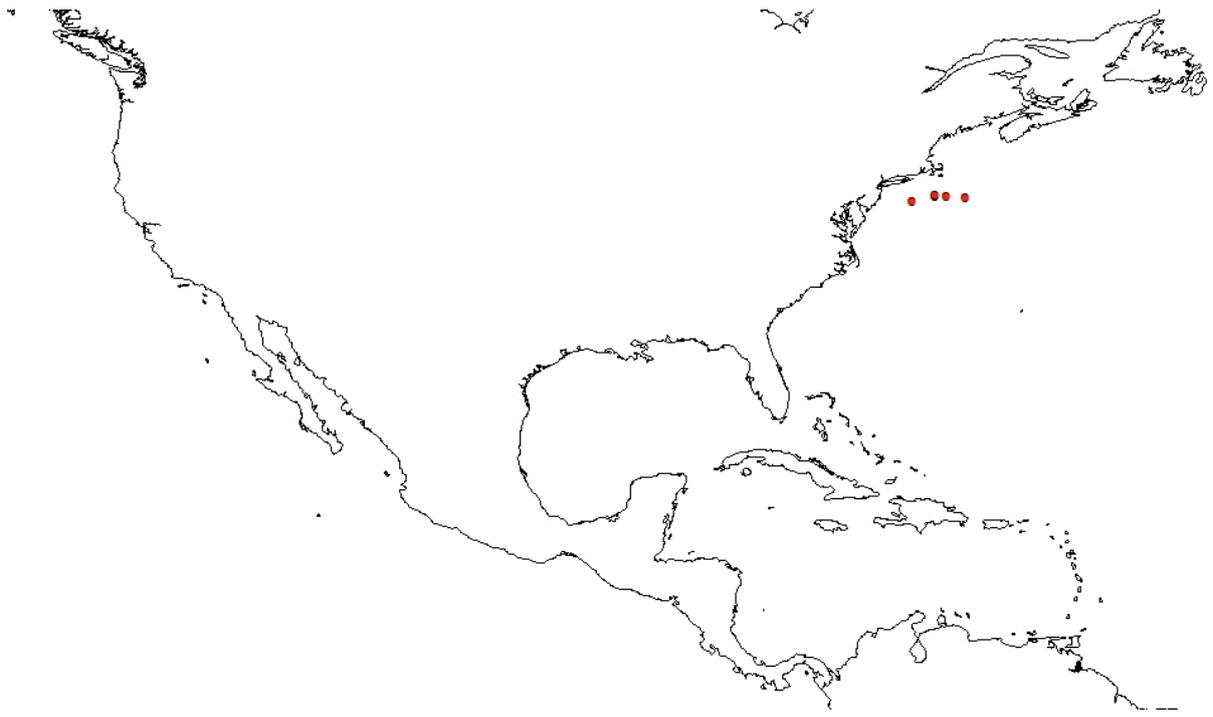
Amphiura bihamula H.L. Clark, 1900



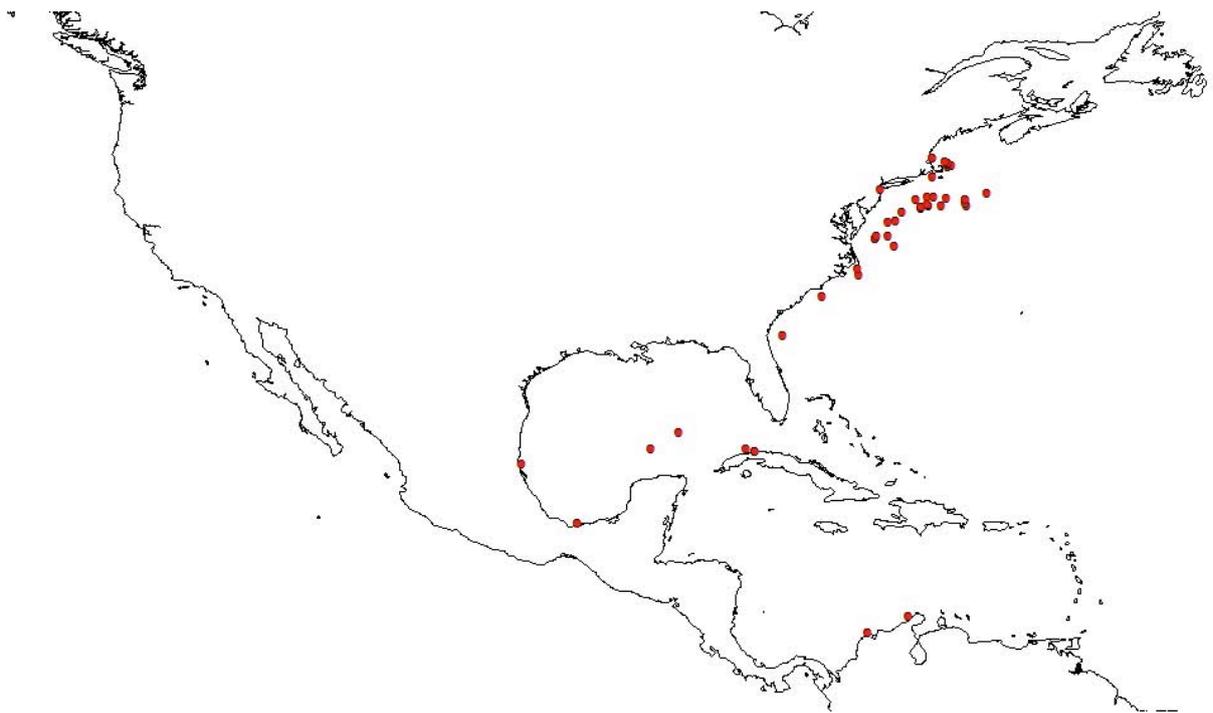
Amphiura diducta Koehler, 1914



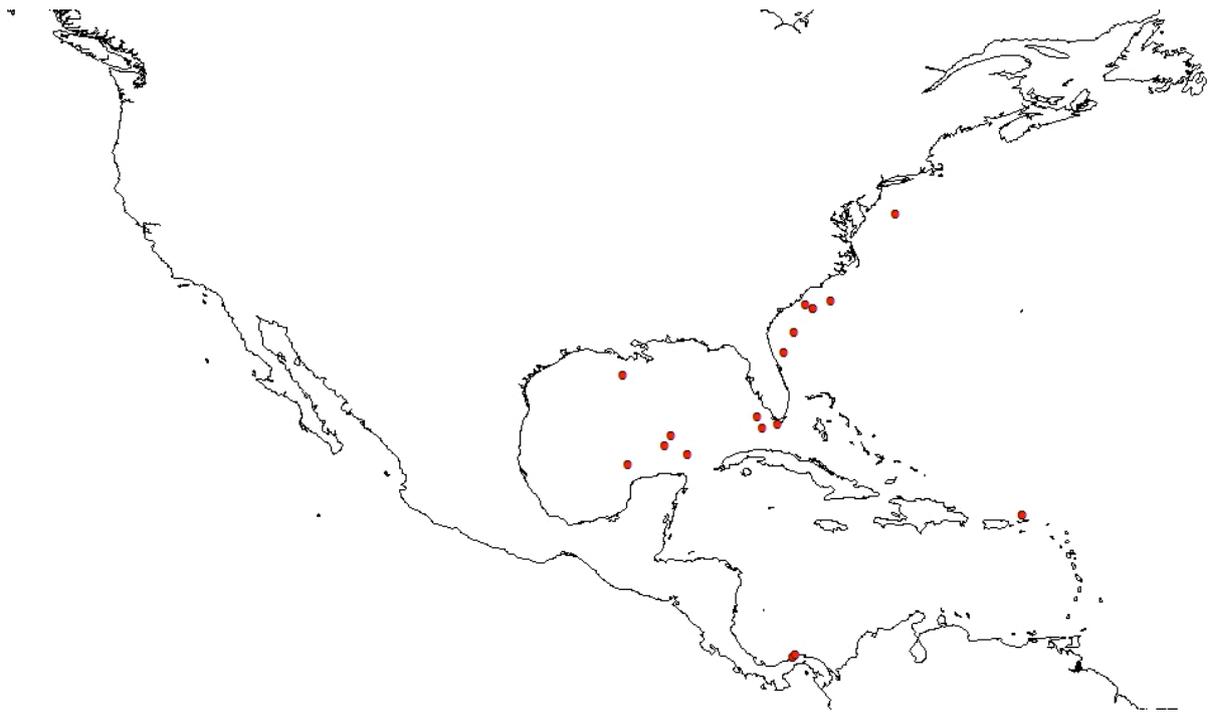
Amphiura fibulata Koehler, 1913



Amphiura fragilis Verrill, 1885



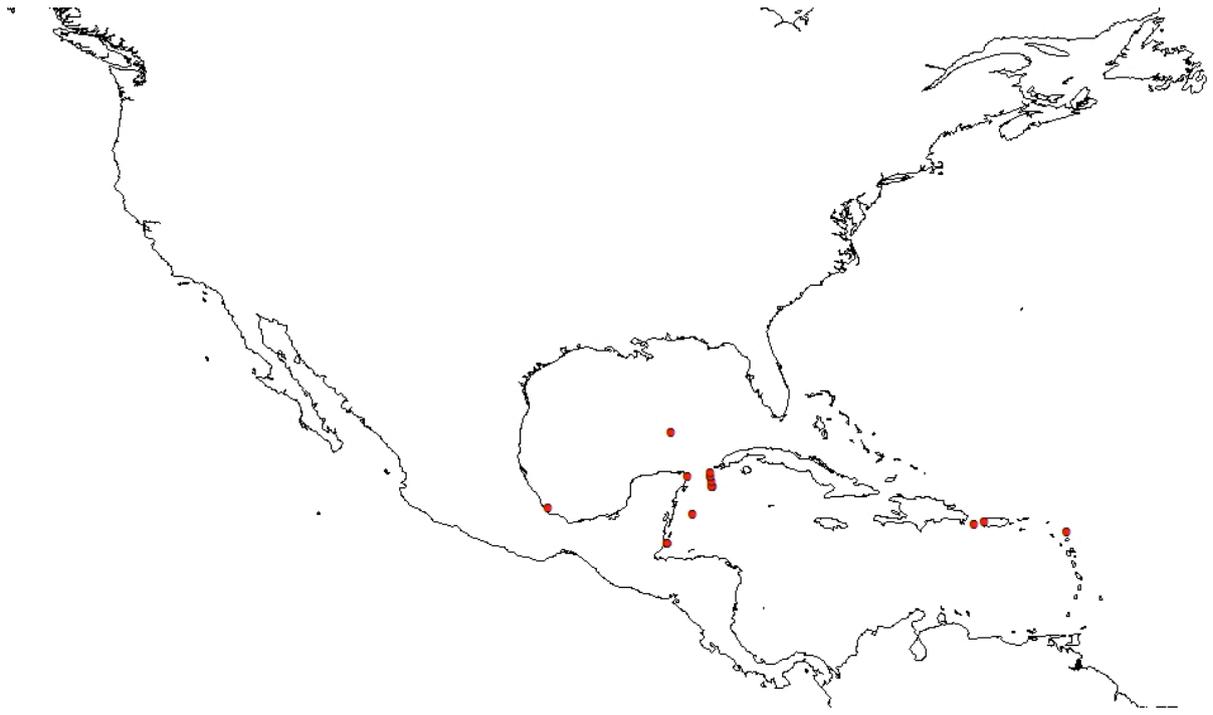
Amphiura otteri Ljungman, 1872



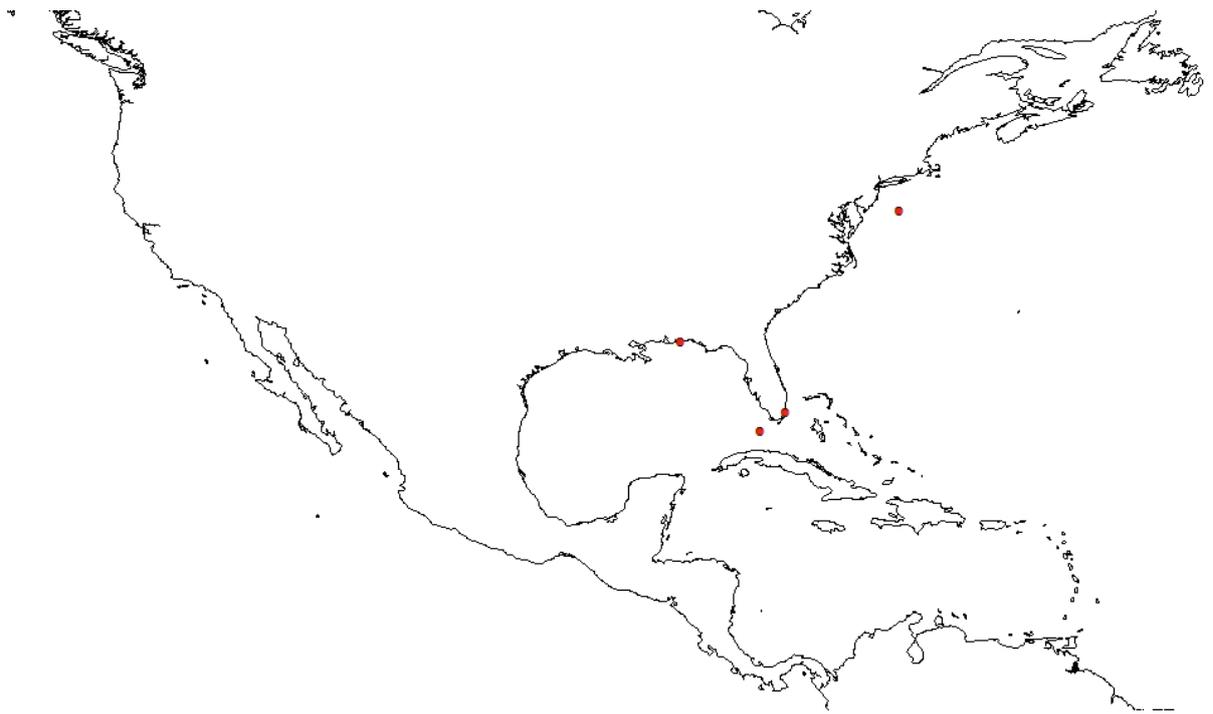
Amphiura palmeri Lyman, 1882



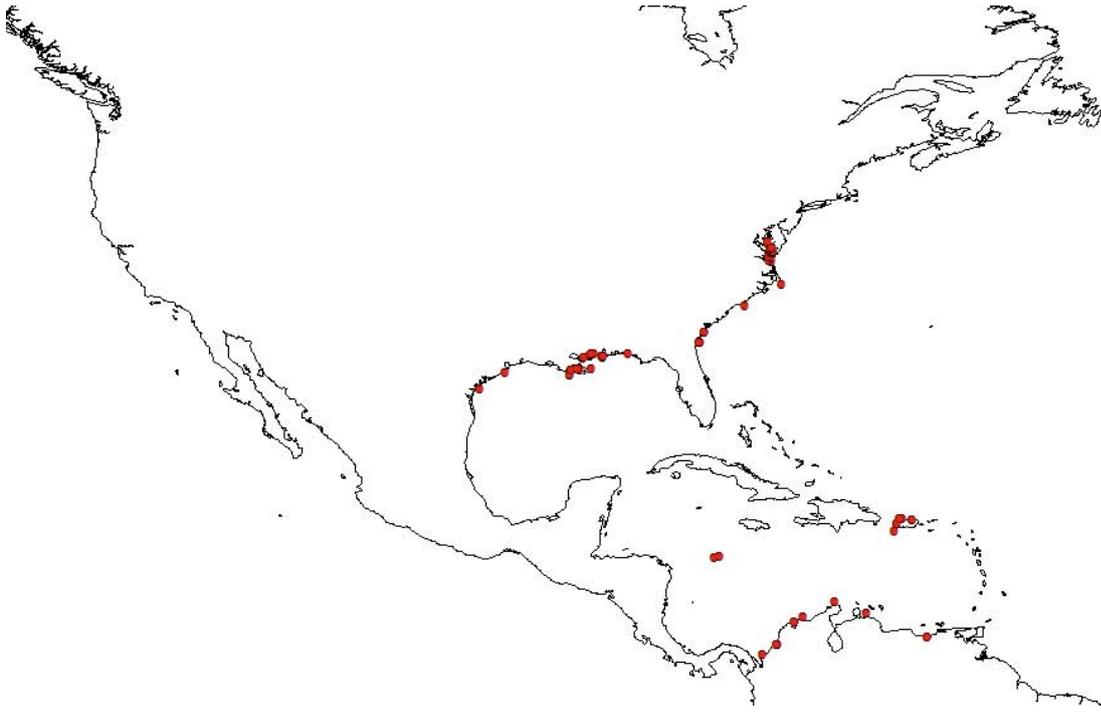
Amphiura rathbuni Koehler, 1914



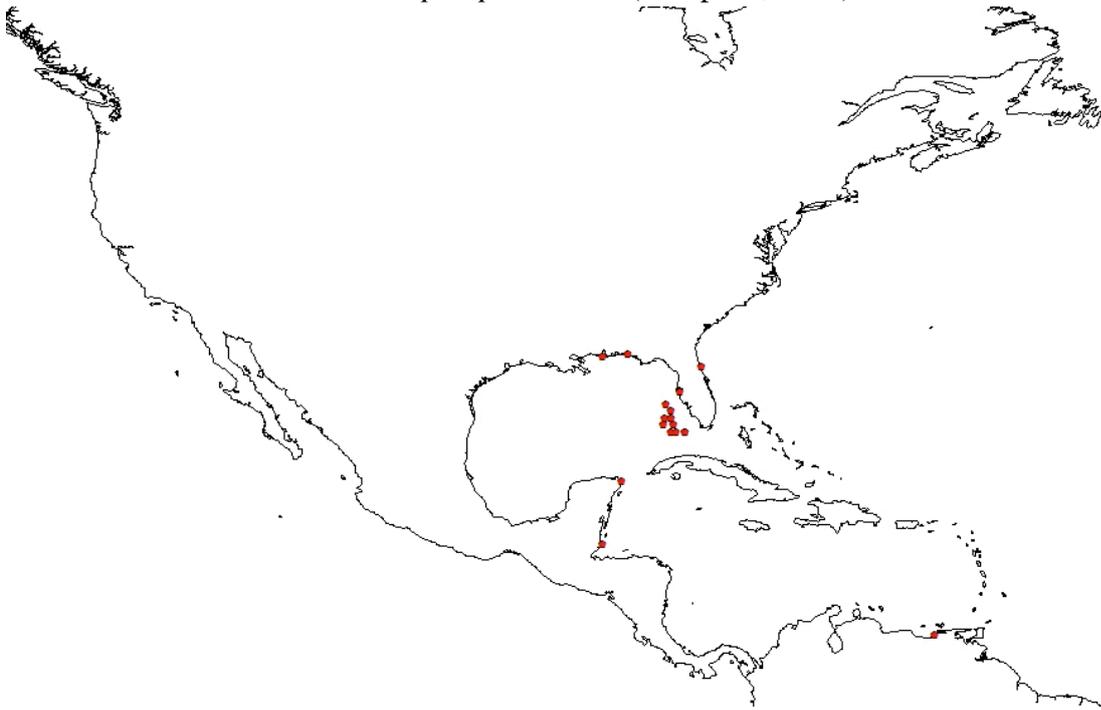
Amphiura stimpsoni Lütken, 1859



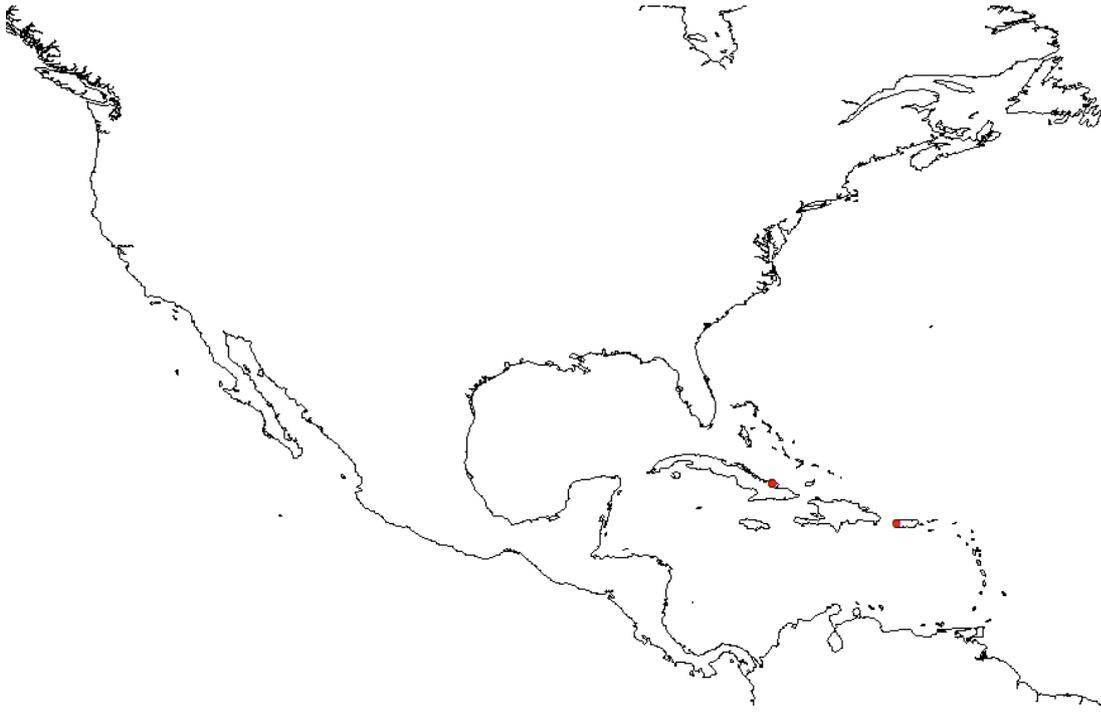
Amphiura semiermis Lyman, 1869



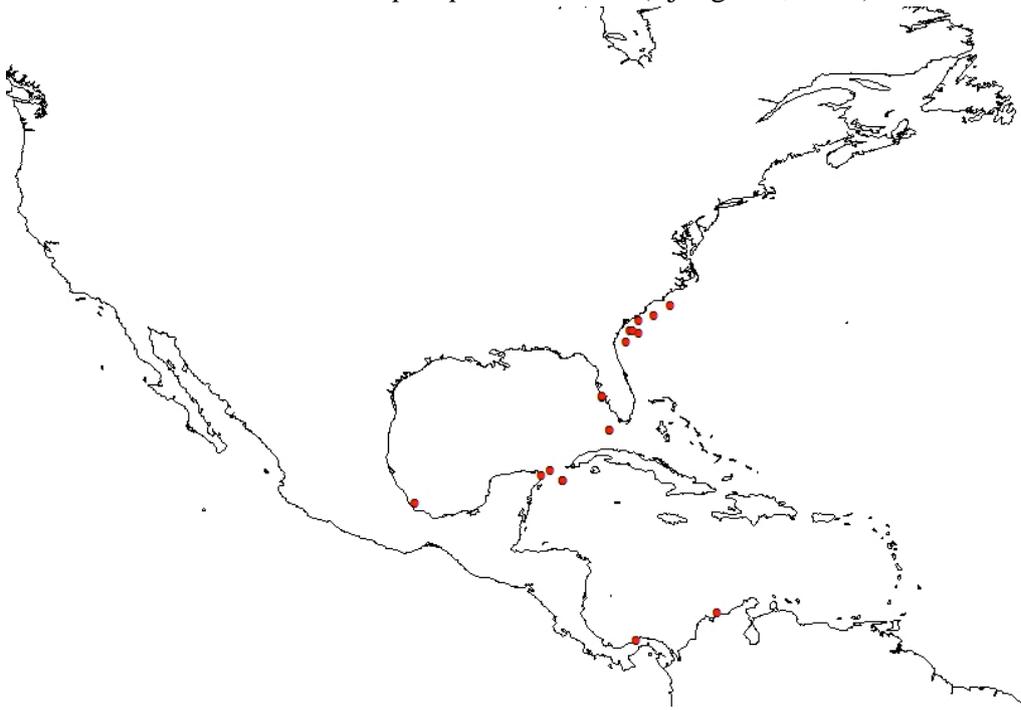
Microphiopholis atra (Stimpson, 1852)



Microphiopholis gracillima (Stimpson, 1854)



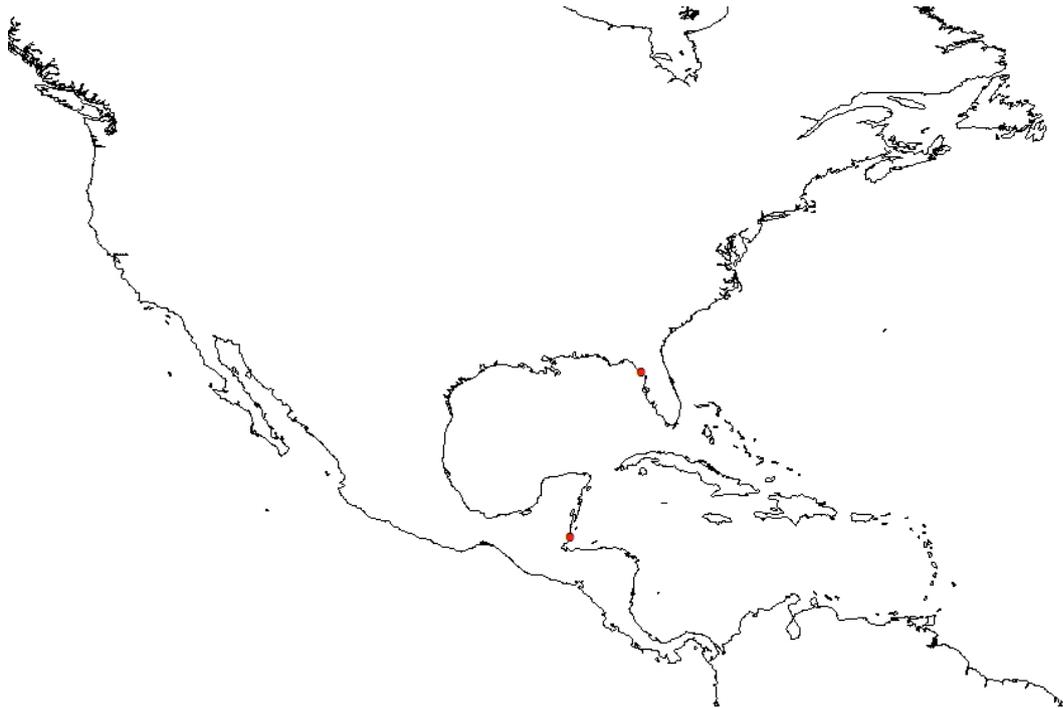
Microphiopholis subtilis (Ljungman, 1867)



Ophiocnida scabriuscula (Lütken, 1859)



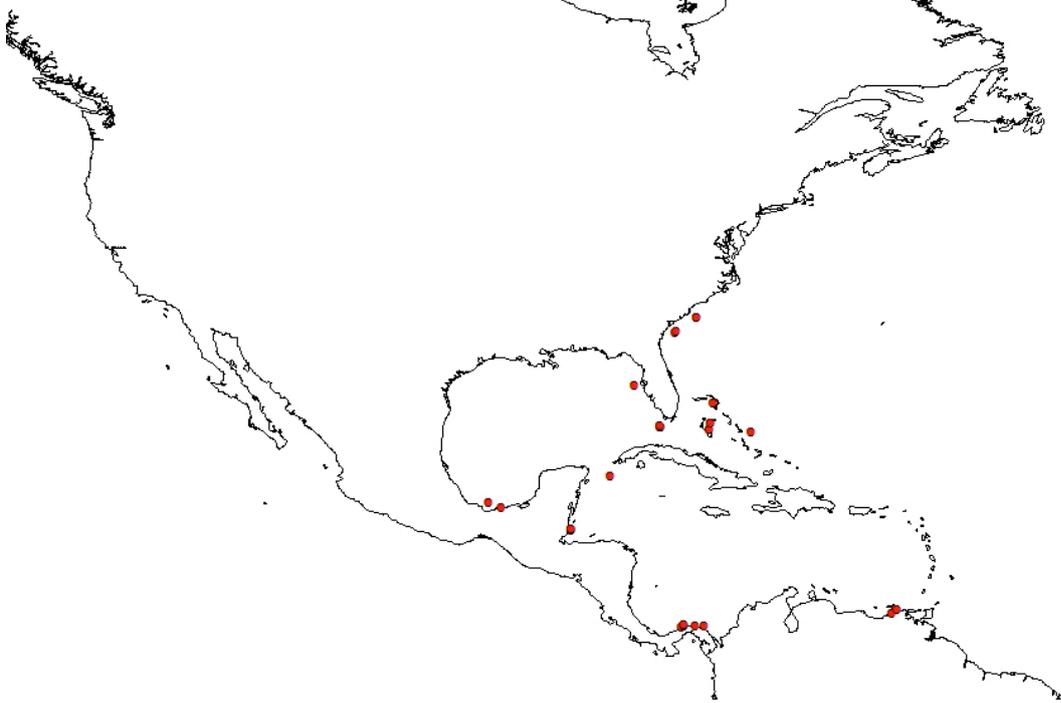
Ophionephthys limicola Lütken, 1869



Ophiophragmus filigraneus (Lyman, 1875)



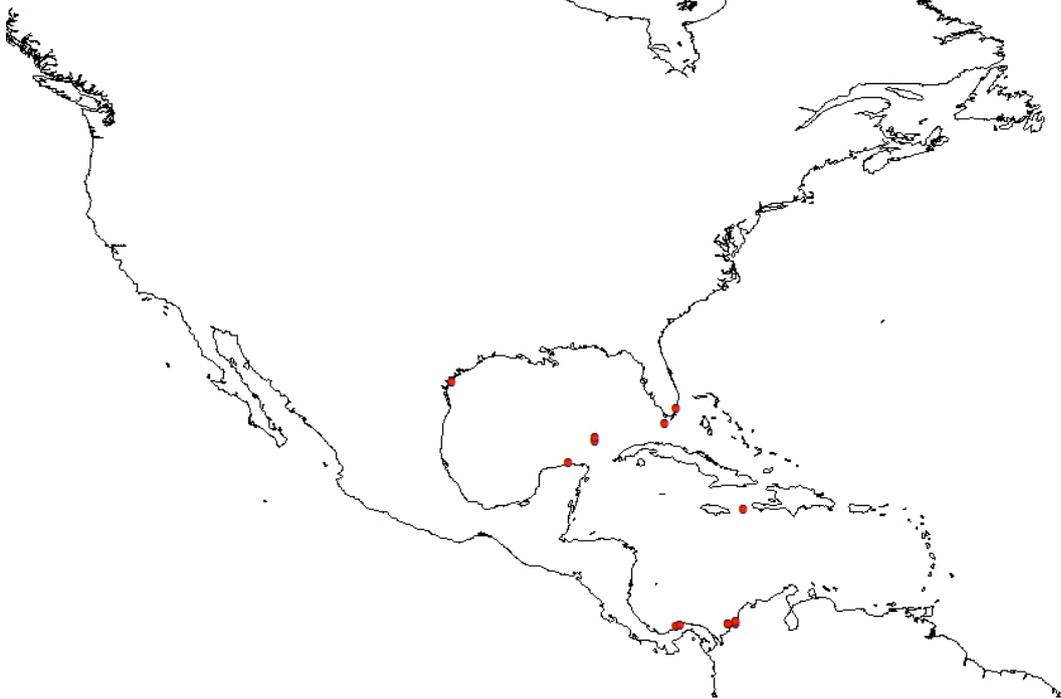
Ophiophragmus moorei Thomas, 1965



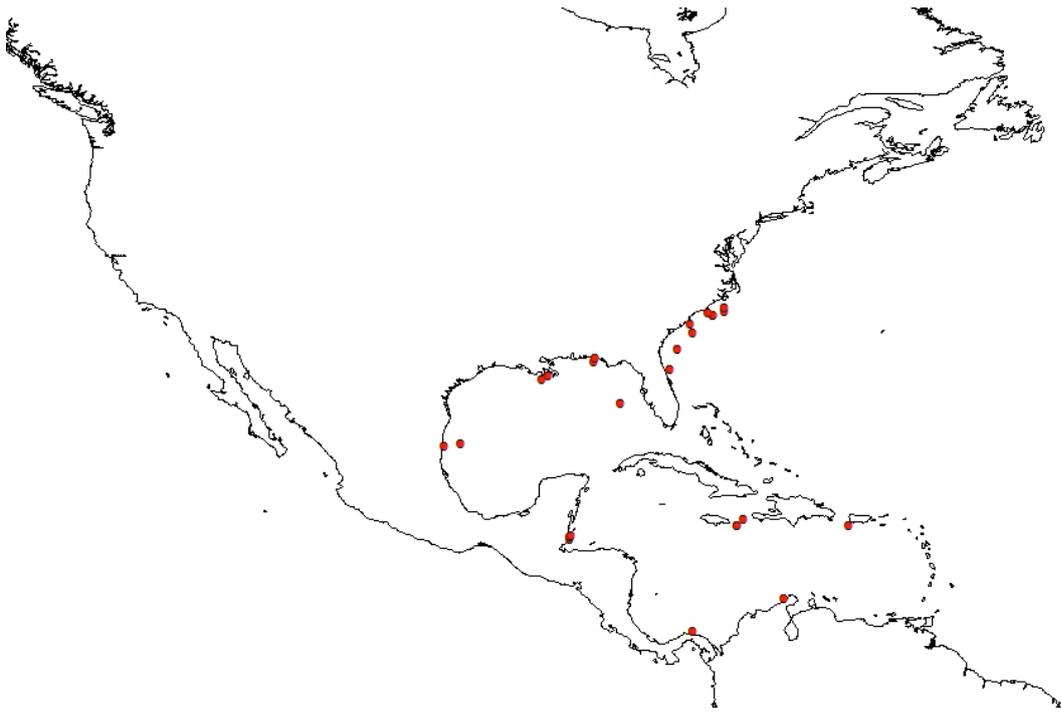
Ophiophragmus pulcher H. L. Clark, 1918



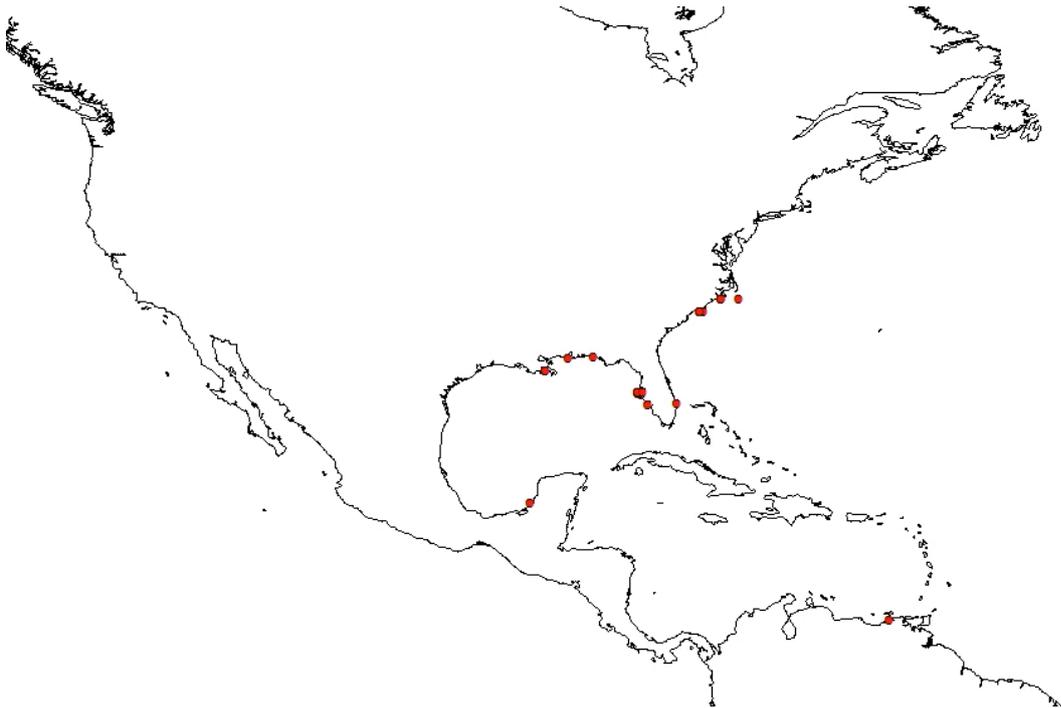
Ophiophragmus cubanus (A. H. Clark, 1917)



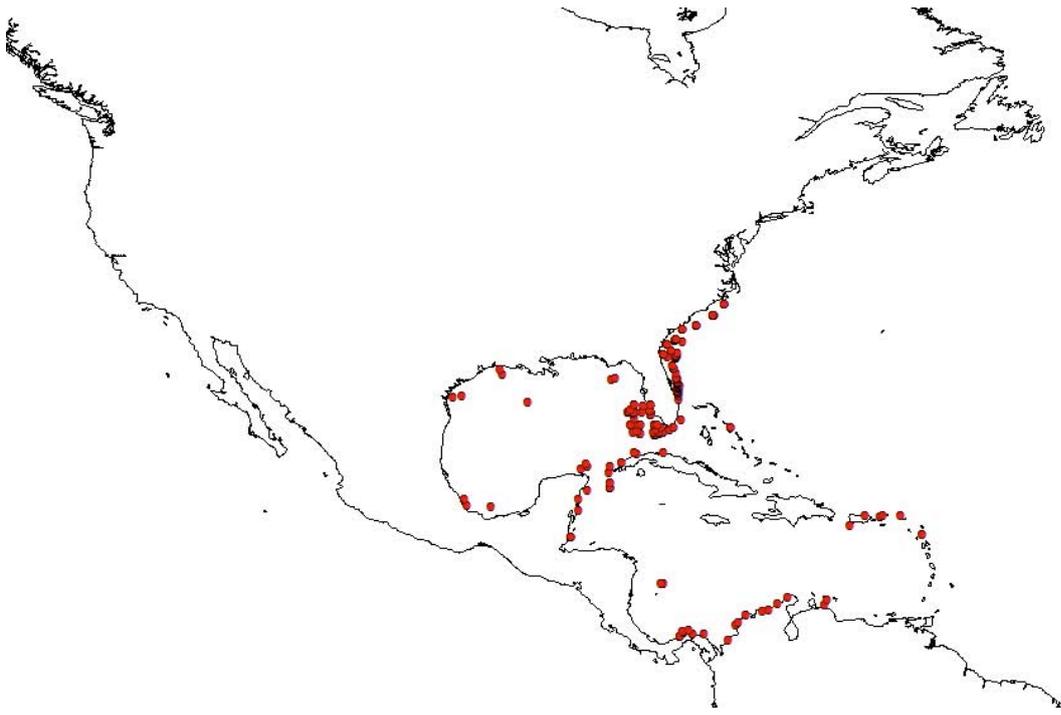
Ophiophragmus riisei (Lütken, 1859)



Ophiophragmus septus (Lütken, 1859)



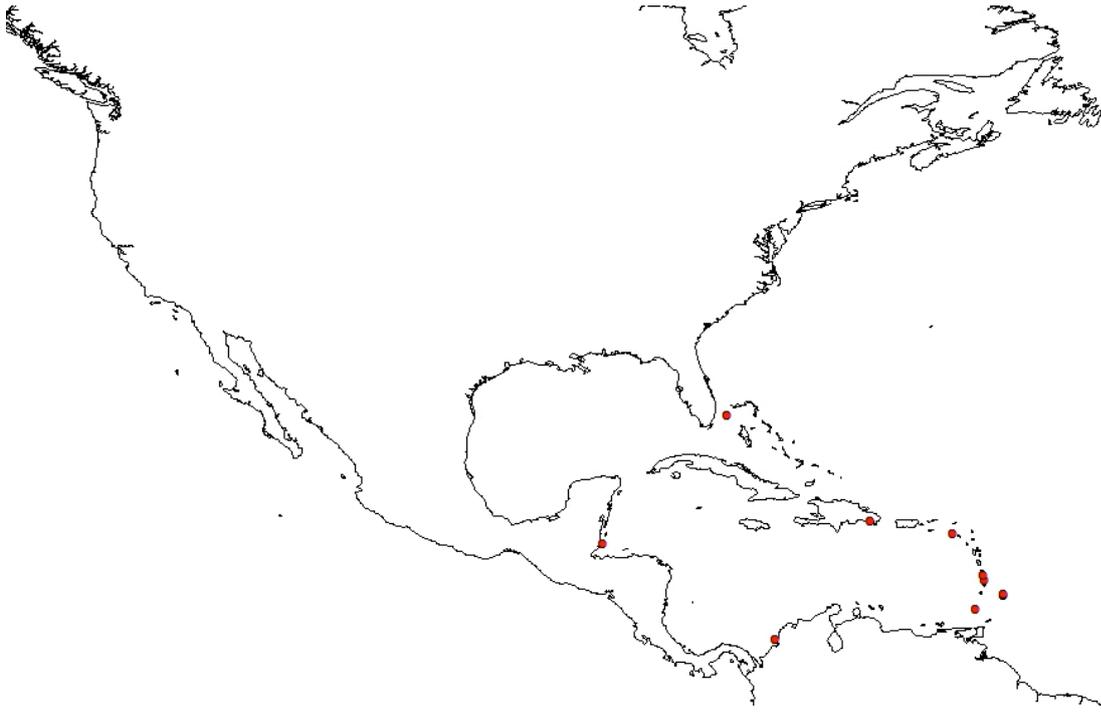
Ophiophragmus wurdemani (Lyman, 1860)



Ophiostigma isocanthum (Say, 1825)



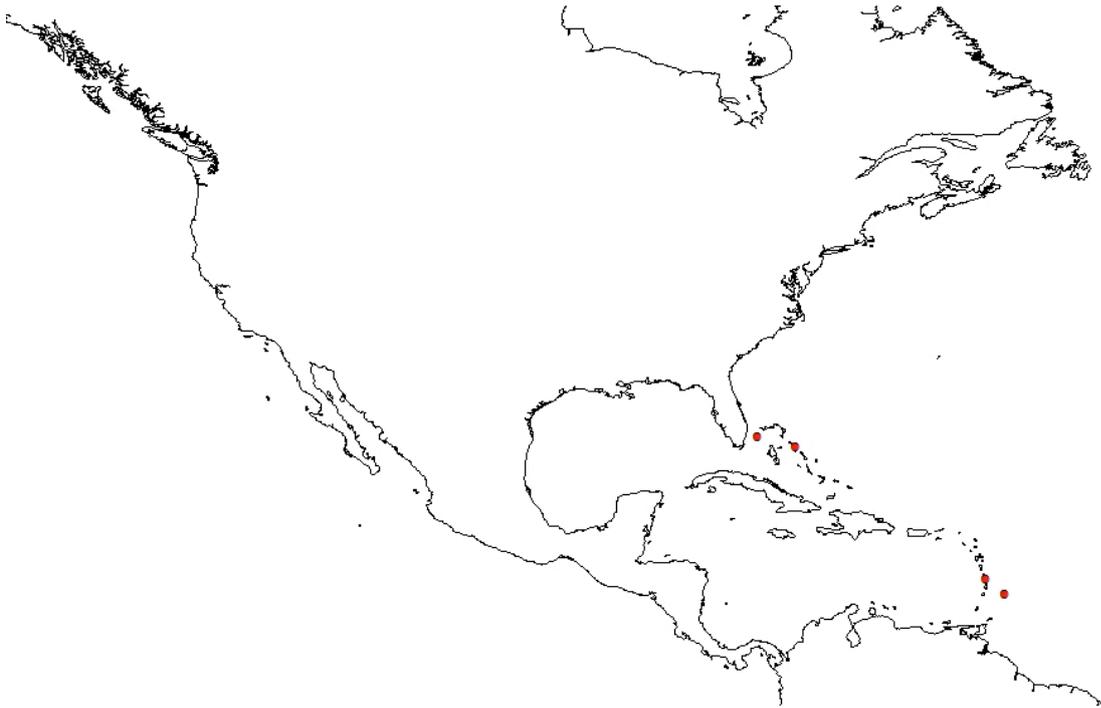
Ophiostigma siva Hendler, 1995



Hemieuryale pustulata Von Martens, 1867



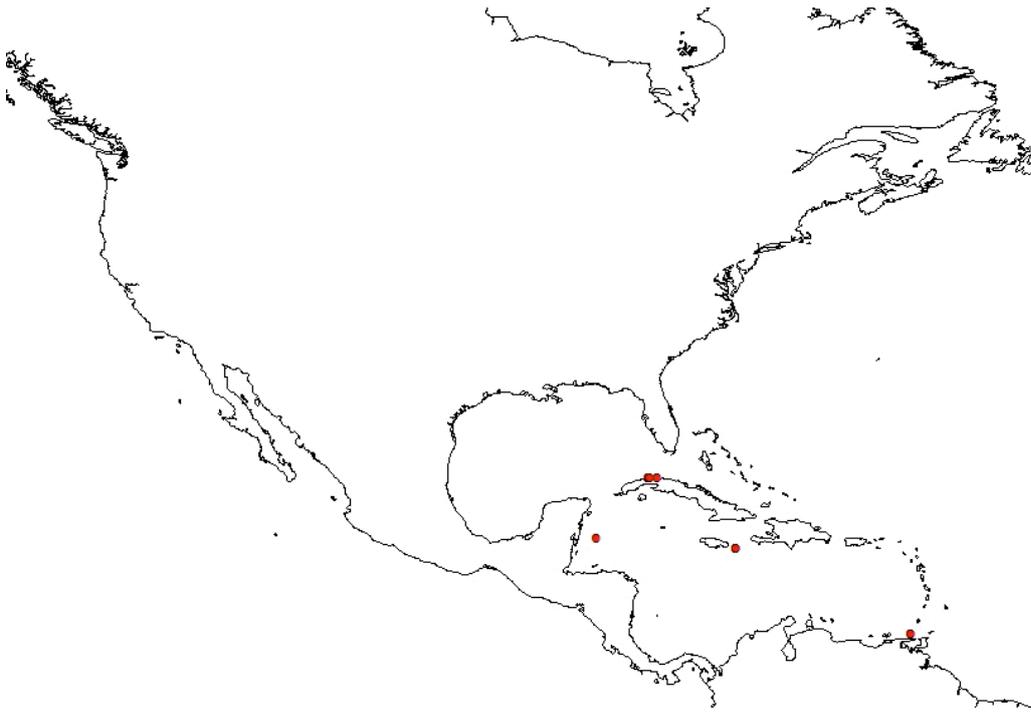
Ophioholcus sexradiata (Koehler, 1914)



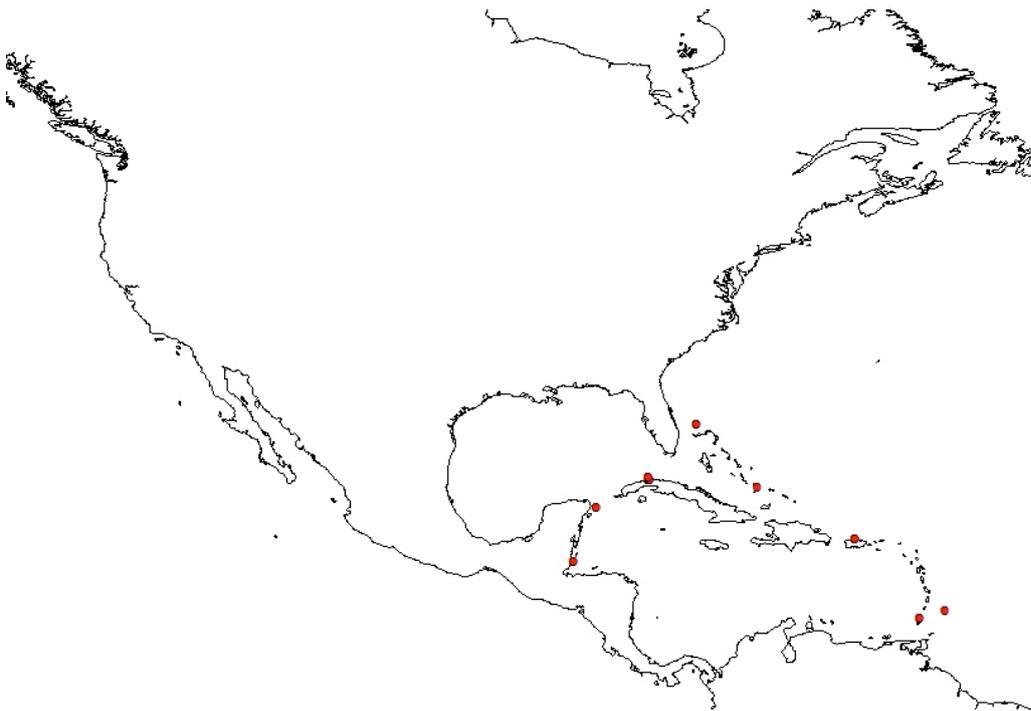
Ophioplus tuberculosus (Lyman, 1883)



Quironia johnsoni A.H. Clark, 1934



Sigsbeia conifera Koehler, 1914



Sigsbeia murrhina Lyman, 1878



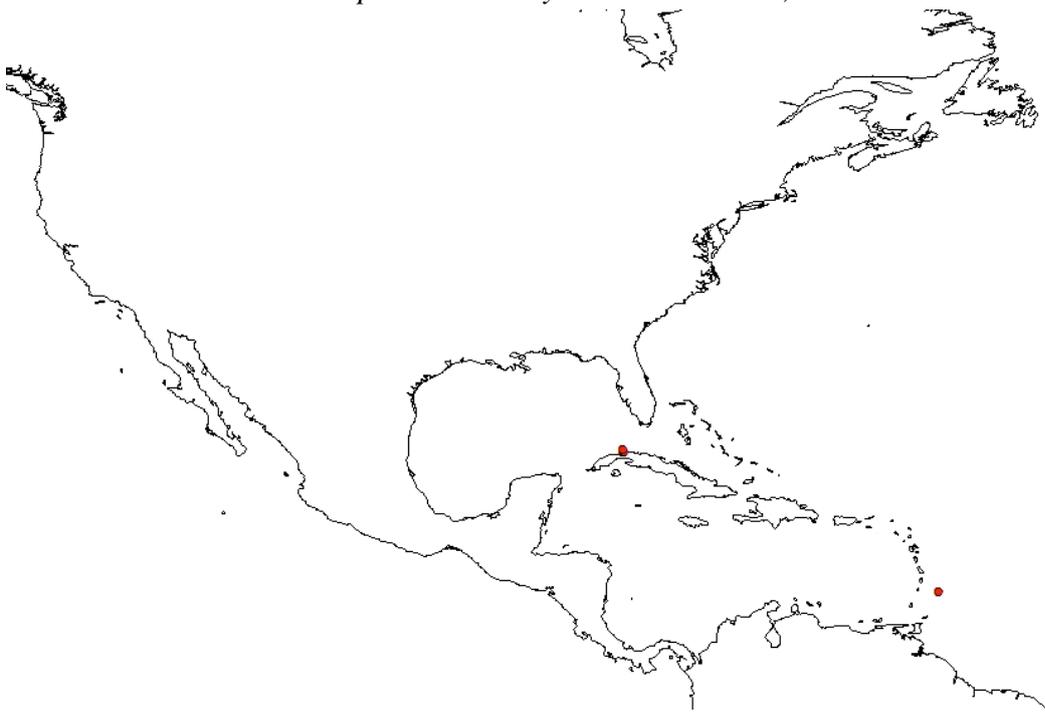
Ophiochondrus convolutus Lyman, 1869



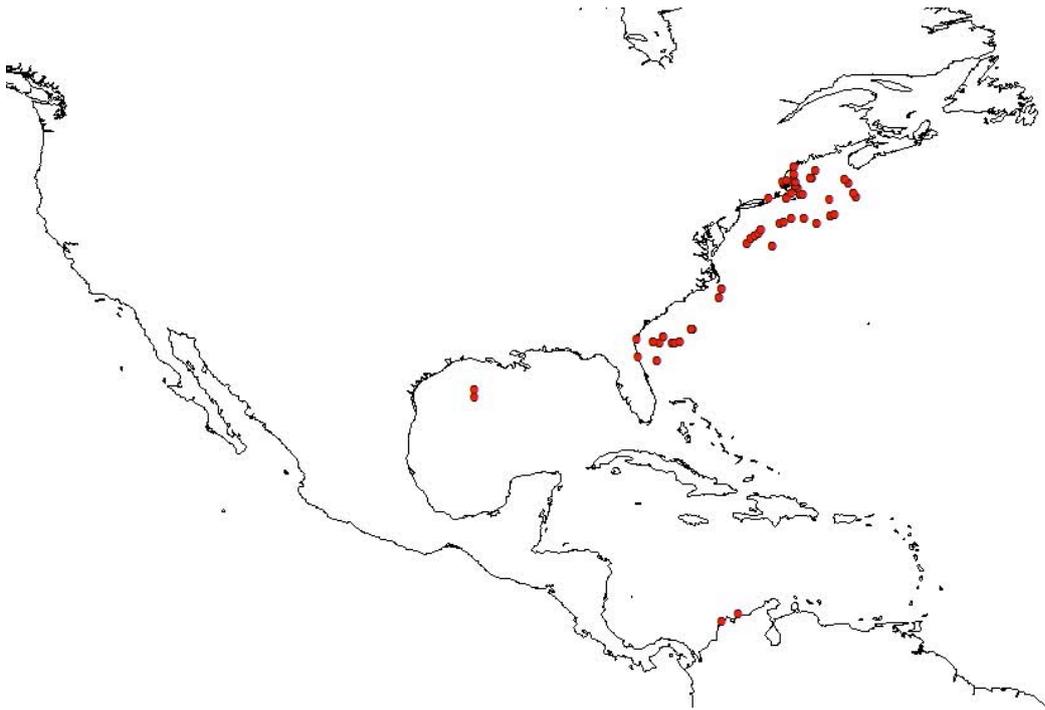
Ophiochondrus crassispinus Lyman, 1883



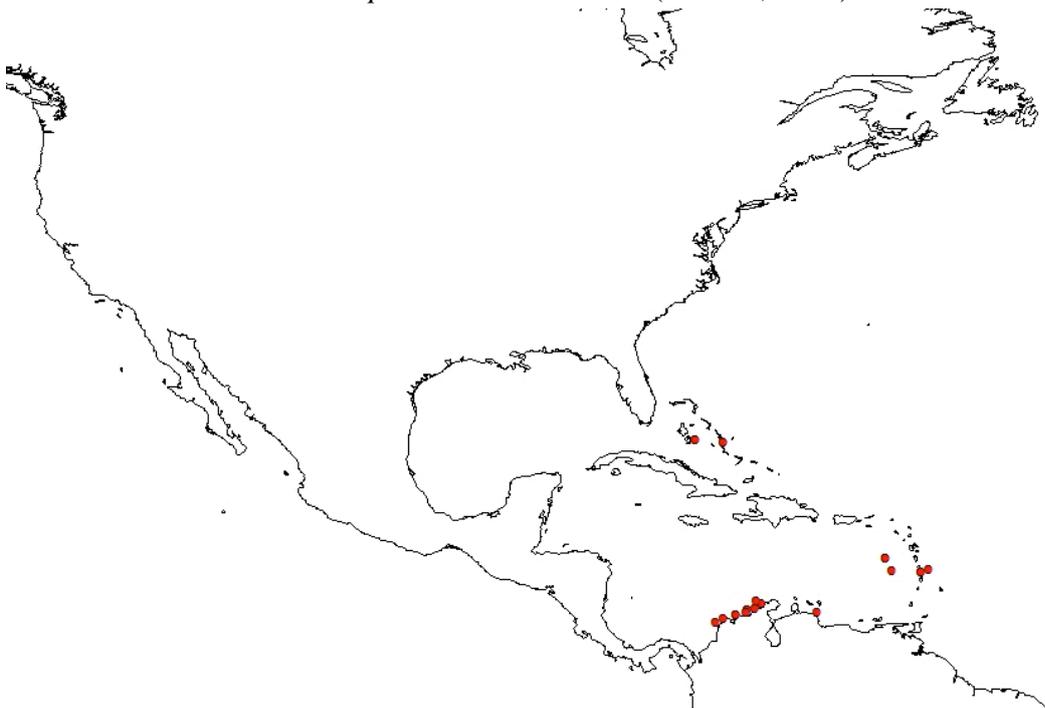
Ophiacantha abyssicola G.O. Sars, 1871



Ophiacantha aspera Lyman, 1878



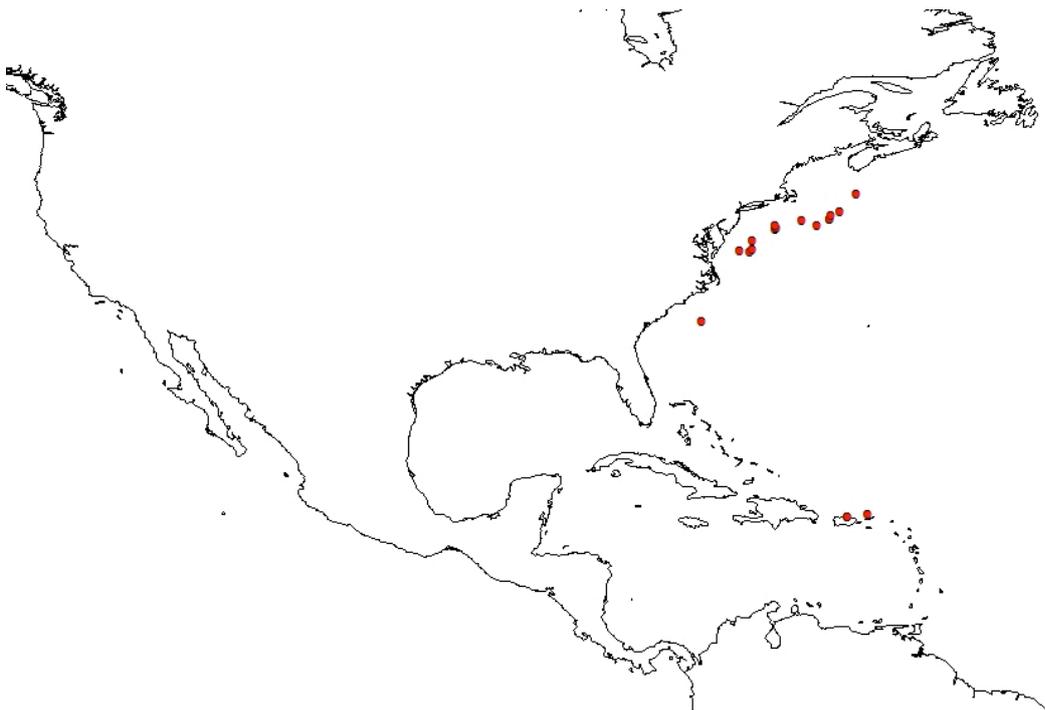
Ophiacantha bidentata (Retzius, 1805)



Ophiacantha echinulata Lyman, 1878



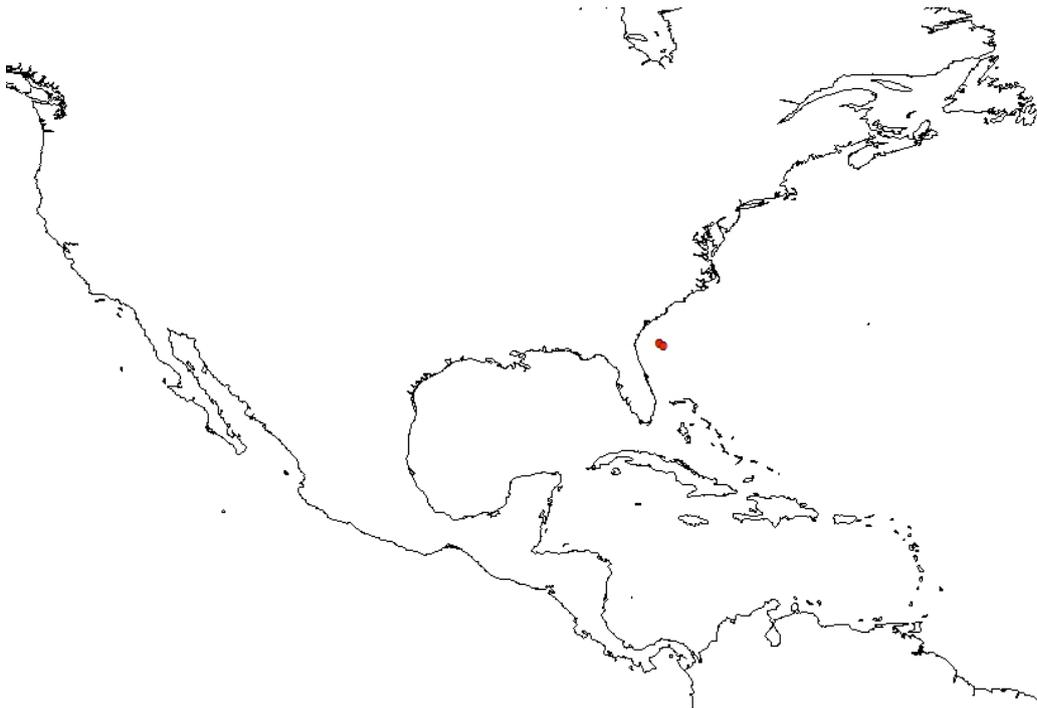
Ophiacantha enopla Verrill, 1885



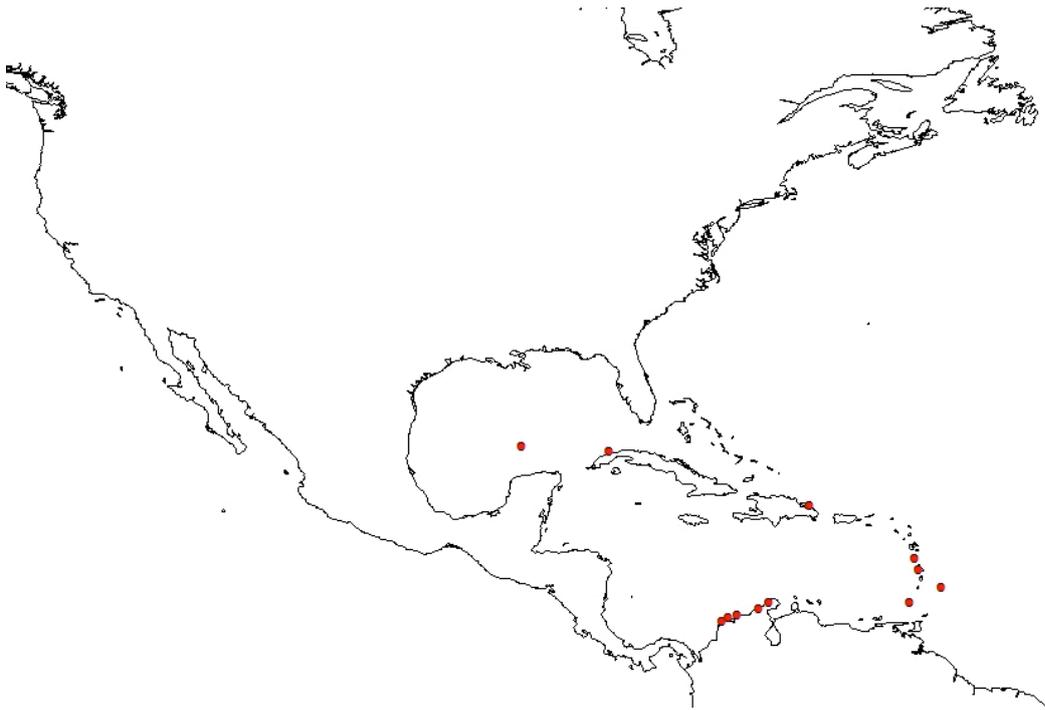
Ophiacantha fraterna Verrill, 1885



Ophiacantha granulifera Verrill, 1885



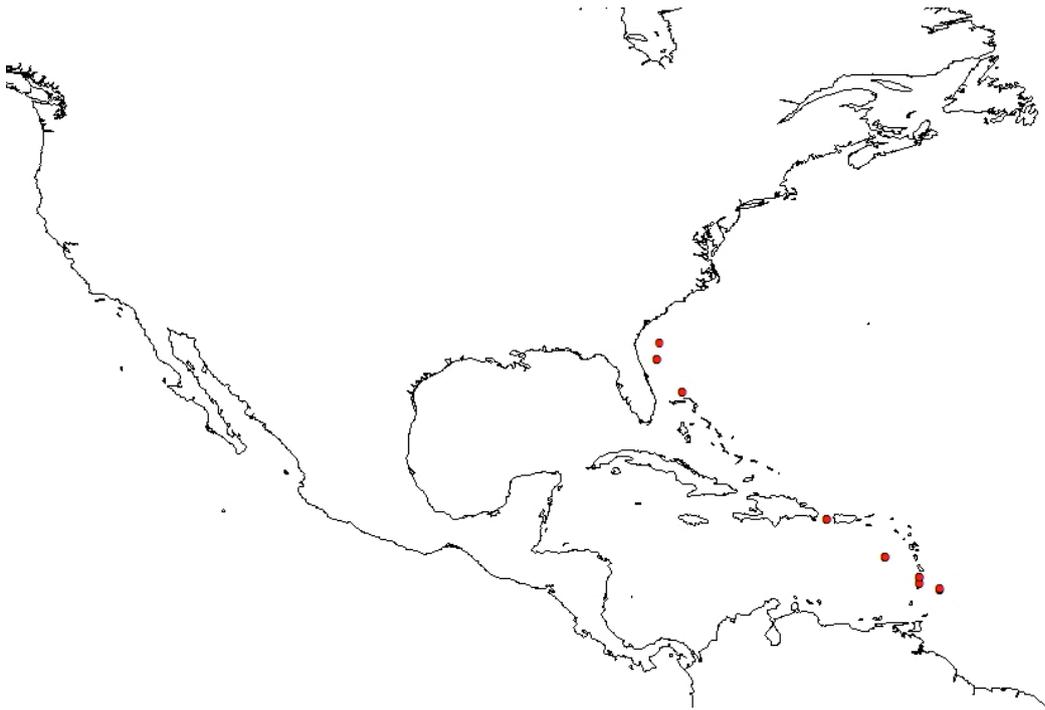
Ophiacantha lineata Koehler, 1896



Ophiacantha mesembria H.L. Clark, 1915



Ophiacantha metallacta H.L. Clark, 1915



Ophiacantha pentacrinus Lütken, 1869



Ophiacantha rosea Lyman, 1878



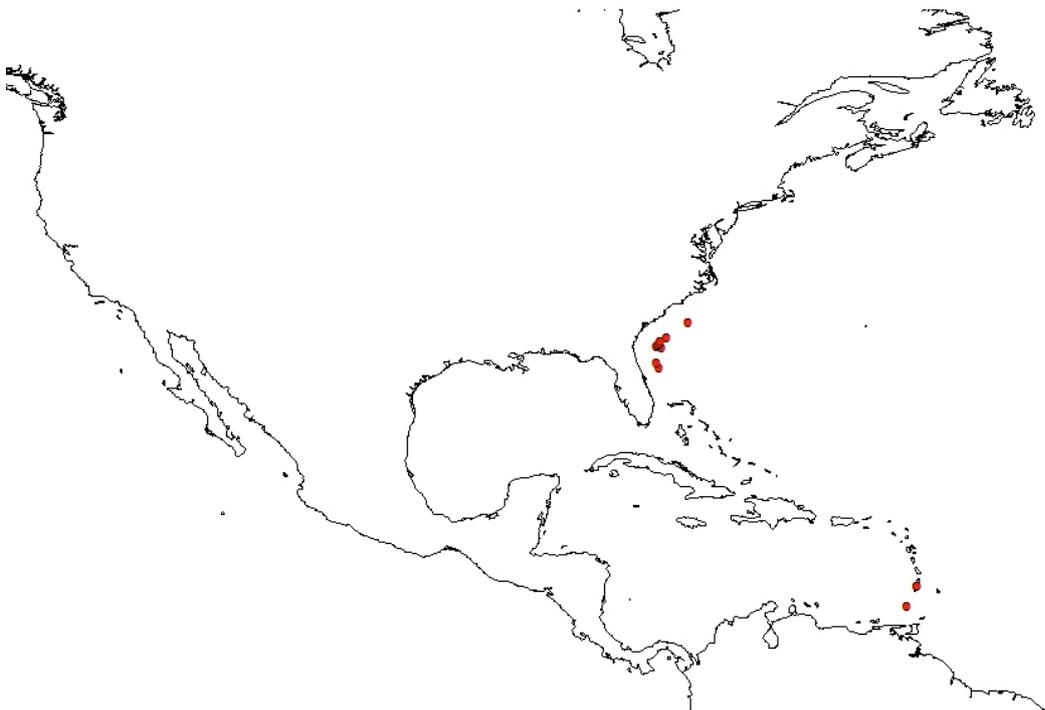
Ophiacantha scutata Lyman, 1878



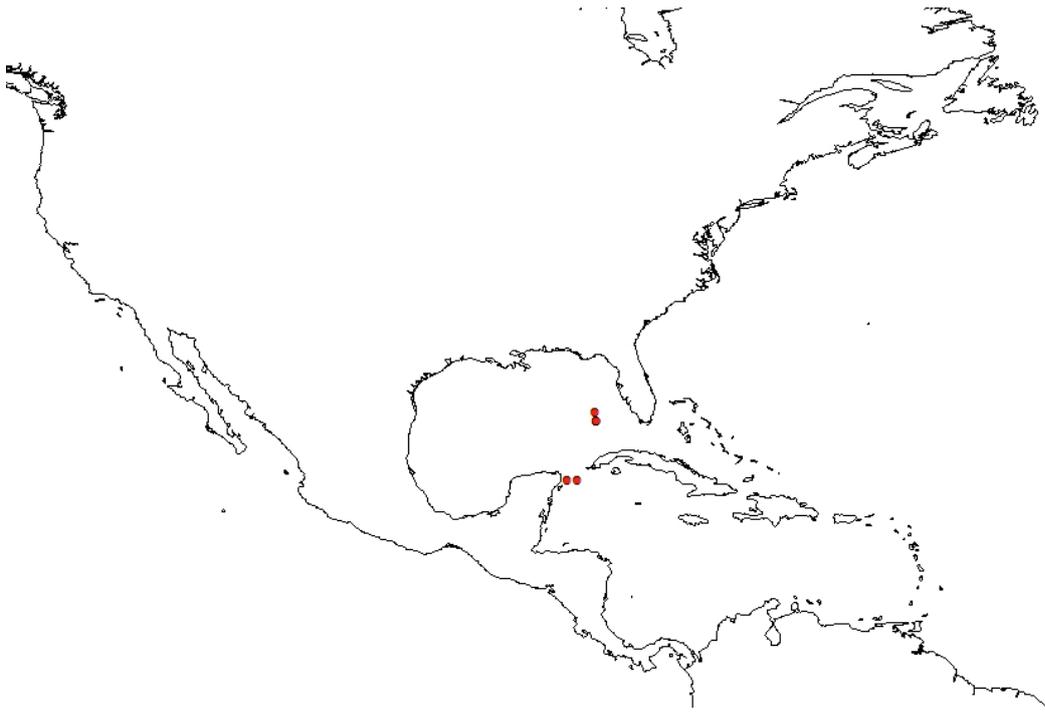
Ophiacantha spectabilis G.O. Sars, 1871



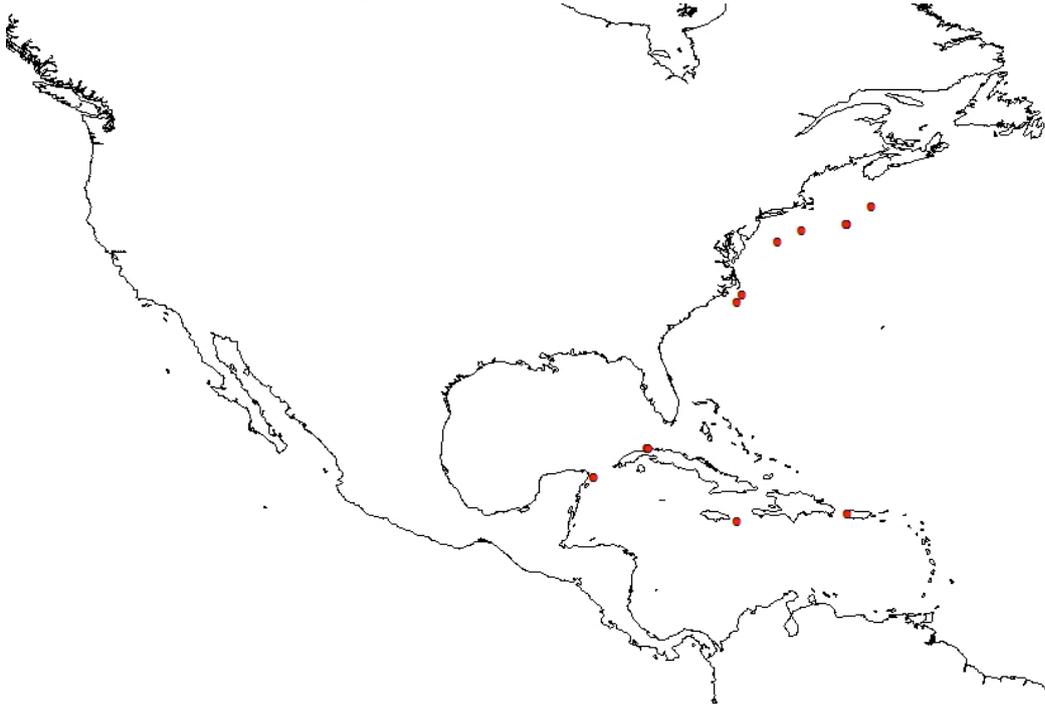
Ophiacantha stellata Lyman, 1875



Ophiacantha vepratrica Lyman, 1878



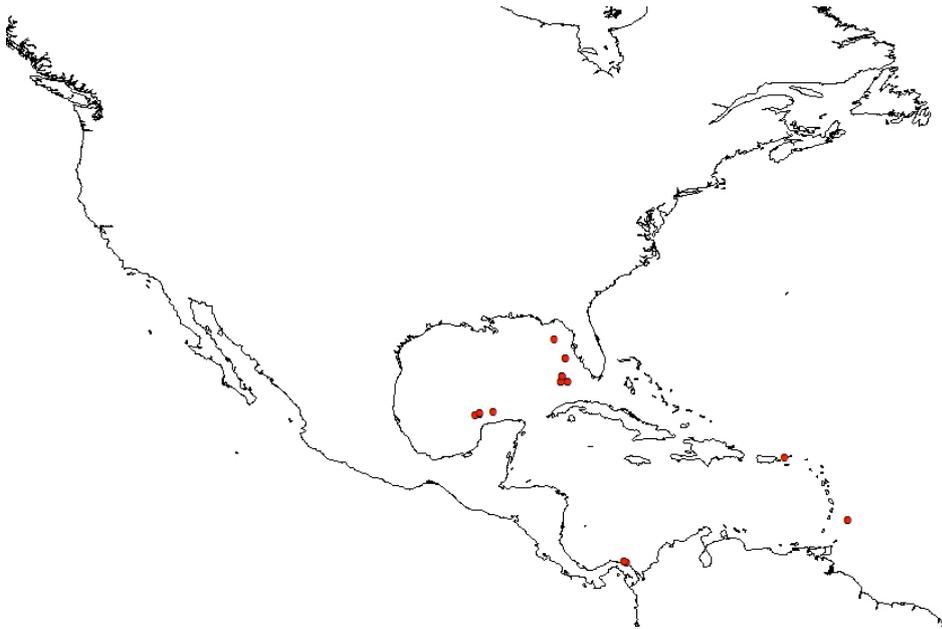
Ophiacanthella troscheli (Lyman, 1878)



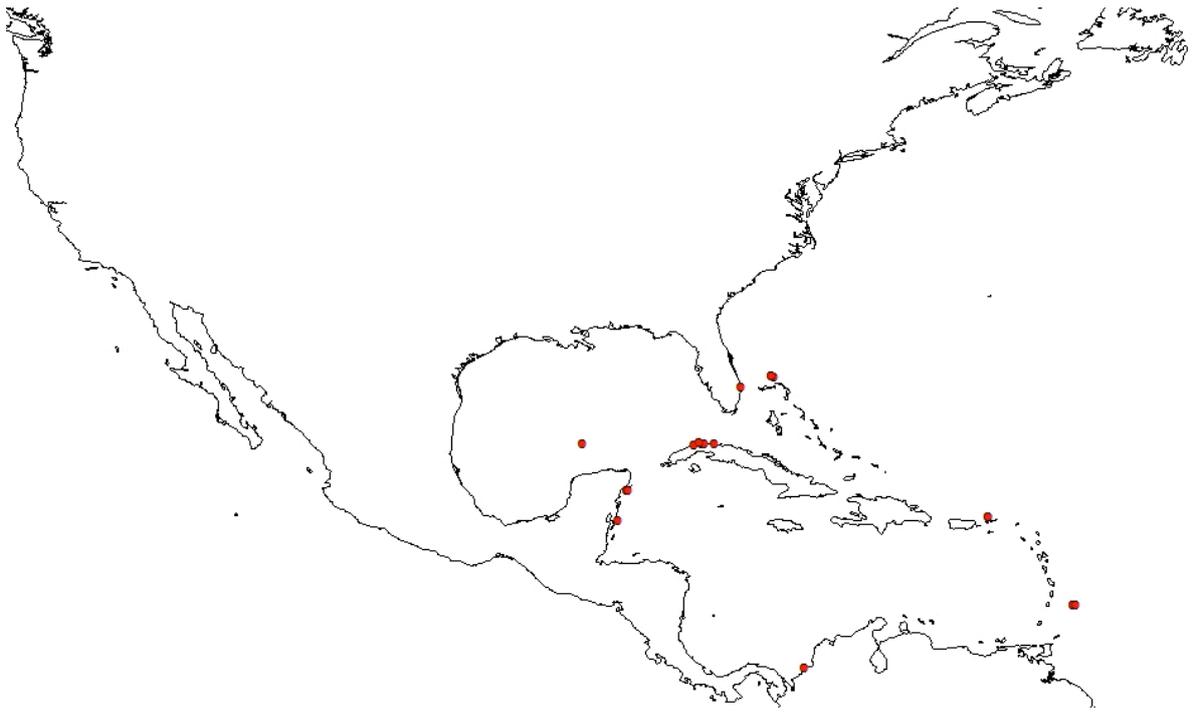
Ophiolimna bairdi (Lyman, 1883)



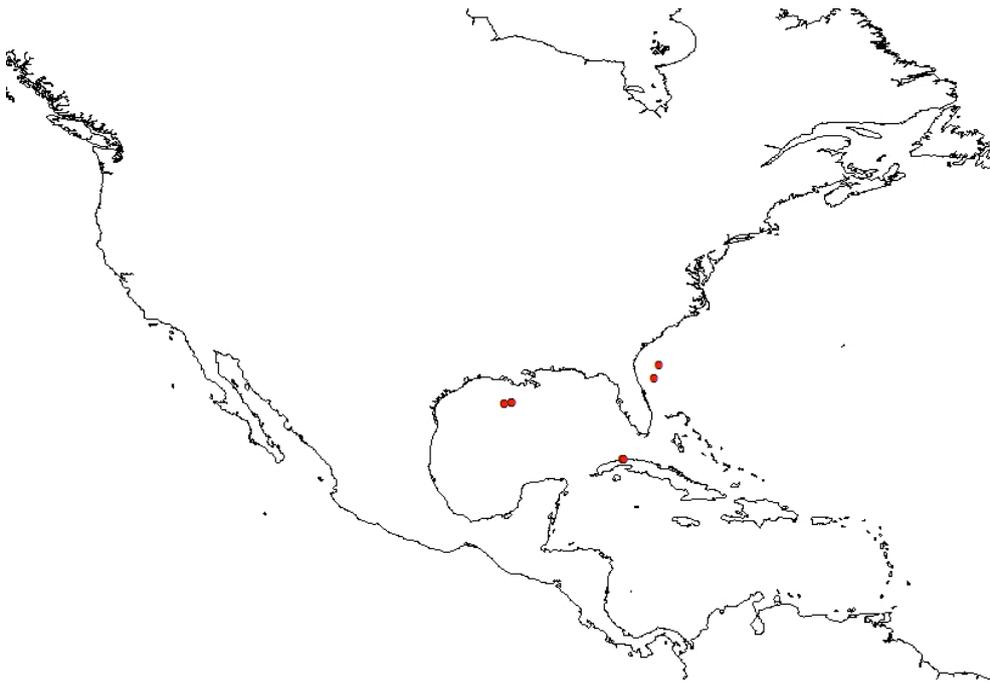
Ophiothamnus vicarius Lyman, 1869



Ophiotreta affinis Koehler, 1914



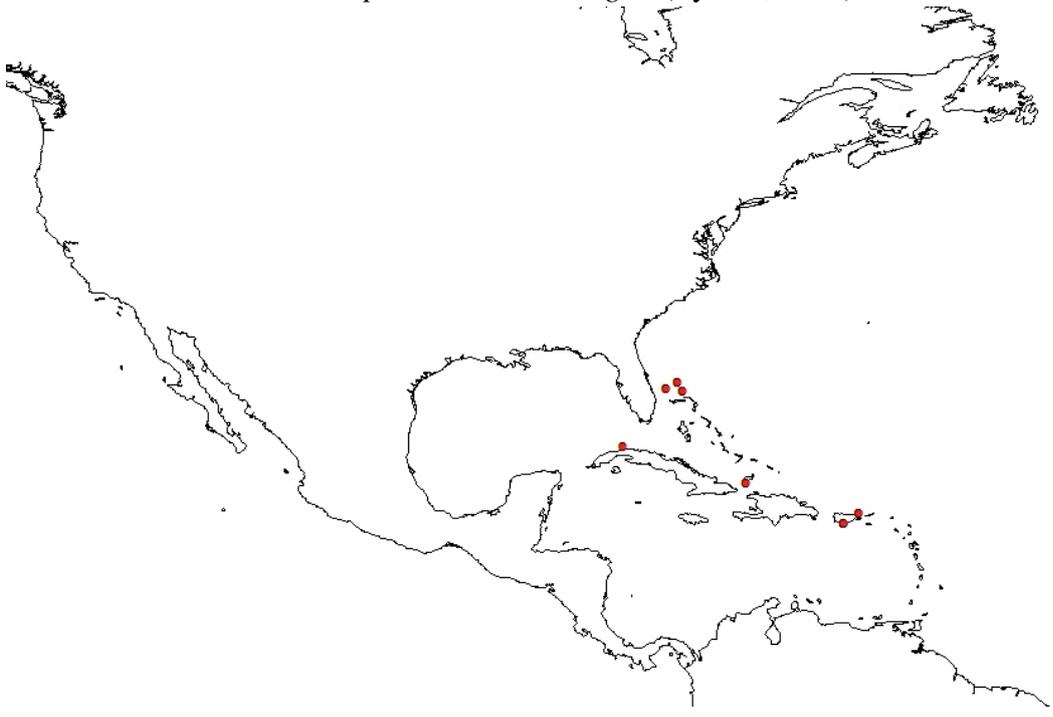
Ophiotreta sertata (Lyman, 1869)



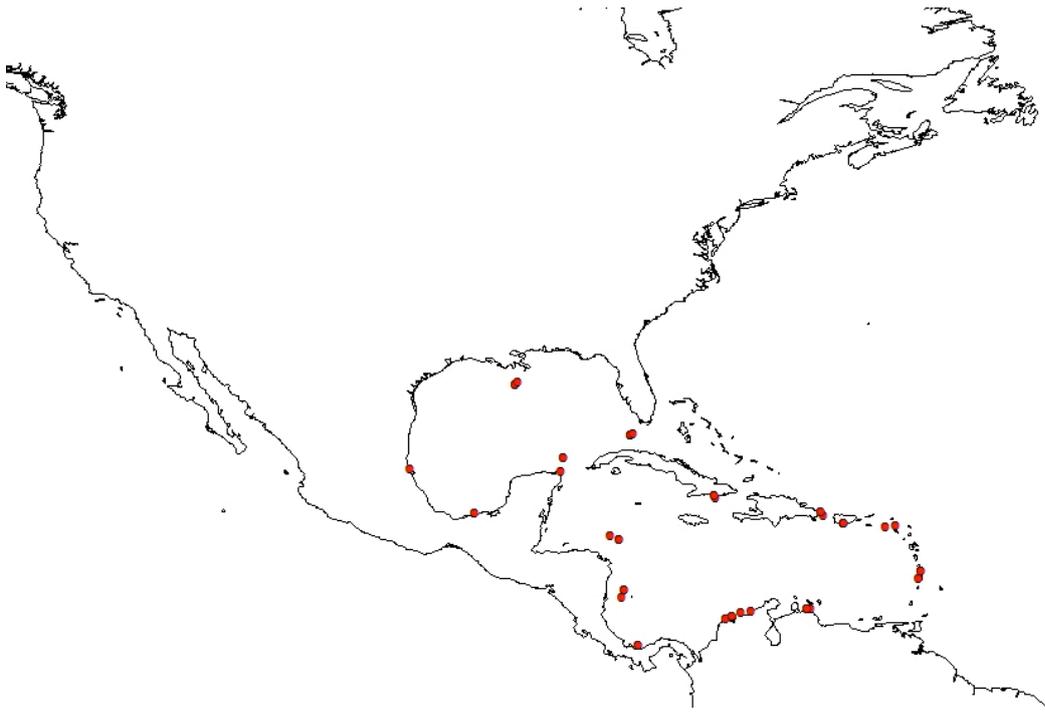
Ophiotreta valenciennesi (Lyman, 1879)



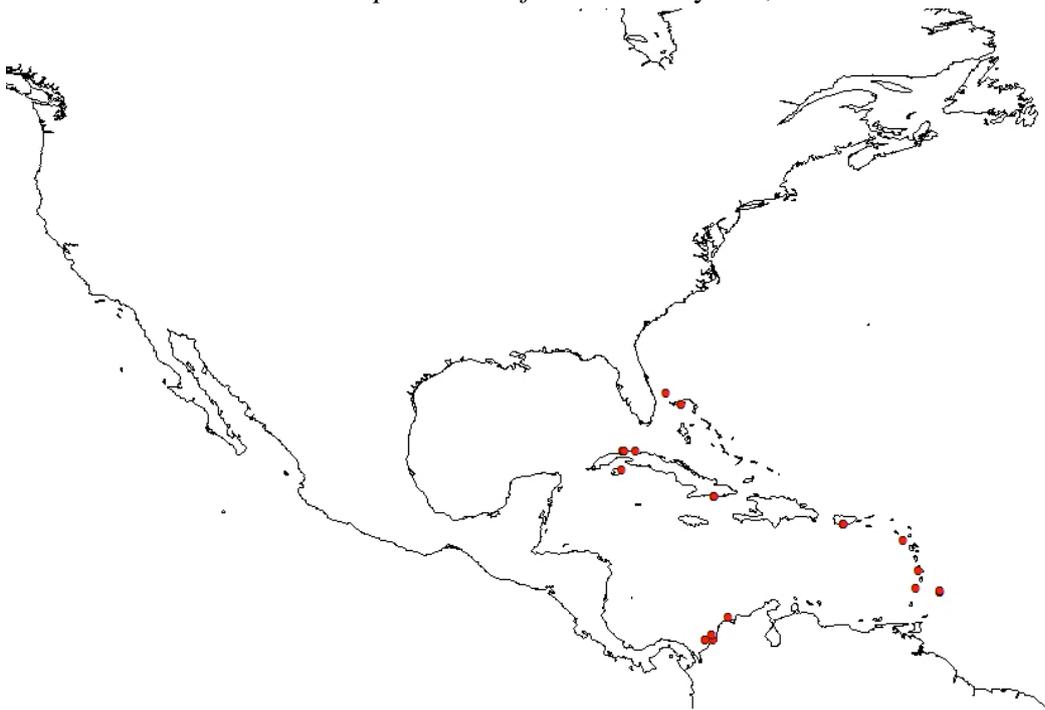
Ophiurothamnus exigua (Lyman, 1878)



Ophiocamax austera Verrill, 1899



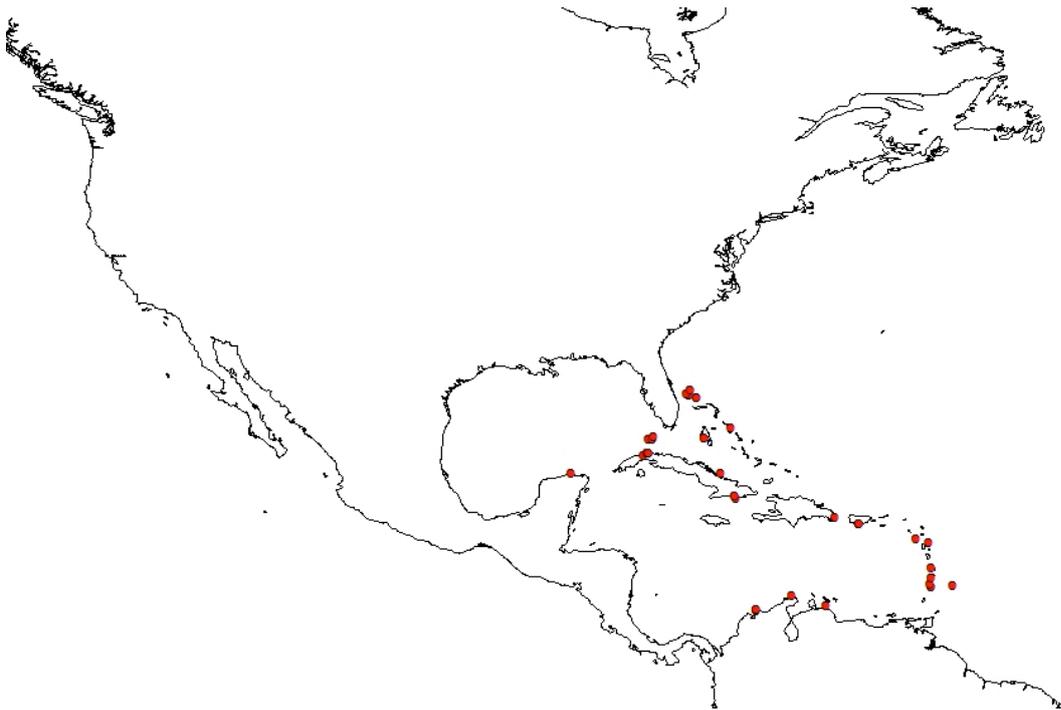
Ophiocamax fasciculata Lyman, 1883



Ophiocamax hystrix Lyman, 1878



Ophiomitra robusta Koehler, 1914



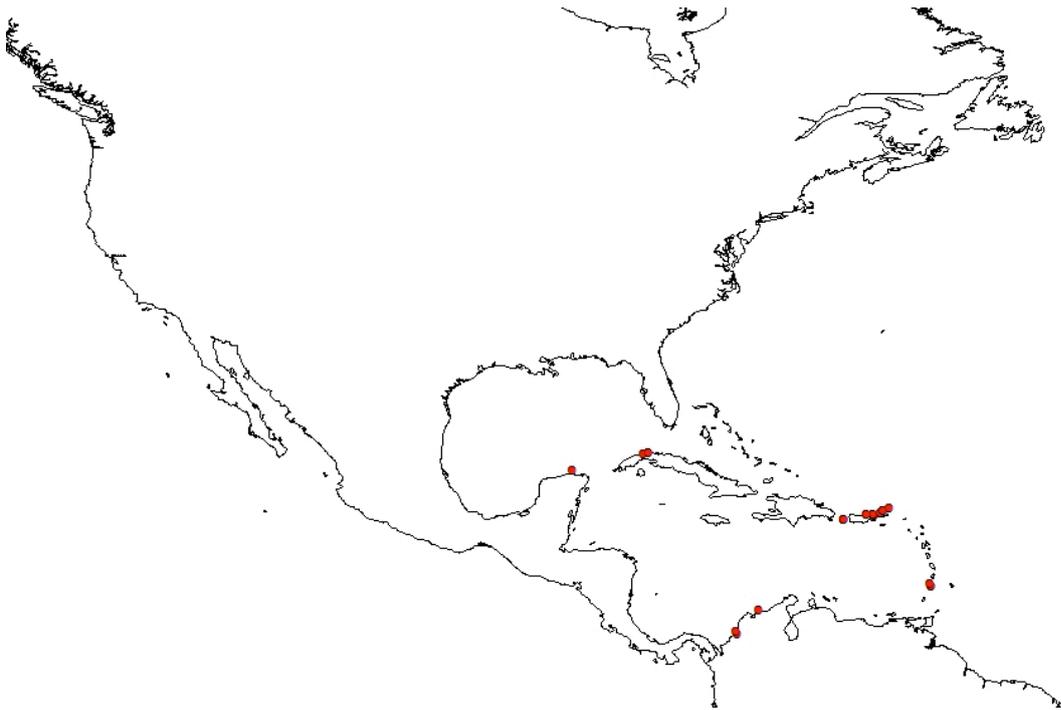
Ophiomitra valida Lyman, 1869



Ophiomitra ornata Verrill, 1899



Ophiomitrella clavigera (Ljungman, 1865)



Ophiomitrella laevipellis (Lyman, 1883)



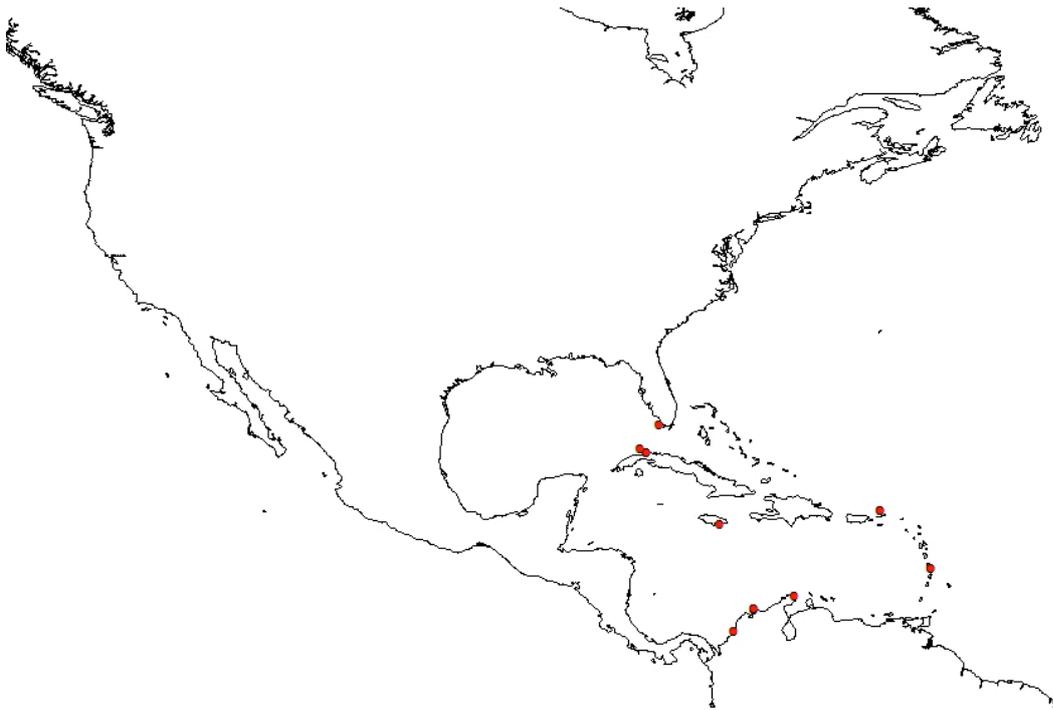
Ophioplinthaca chelys (Wyville-Thomson, 1878)



Ophioplinthaca dipsacos (Lyman, 1878)



Ophioplinthaca incisa (Lyman, 1883)



Ophiopristis hirsuta (Lyman, 1875)



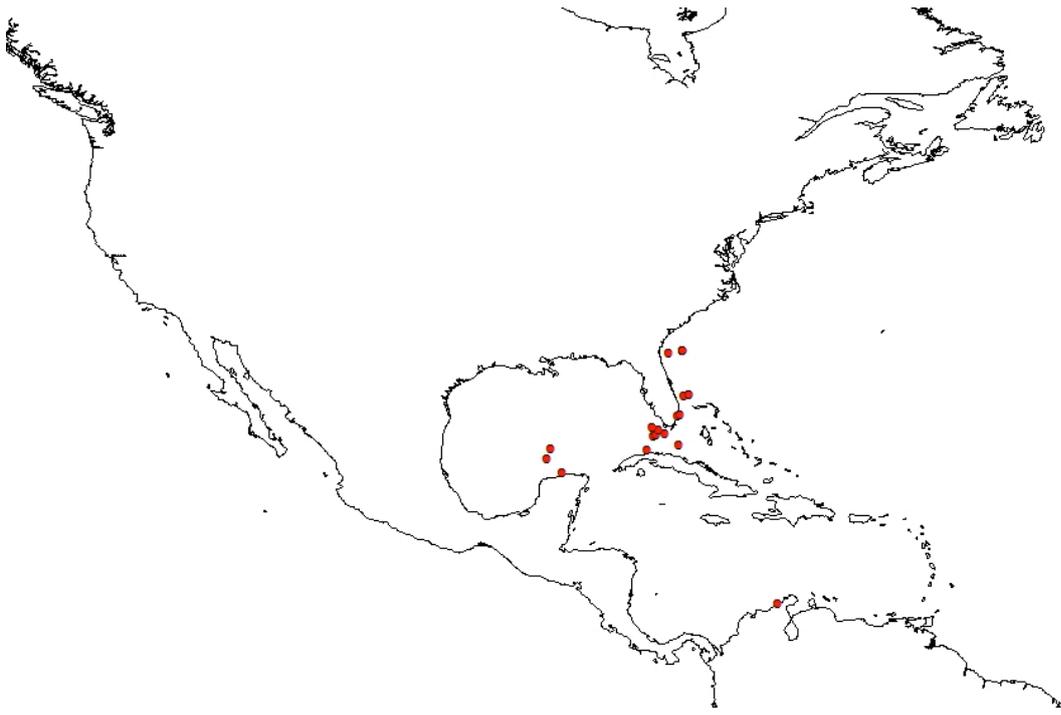
Ophiotoma coriacea Lyman, 1883



Ophiotoma gracilis (Koehler, 1914)



Ophiotoma bartletti (Lyman, 1883)



Ophiomyces frutectosus Lyman, 1869



Ophiomyces mirabilis Lyman, 1869



Ophiohelus umbella Lyman, 1880



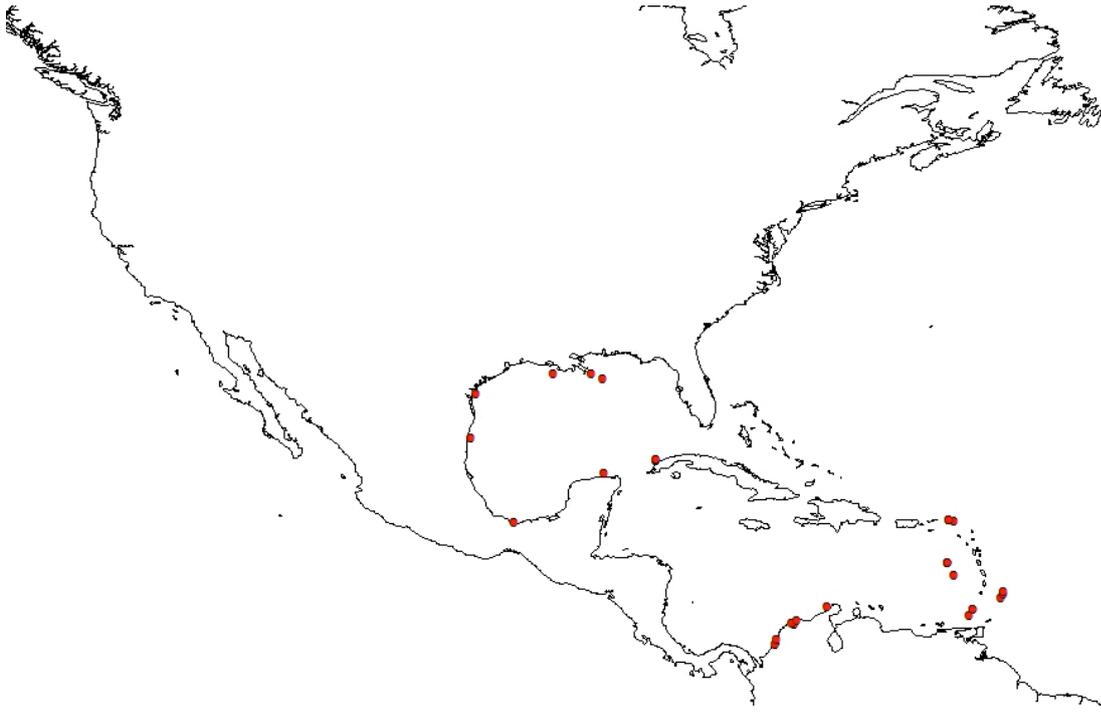
Ophiotholia mitrephora H.L. Clark, 1910



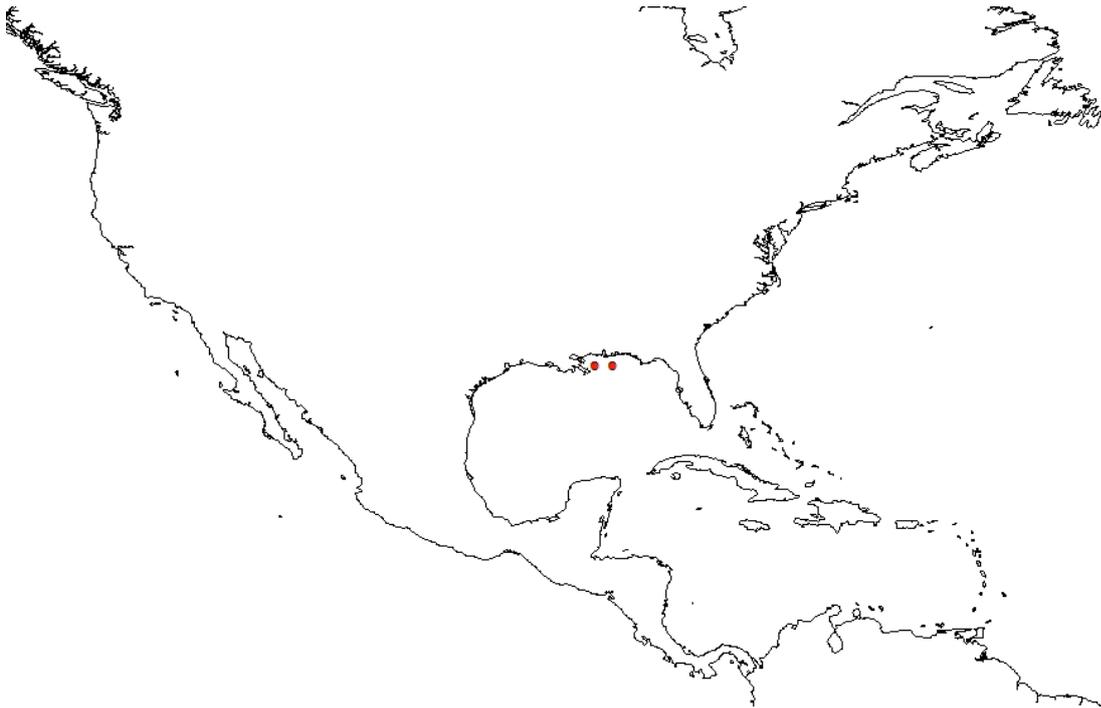
Ophiotholia supplicans Lyman, 1880



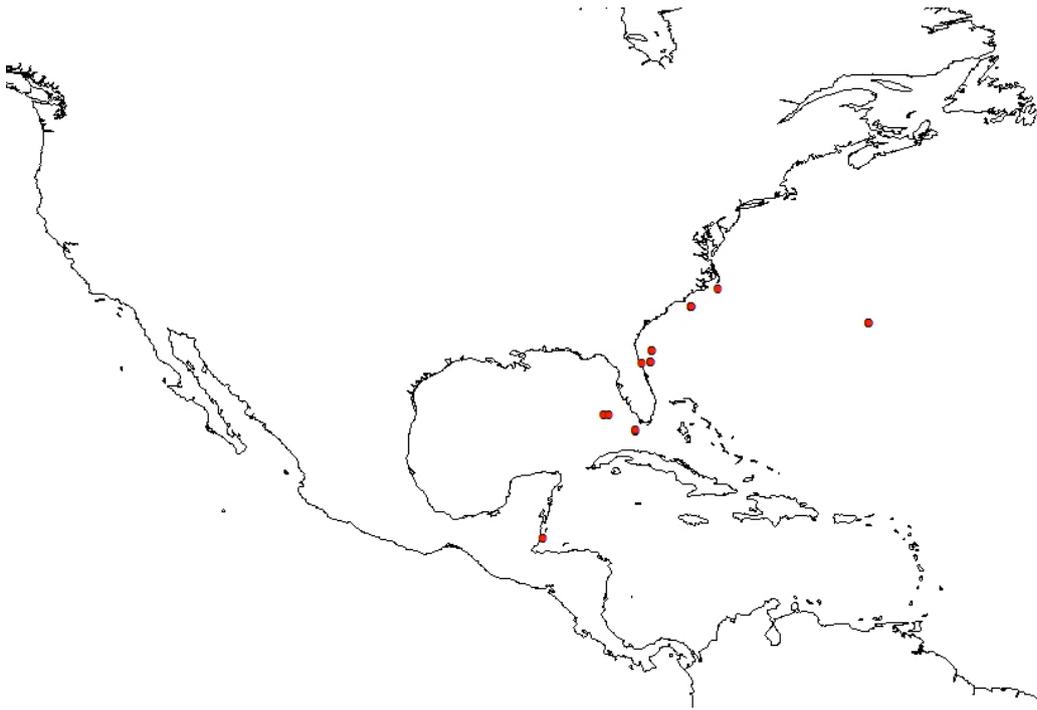
Hemipholis elongata (Say, 1825)



Histampica duplicata (Lyman, 1875)



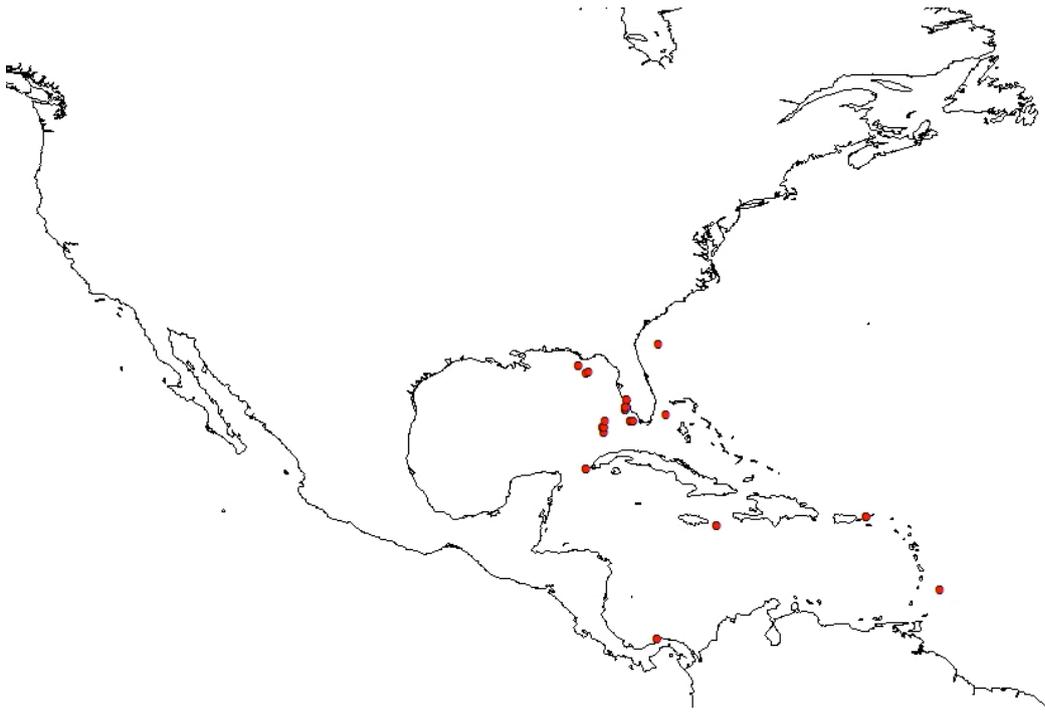
Histampica rugosa (H.L. Clark, 1941)



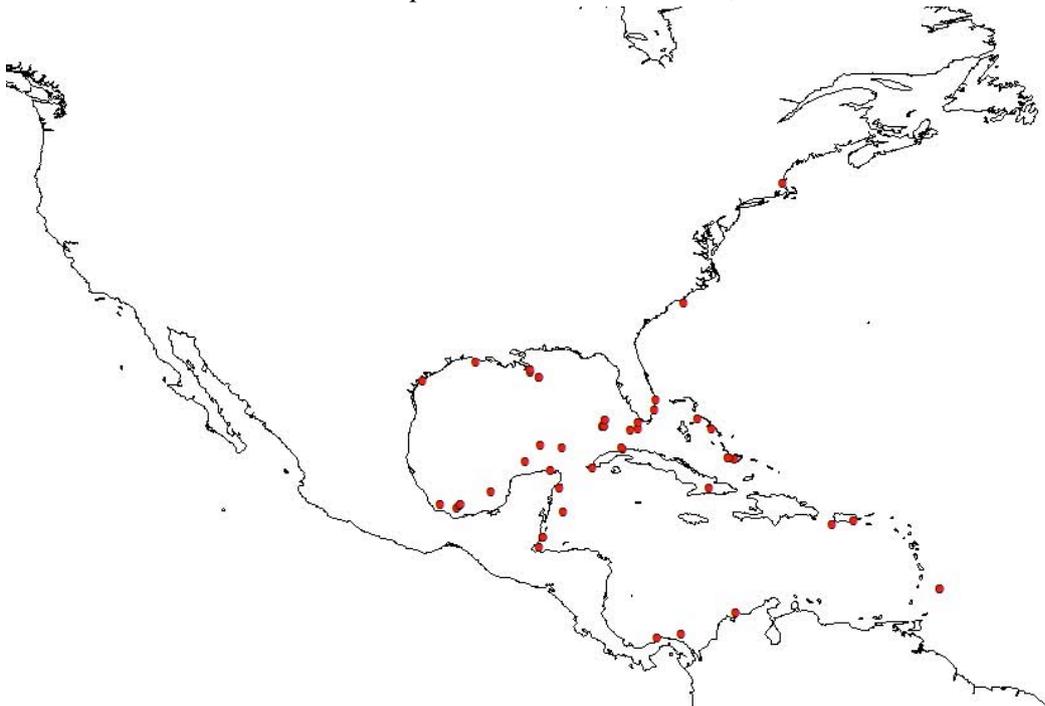
Ophiactis algicola H. L. Clark, 1933



Ophiactis loricata Lyman, 1869)



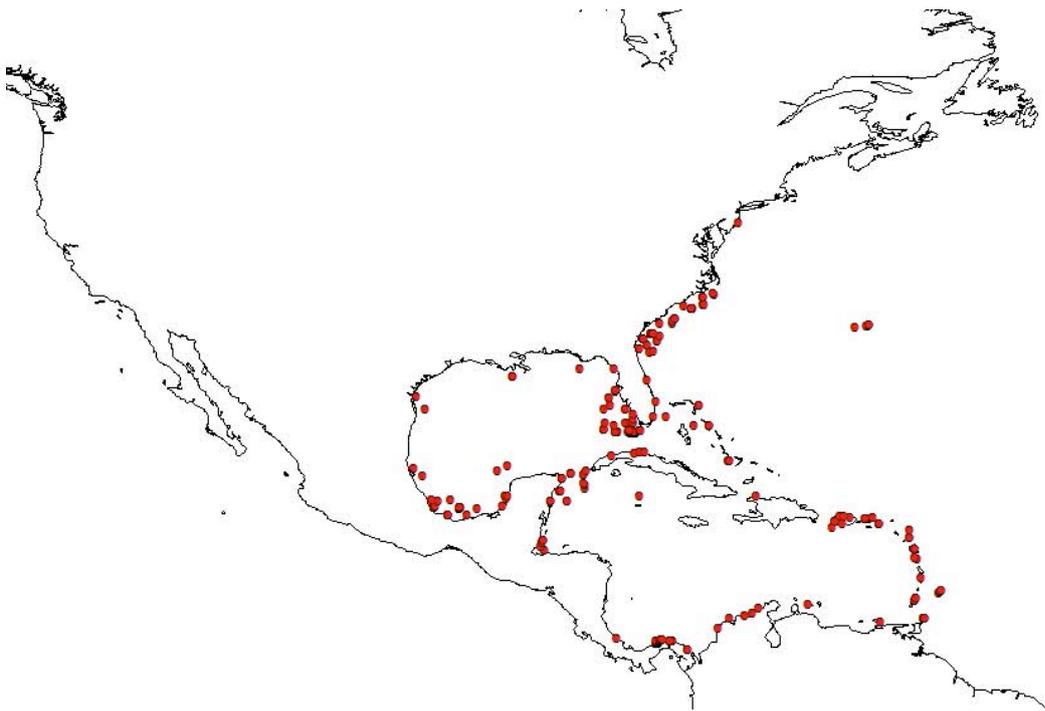
Ophiactis muelleri Lütken, 1856



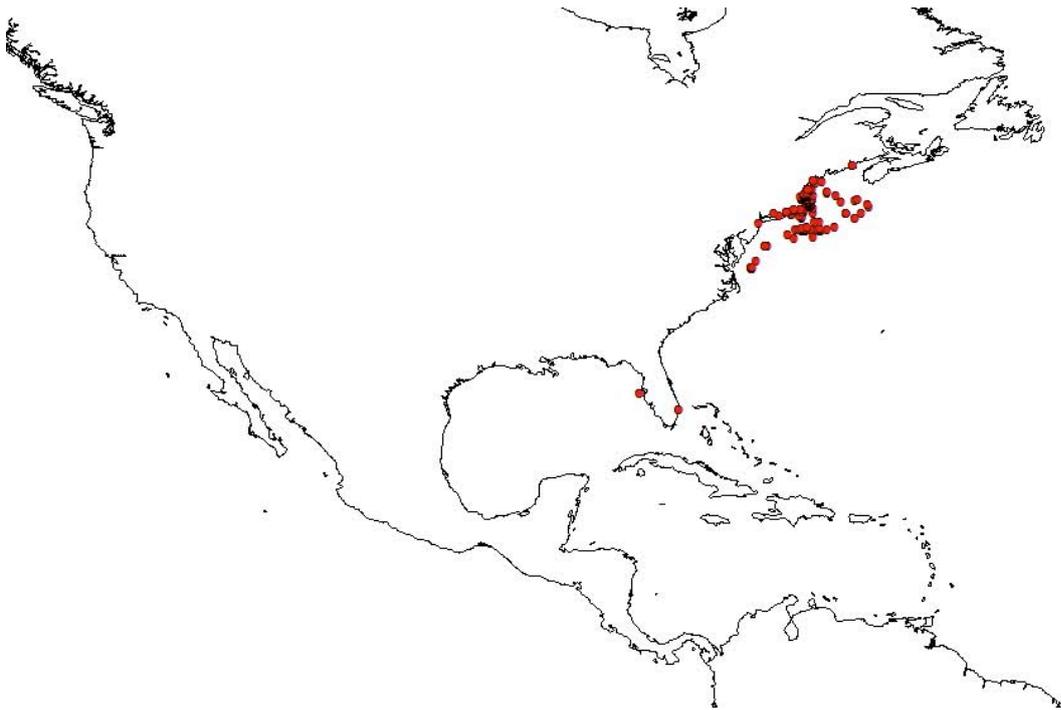
Ophiactis quinqueradia Ljungman, 1872



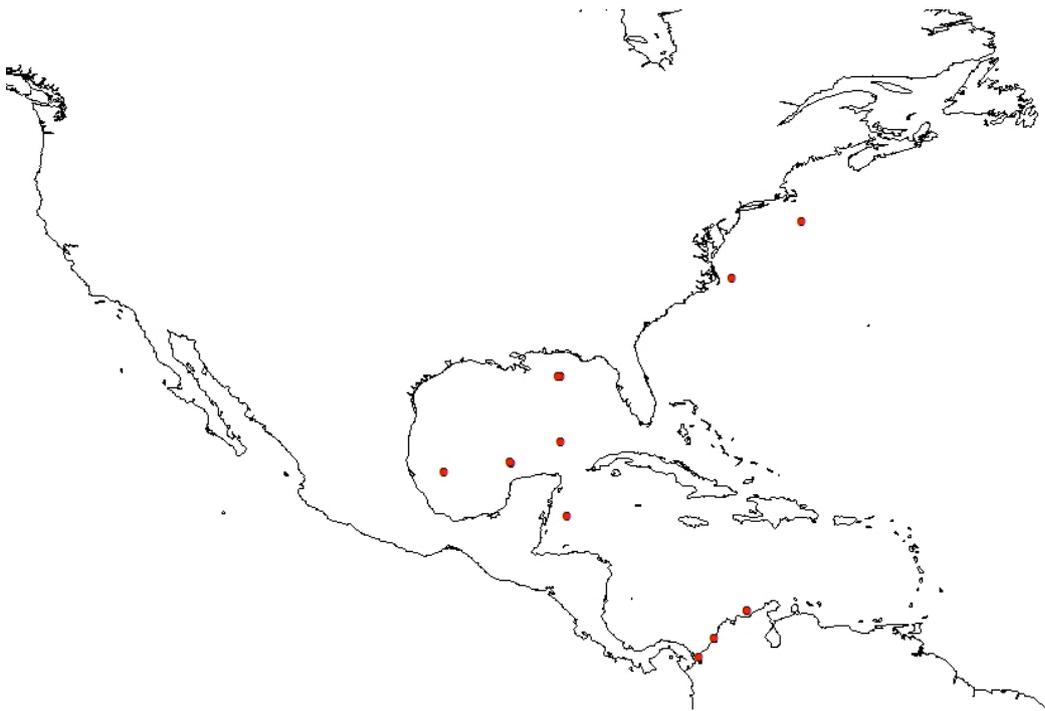
Ophiactis rubropoda Singletary, 1973



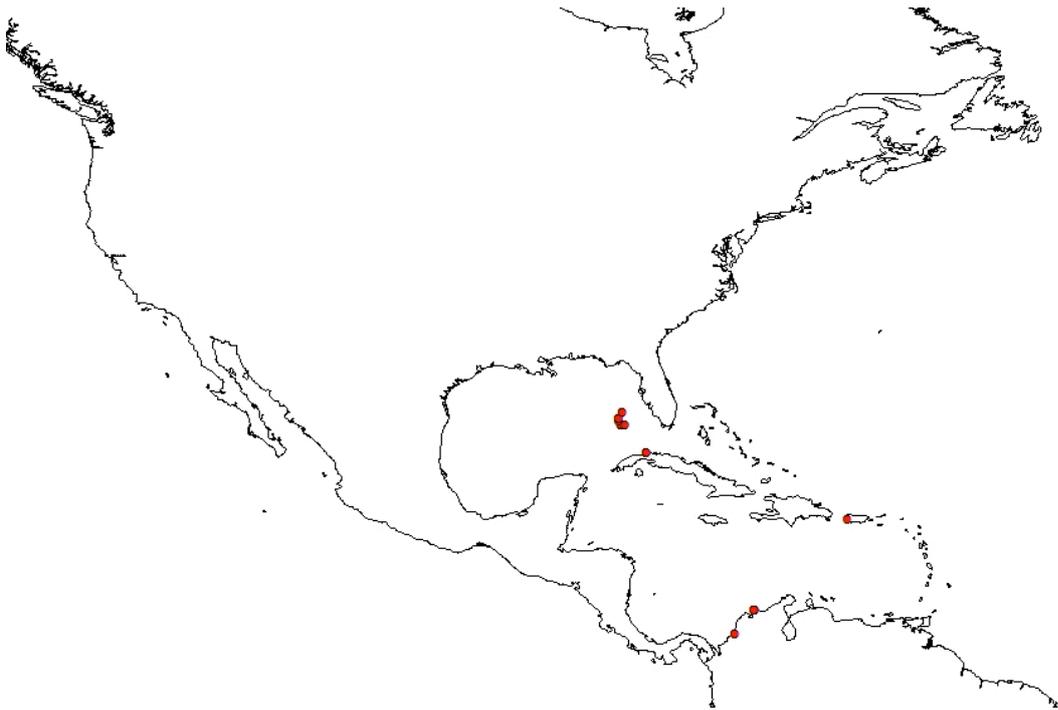
Ophiactis savignyi (Müller & Troschel, 1842)



Ophiopholis aculeata (Linnaeus, 1767)



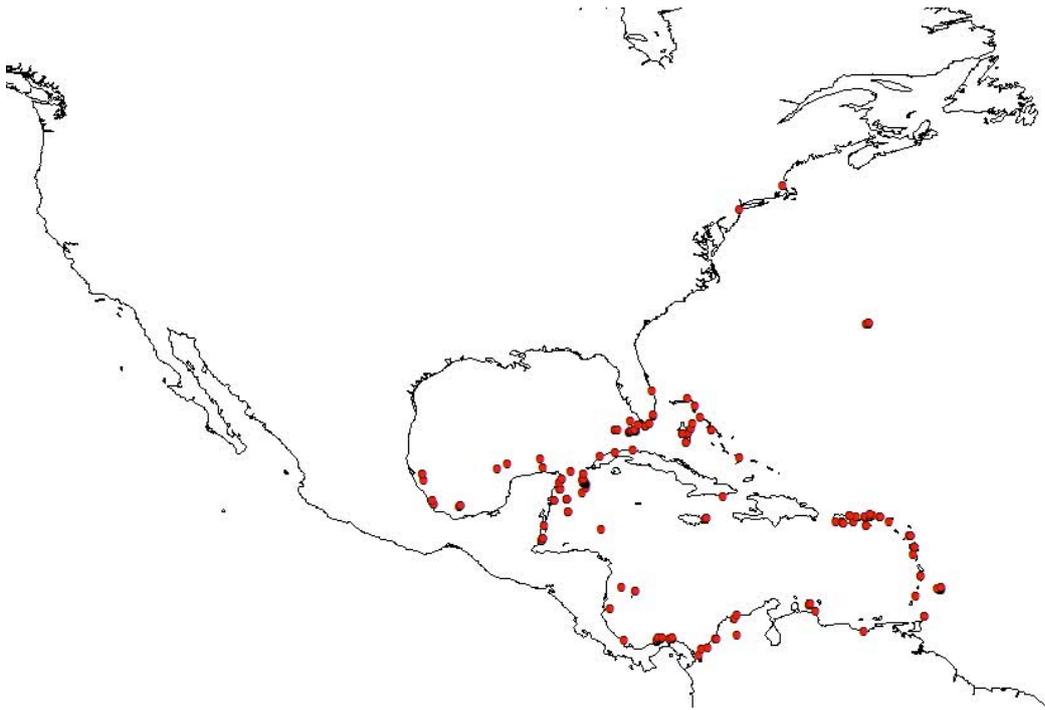
Ophiochiton ternispinus Lyman, 1883



Ophioplax ljungmani Lyman, 1875



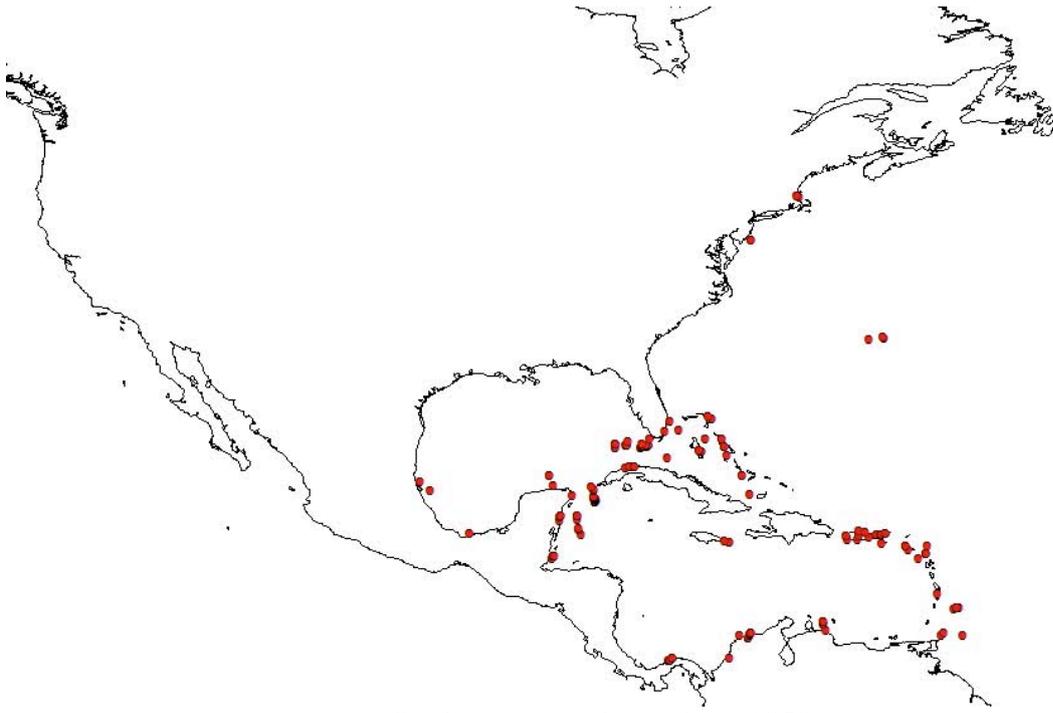
Ophioplax reducta (Koehler, 1907)



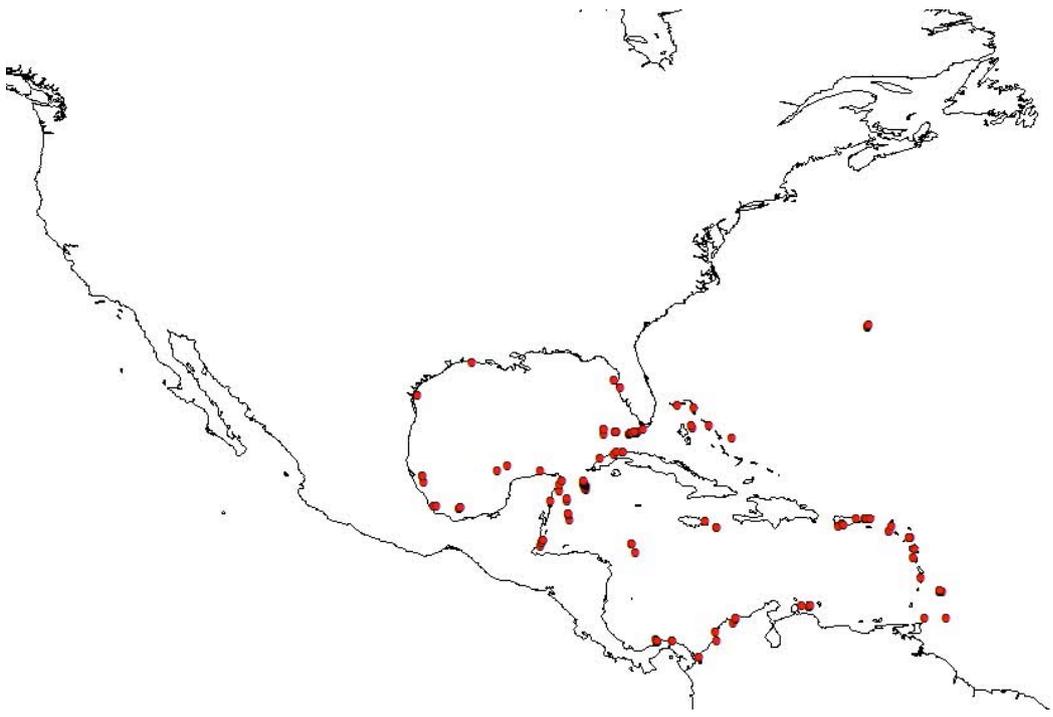
Ophiocoma echinata (Lamarck, 1816)



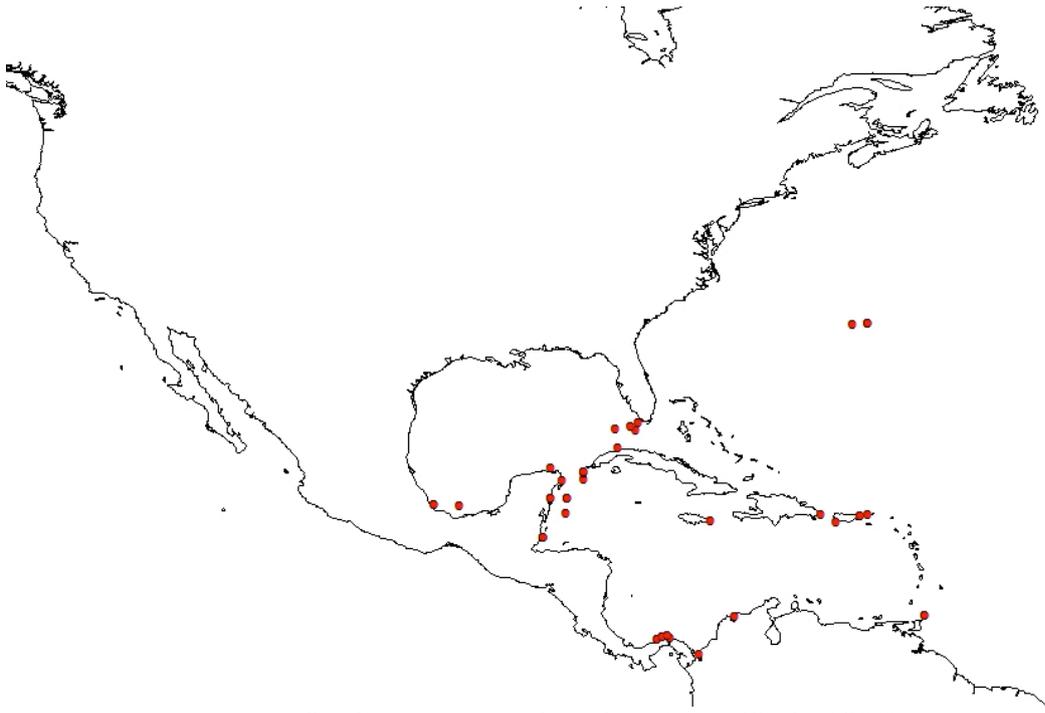
Ophiocoma paucigranulata Devaney, 1974



Ophiocoma pumila Lütken, 1859



Ophiocoma wendtii Müller & Troschel, 1842



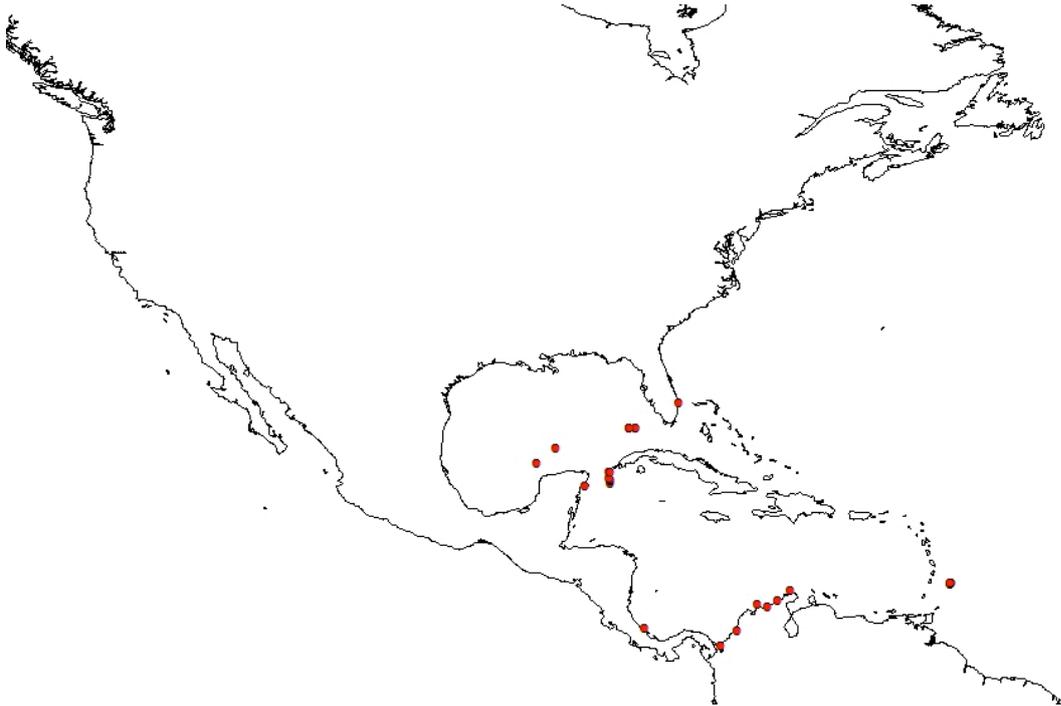
Ophiocomella ophiactoides (H.L. Clark, 1901)



Ophiocomella caribbaea A.H. Clark, 1939



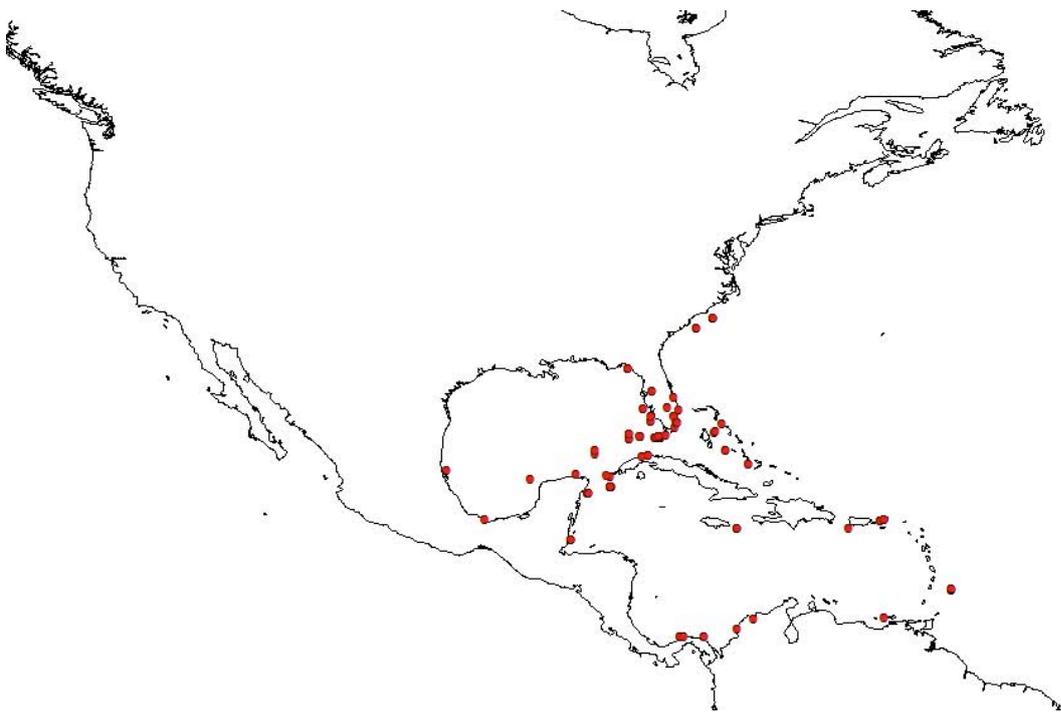
Ophiopsila fulva Lyman, 1878



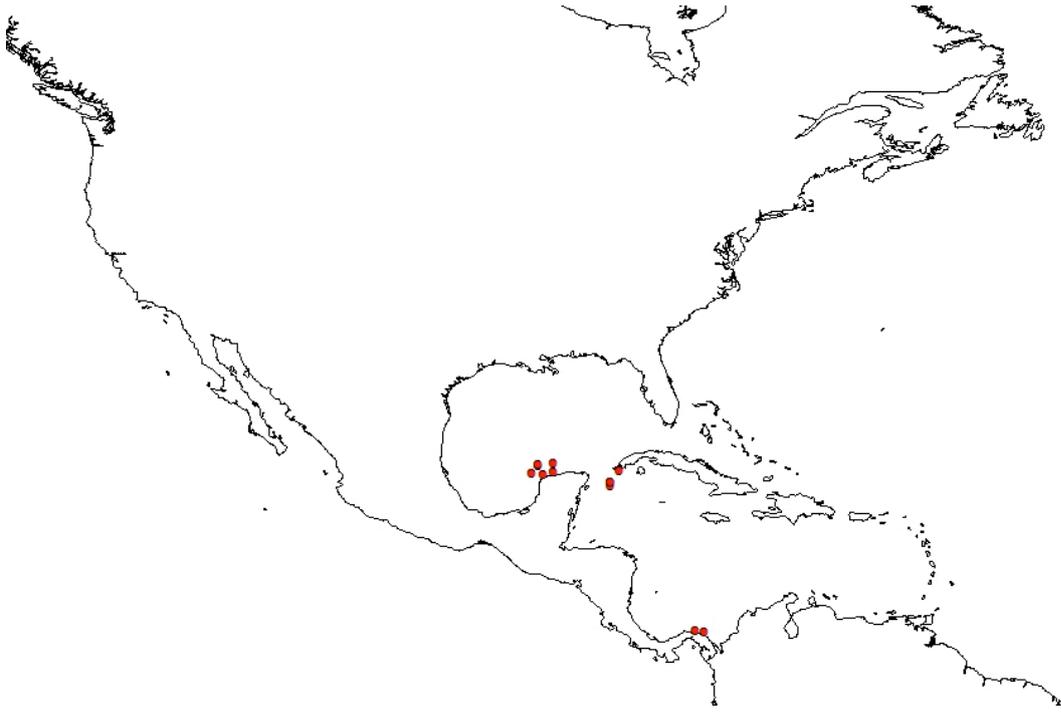
Ophiopsila hartmeyeri Koehler, 1913



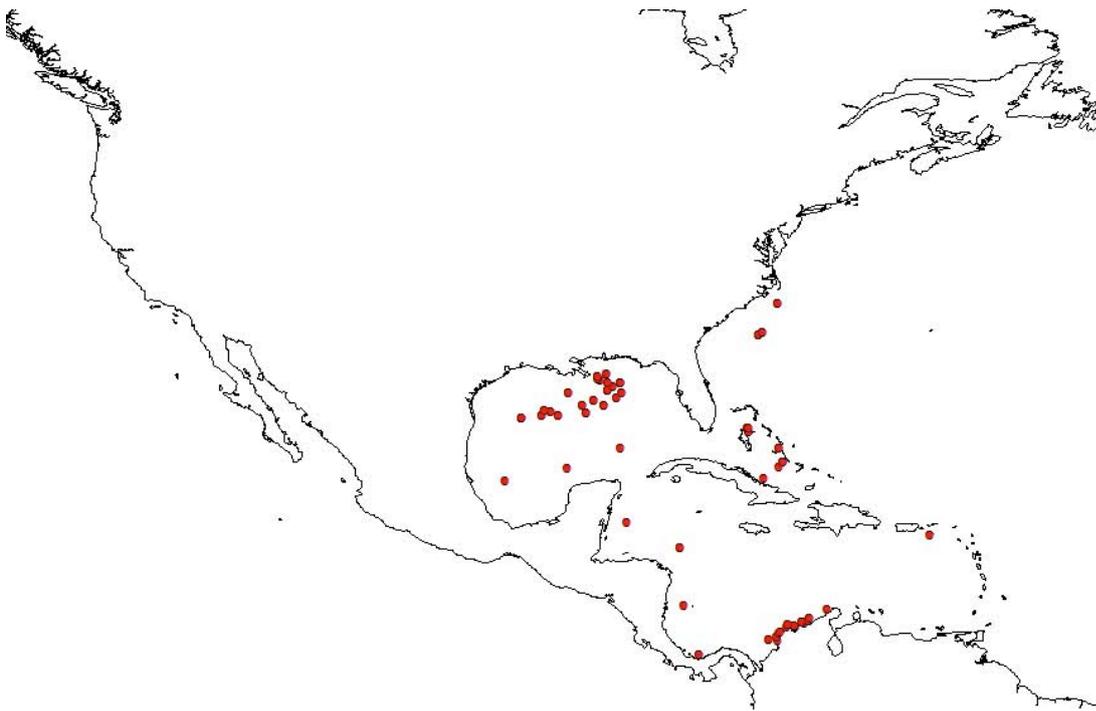
Ophiopsila maculata (Verrill, 1899)



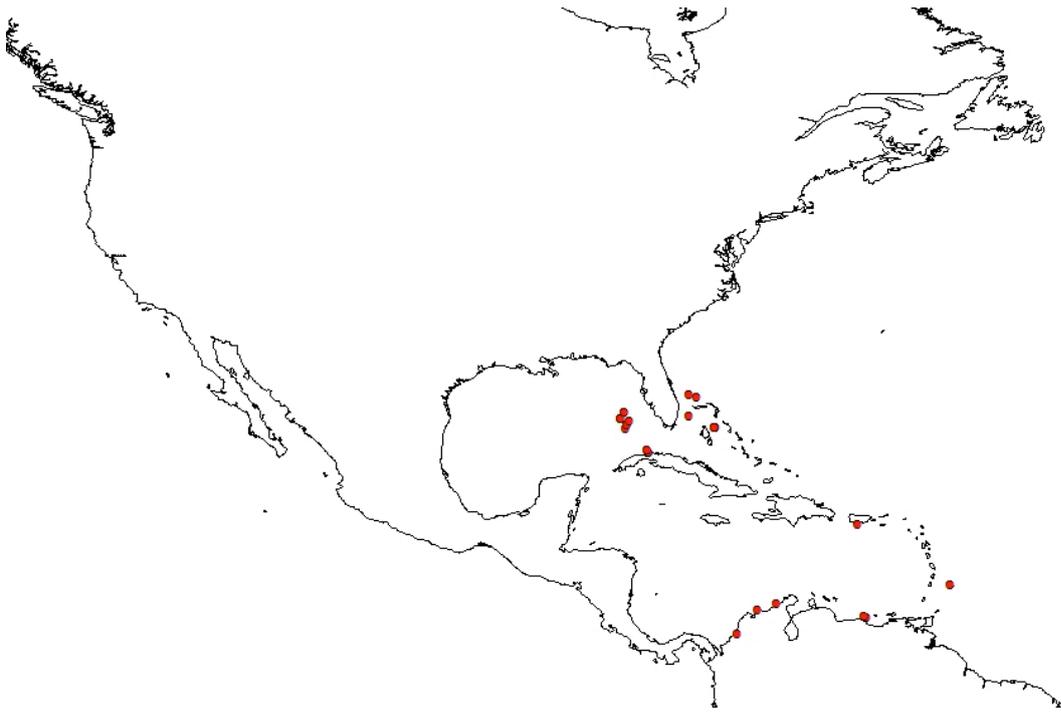
Ophiopsila riisei Lütken, 1859



Ophiopsila vittata H. L. Clark, 1918



Bathypectinura heros (Lyman, 1879)



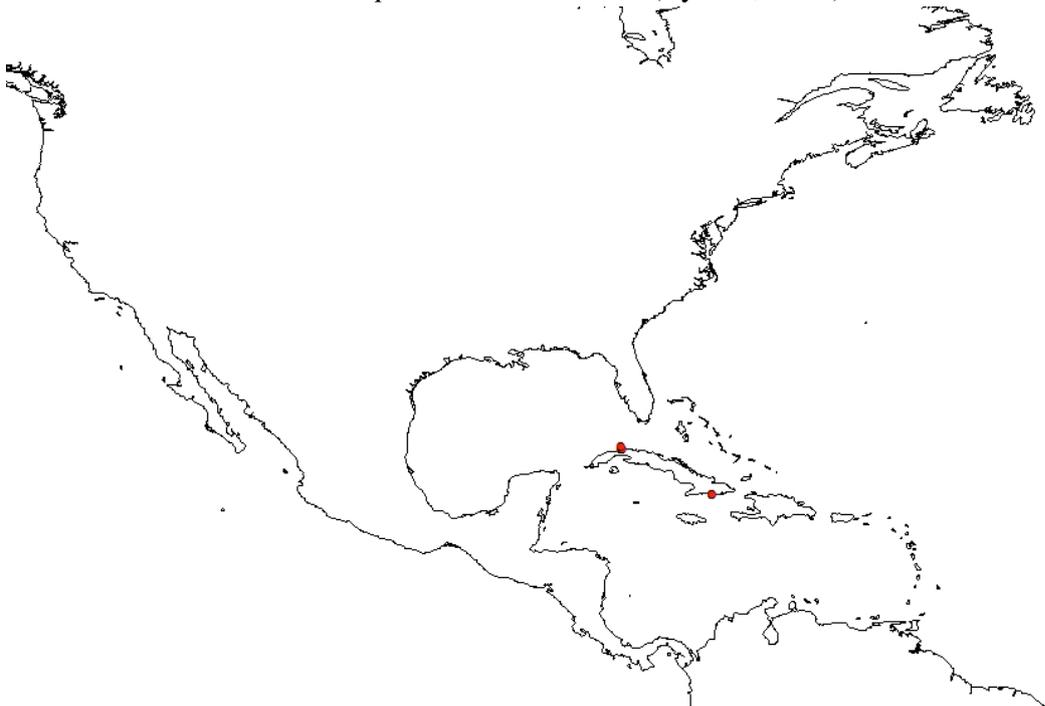
Ophiopaepale goesiana Ljungman, 1872



Ophiurochaeta littoralis (Koehler, 1913)



Ophiuroconis miliaria (Lyman, 1878)



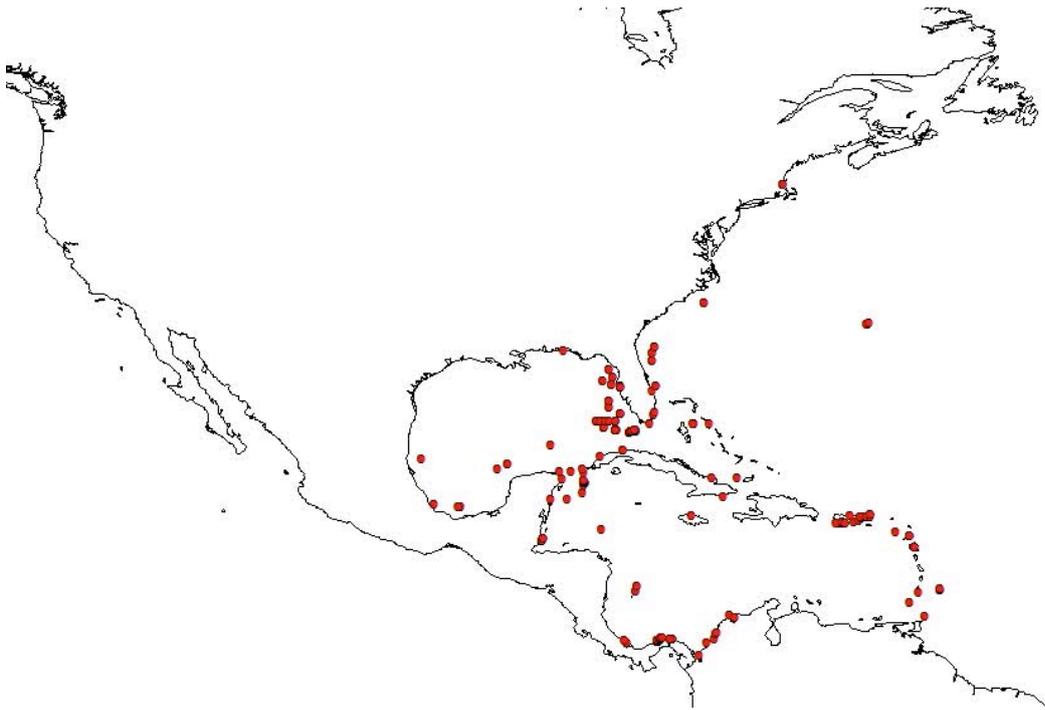
Ophiarachnella angulata (Lyman, 1883)



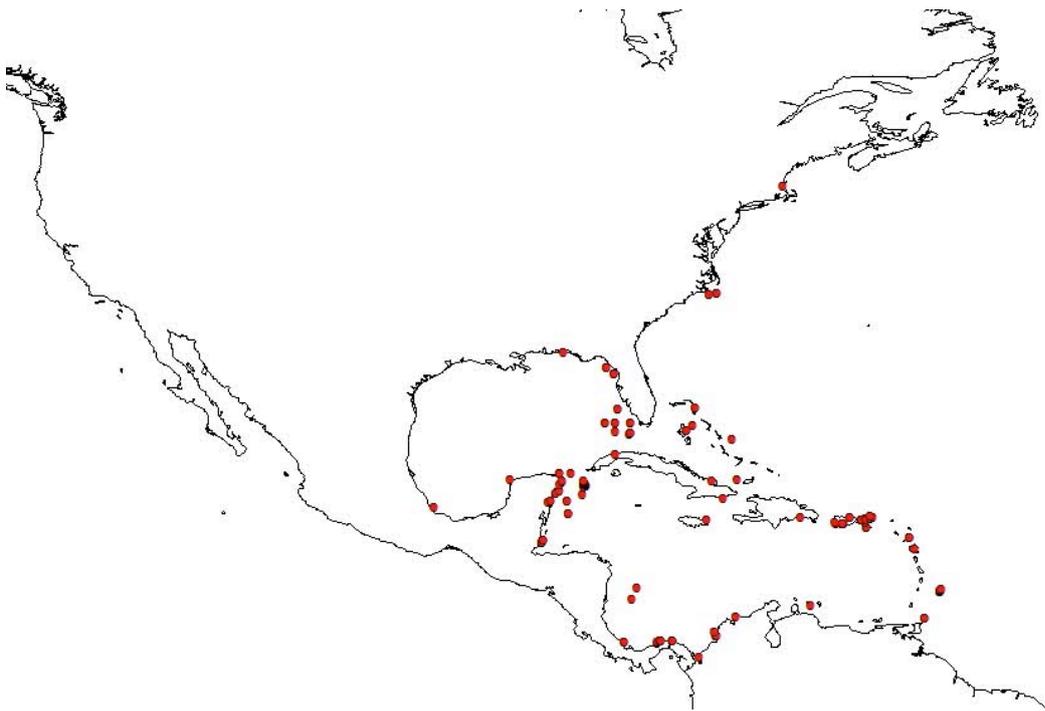
Ophiarachnella petersi (Lyman, 1878)



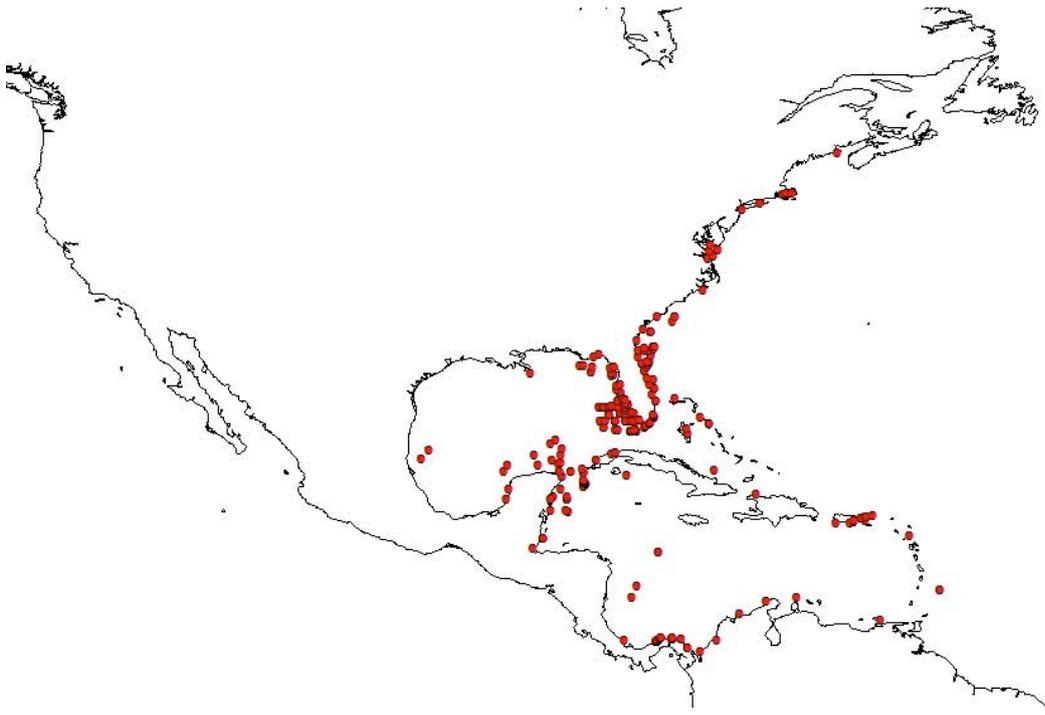
Ophioderma anitae Hotchkiss, 1982



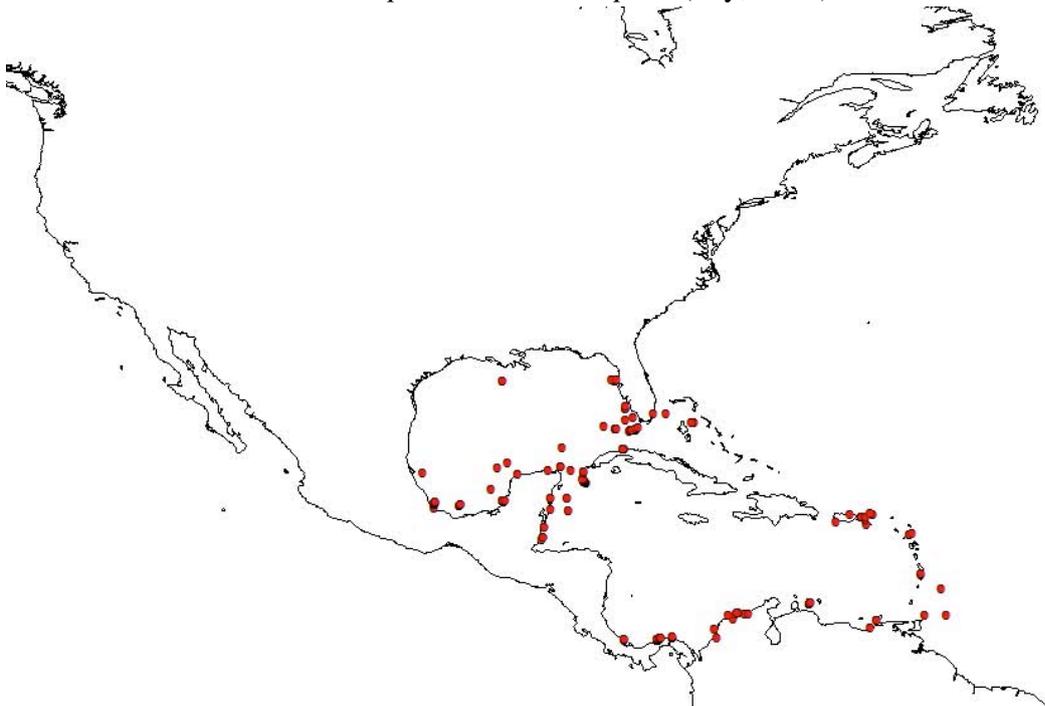
Ophioderma appressa (Say, 1825)



Ophioderma brevicauda Lütken, 1856



Ophioderma brevispina (Say, 1825)



Ophioderma cinerea Müller & Troschel, 1842



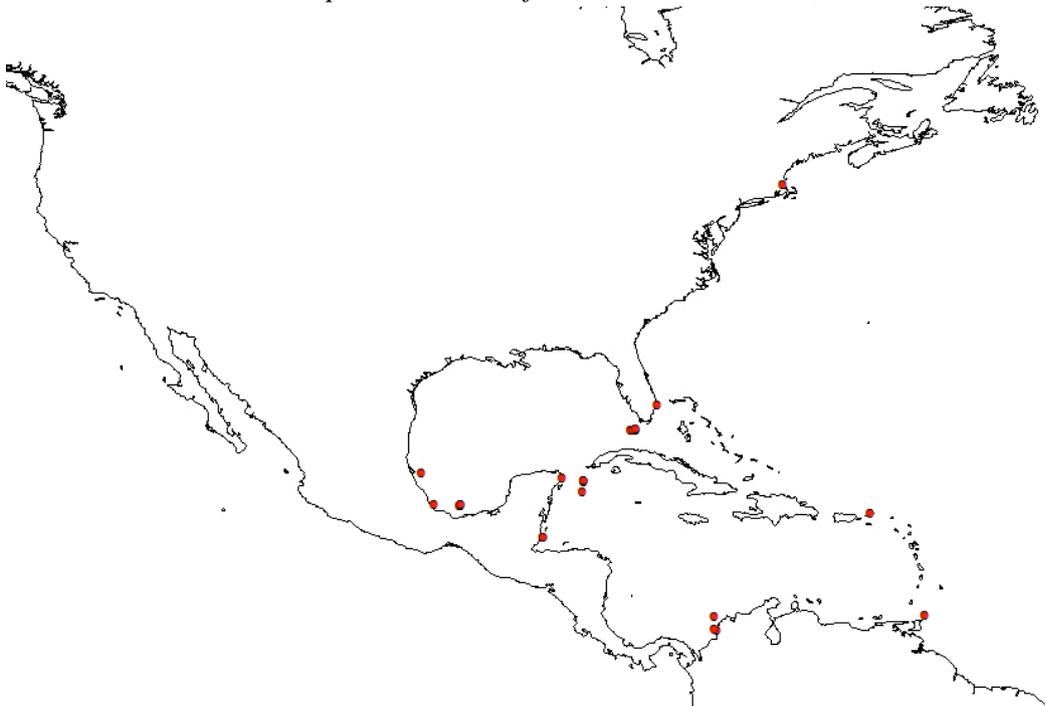
Ophioderma devaneyi Hendler & Miller, 1984



Ophioderma elaps Lütken, 1856



Ophioderma ensifera Hendler & Miller, 1984



Ophioderma guttata Lütken, 1859



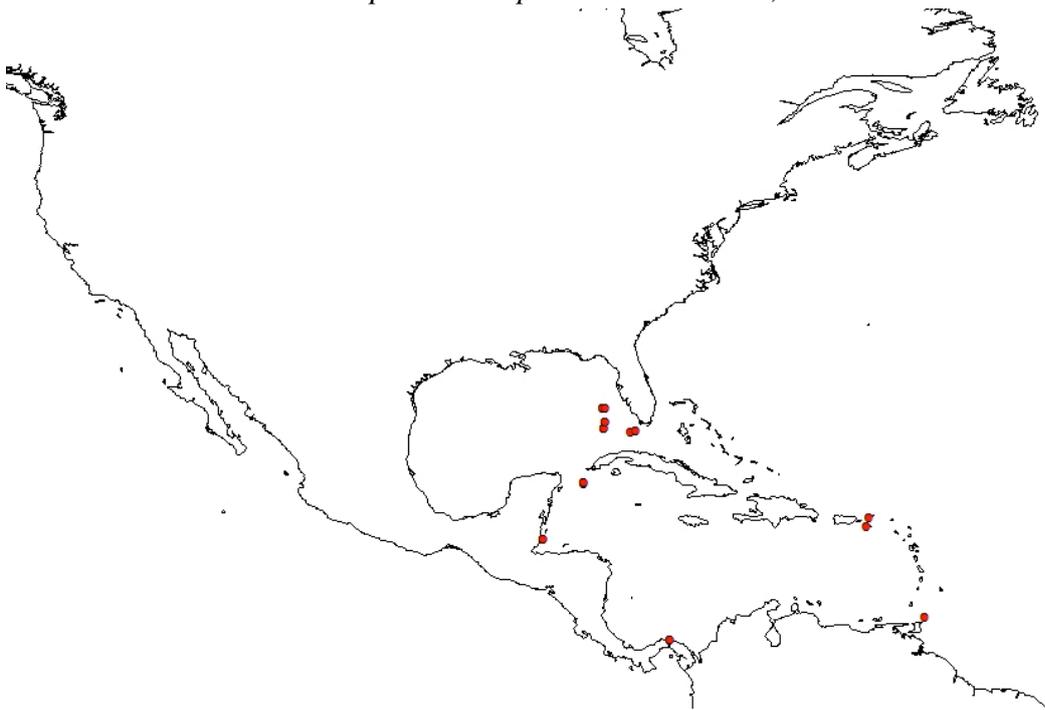
Ophioderma holmesii (Lyman, 1860)



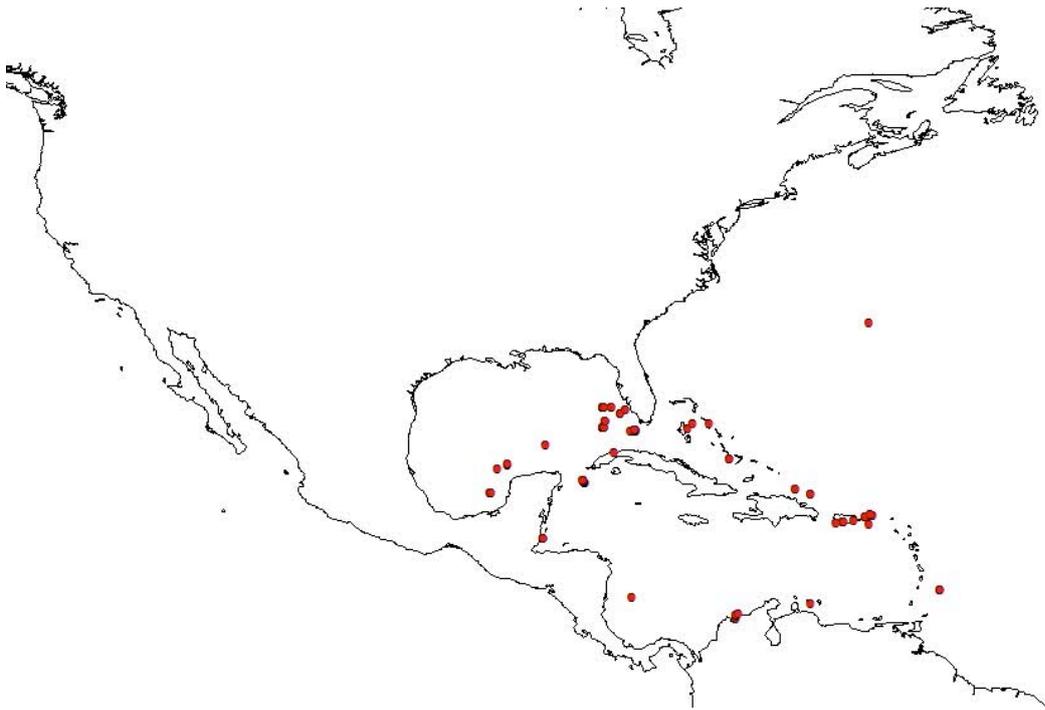
Ophioderma januarii Lütken, 1856



Ophioderma panamensis Lütken, 1859



Ophioderma phoenium H.L. Clark, 1918



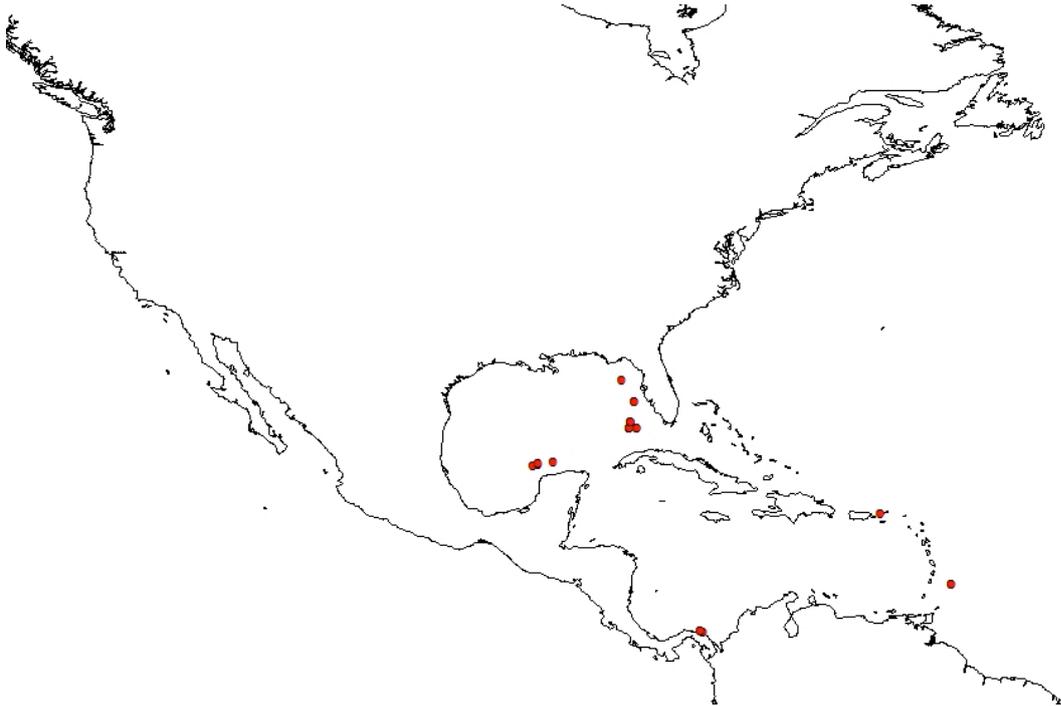
Ophioderma rubicunda Lütken, 1856



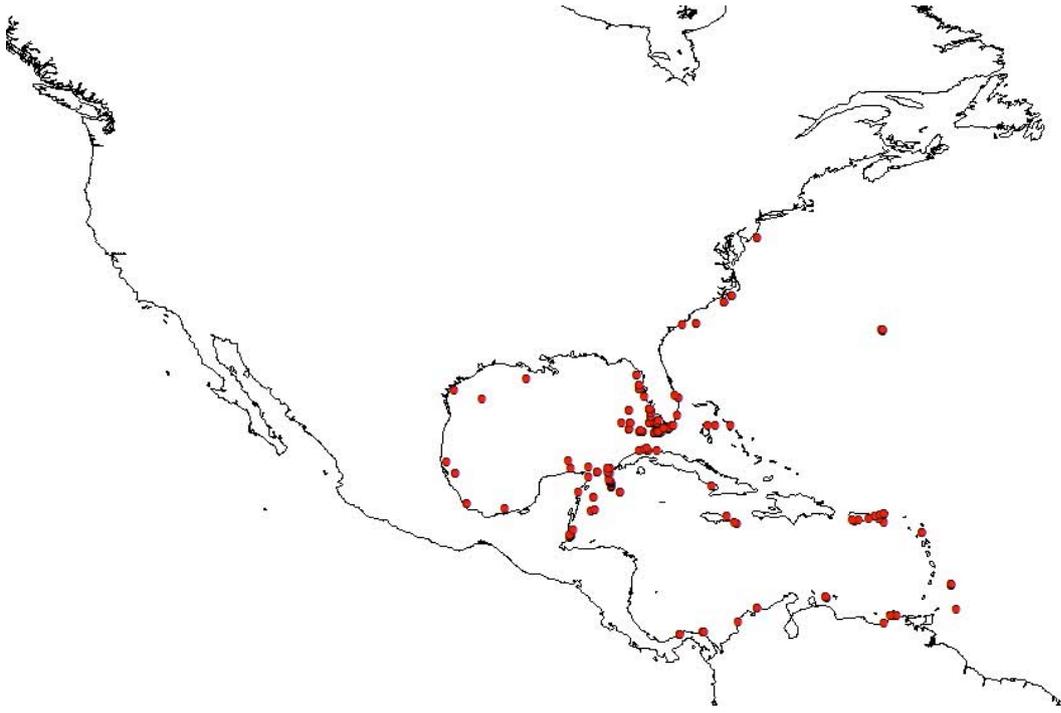
Ophioderma squamosissima Lütken, 1856



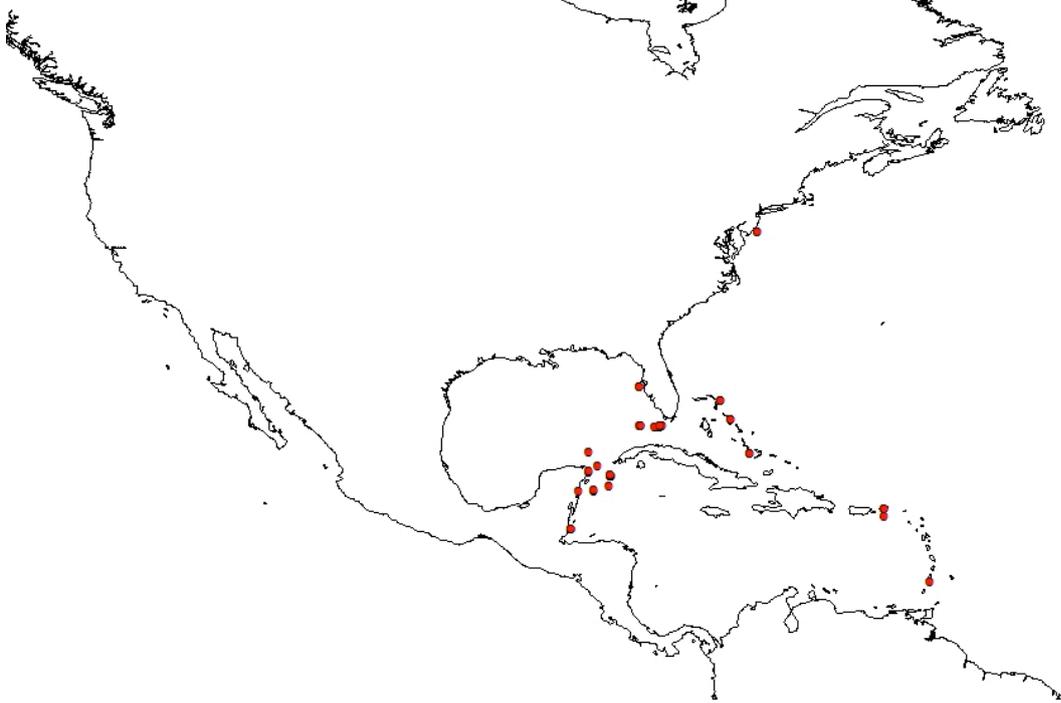
Ophionereis dolabriformis John & A.M. Clark, 1954



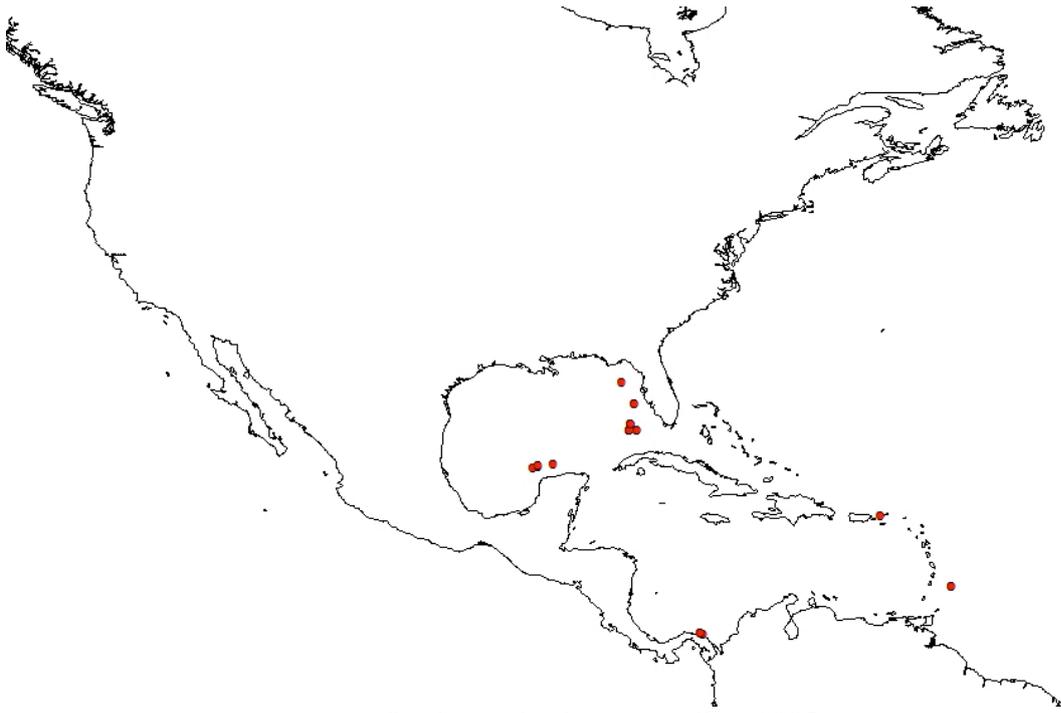
Ophionereis olivacea H.L. Clark, 1901



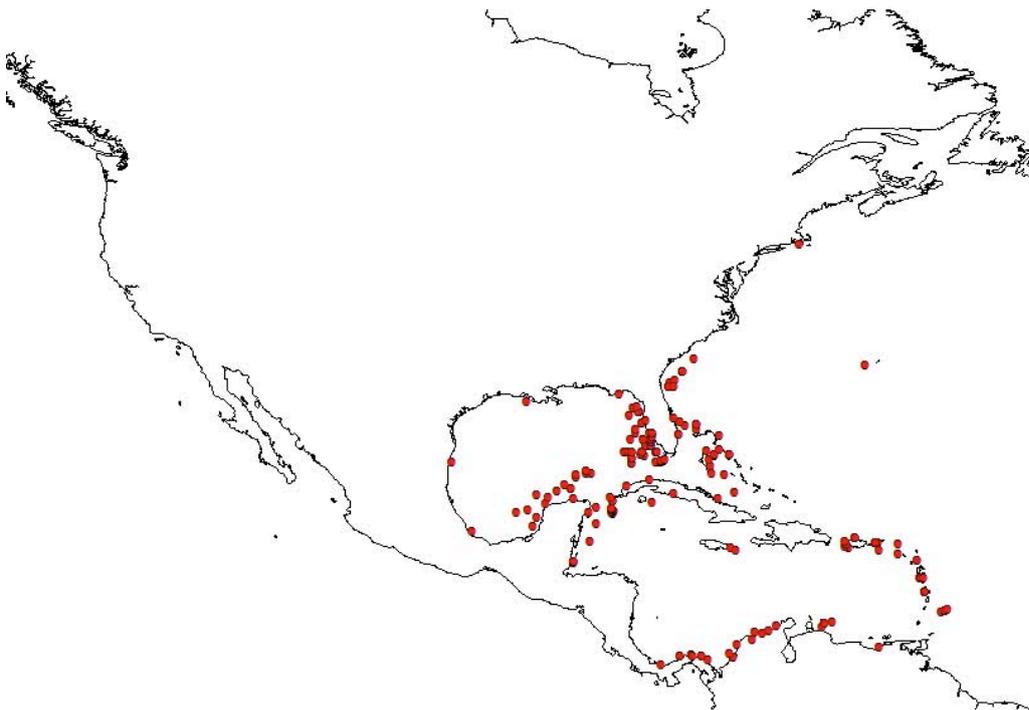
Ophionereis reticulata (Say, 1825)



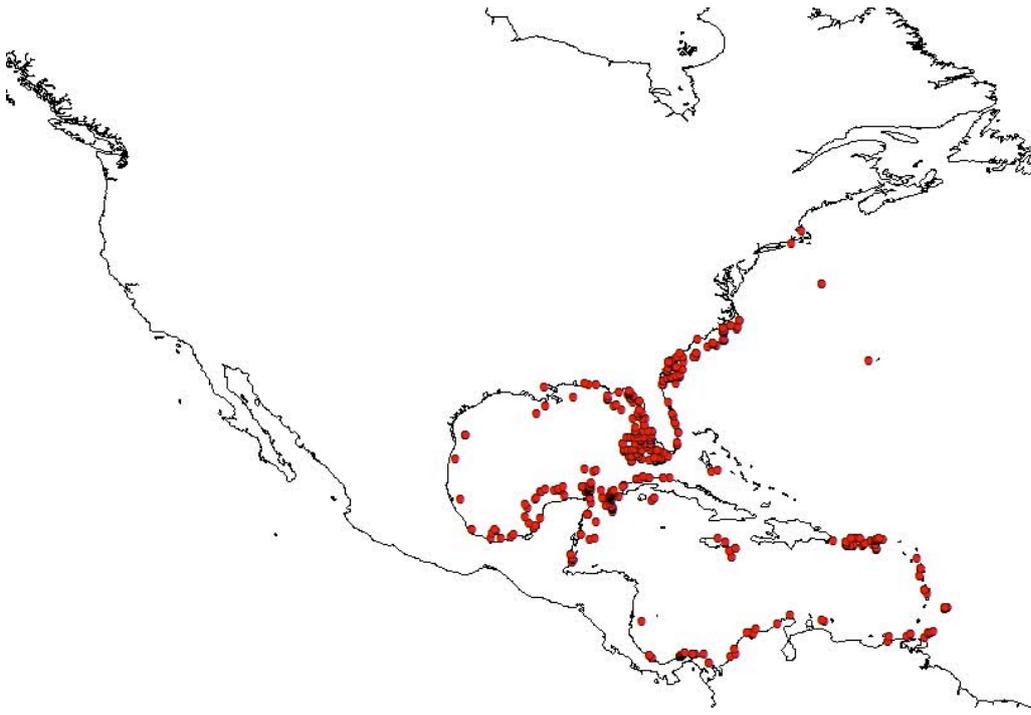
Ophionereis squamulosa Koehler, 1913



Ophionereis vittata Hendler, 1995



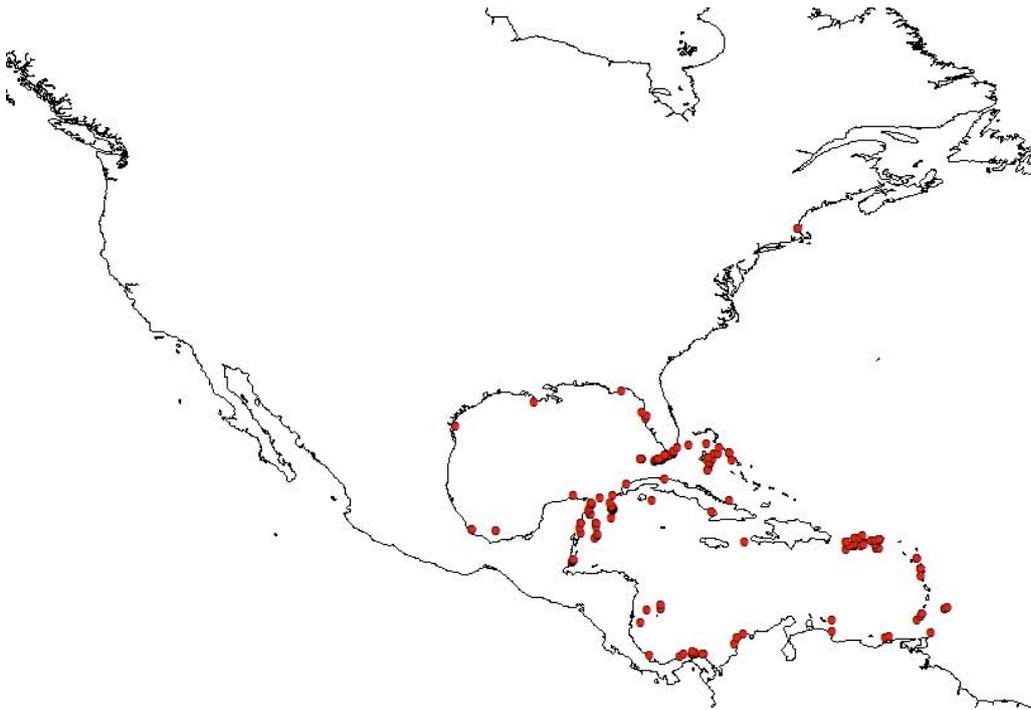
Ophiothrix (Acanthophiothrix) suensoni Lütken, 1856



Ophiothrix (Ophiothrix) angulata (Say, 1825)



Ophiothrix (Ophiothrix) aristulata Lyman, 1879



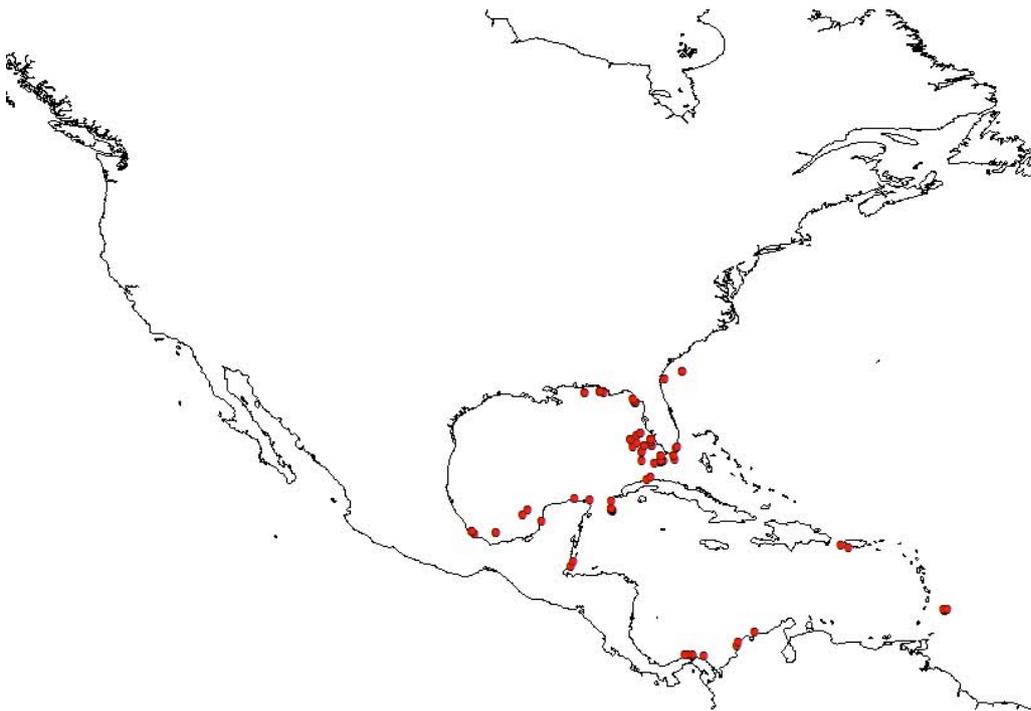
Ophiothrix (Ophiothrix) oerstedii Lütken, 1856



Ophiothrix brachyactis H. L. Clark, 1915



Ophiothrix cimar Hendler, 2005



Ophiothrix lineata Lyman, 1860



Ophiothrix pallida Ljungman, 1871



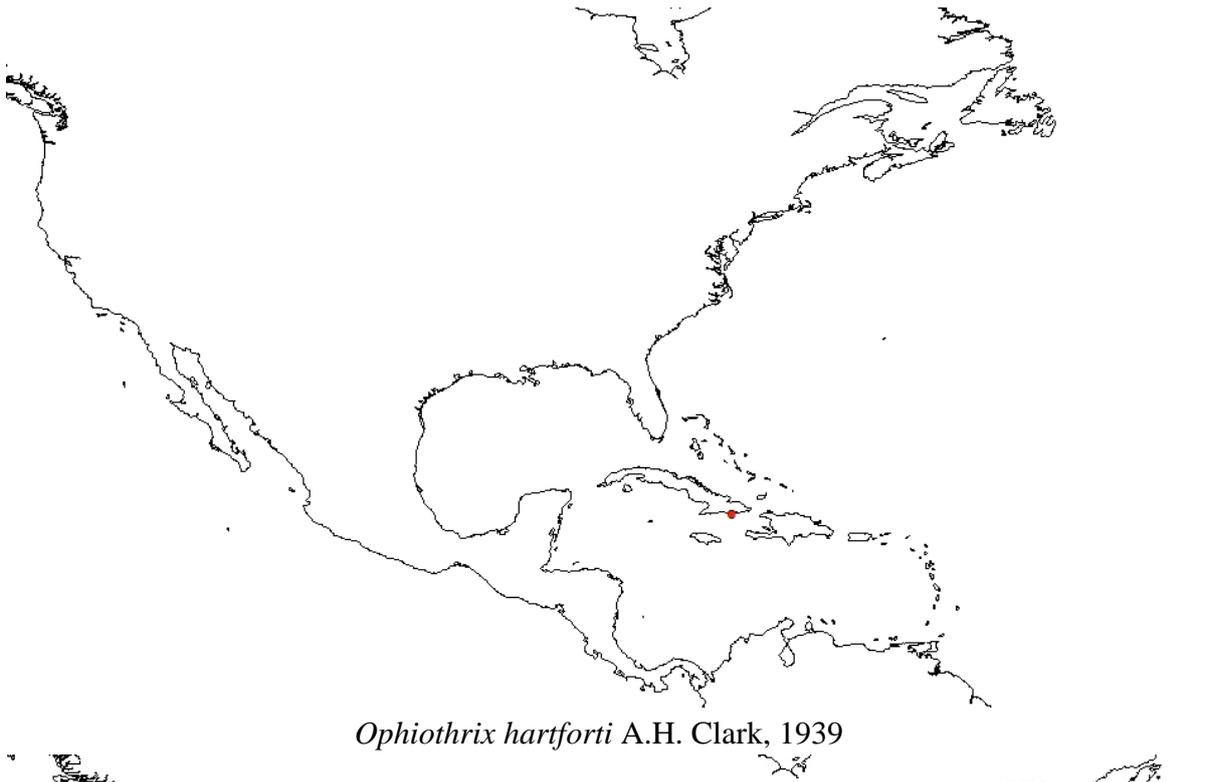
Ophiothrix platyactis H. L. Clark, 1939



Ophiothrix stri Hendler, 2005

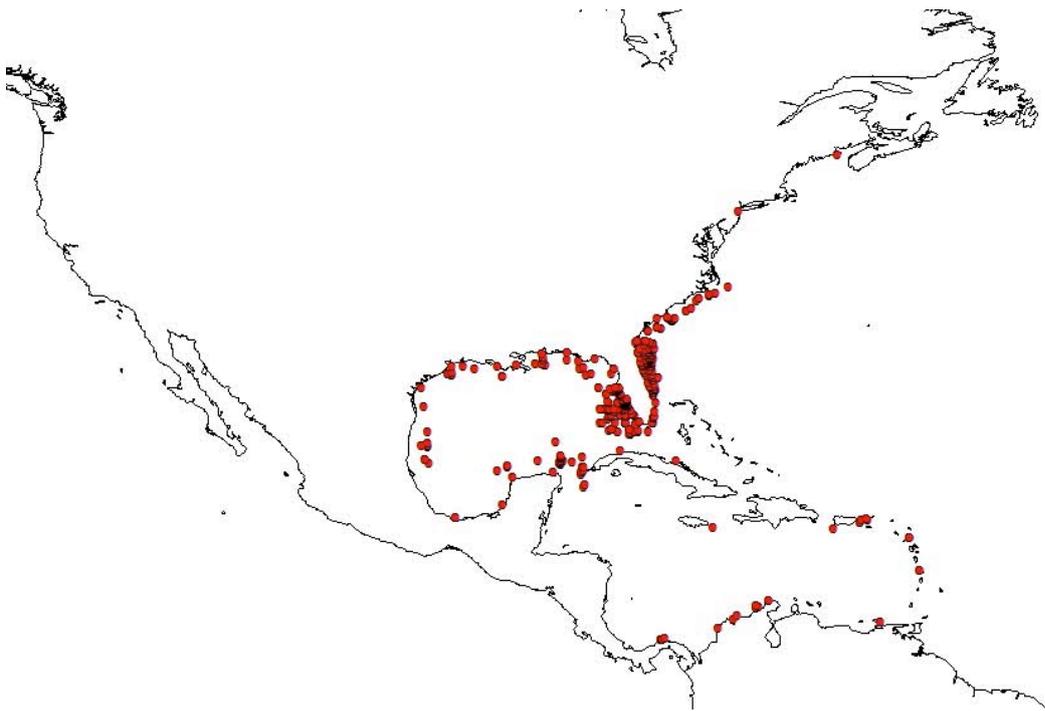


Ophiothrix synoecina Schoppe, 1996





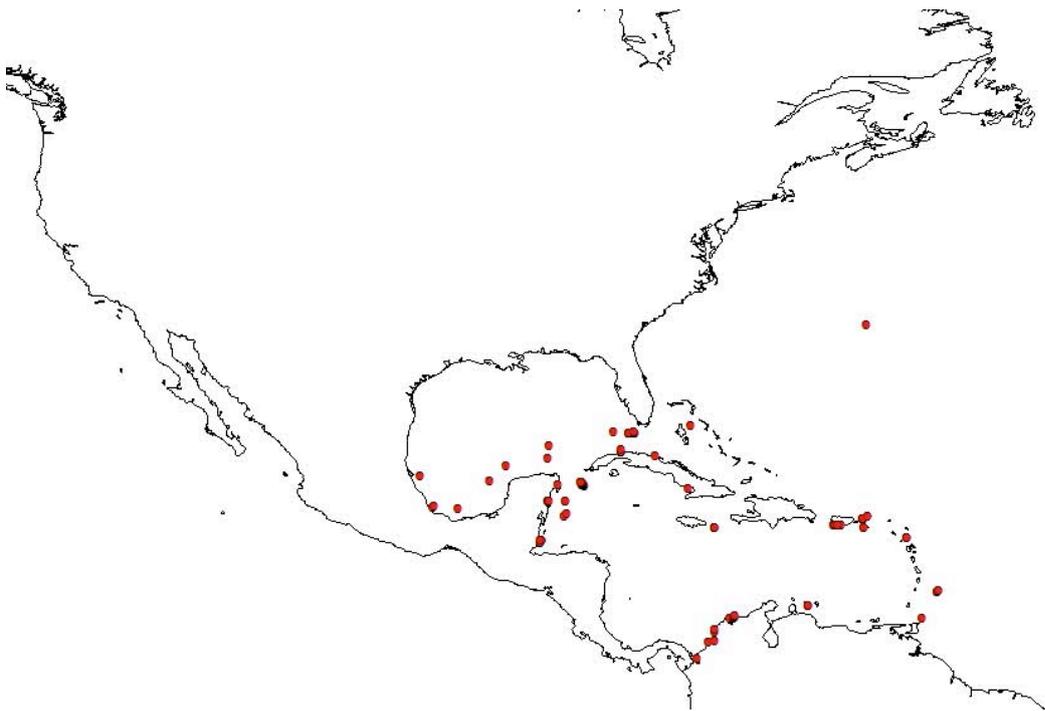
Ophiolepis ailsae Hendler & Turner, 1987



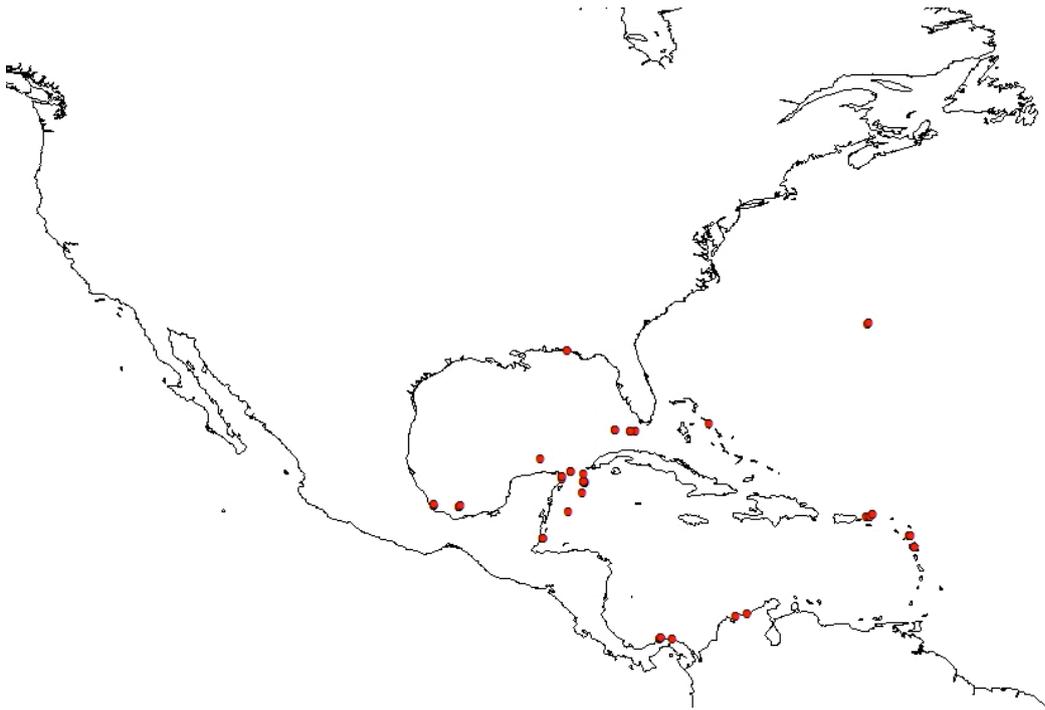
Ophiolepis elegans Lütken, 1859



Ophiolepis gemma Hendler & Turner, 1987



Ophiolepis impressa Lütken, 1859



Ophiolepis paucispina (Say, 1825)



Ophiolepis pawsoni Hendler, 1988



Ophiolepis kieri Hendler, 1979



Ophiolipus agassizii Lyman, 1898



Ophiomidas dubius (Lyman, 1878)



Ophiomusium acuferum Lyman, 1875



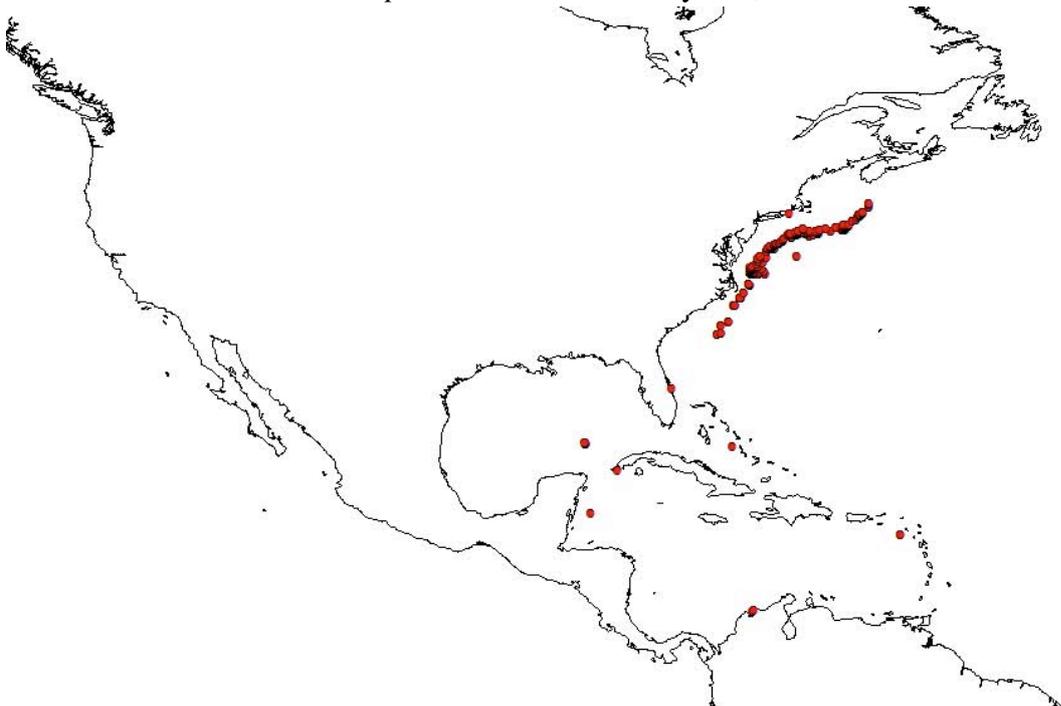
Ophiomusium alecto A.H. Clark, 1936



Ophiomusium eburneum Lyman, 1869



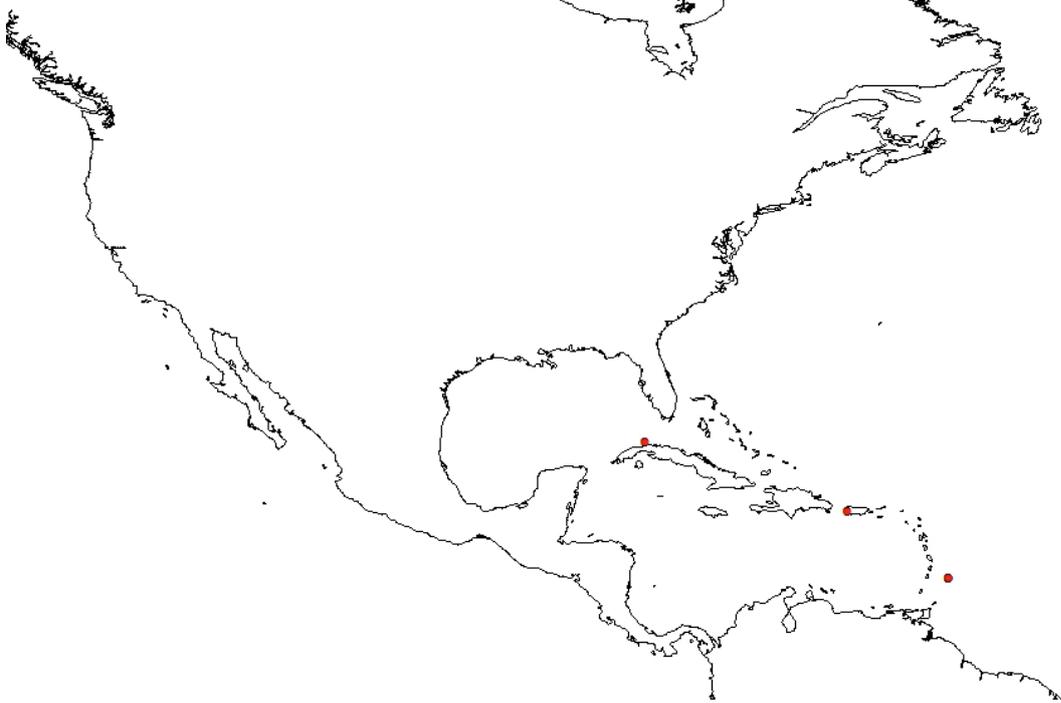
Ophiomusium luetkeni Lyman, 1878



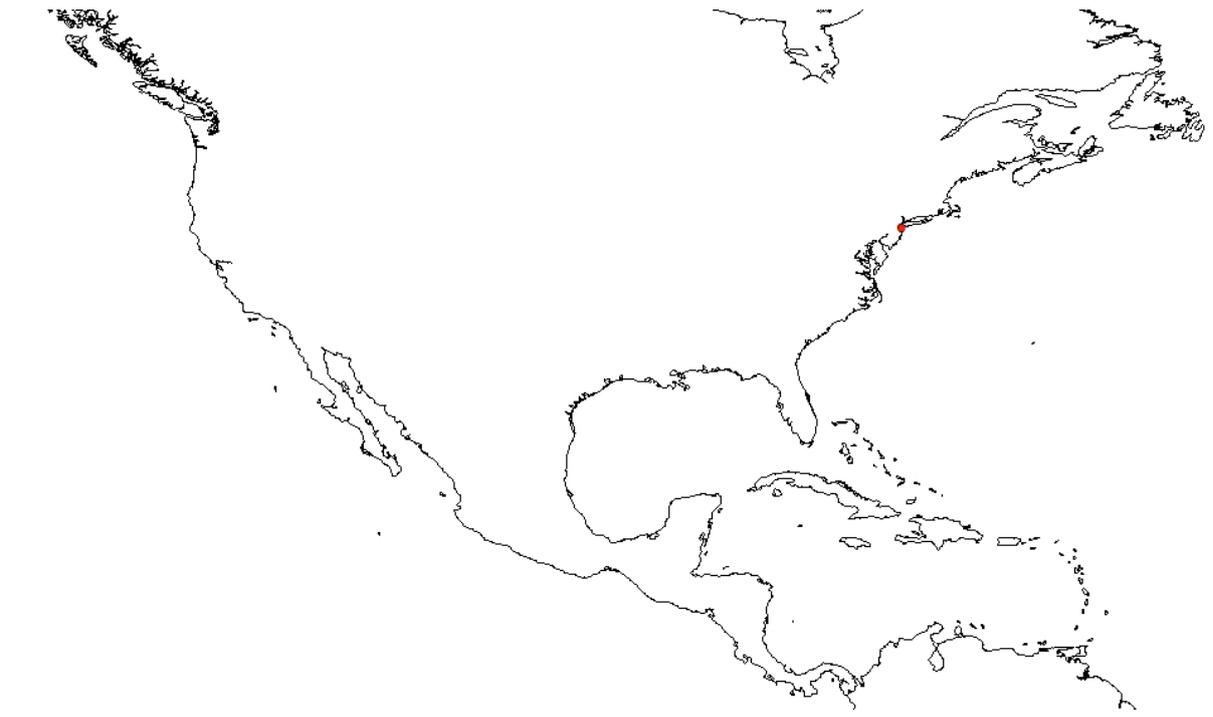
Ophiomusium lymani Thomson, 1873



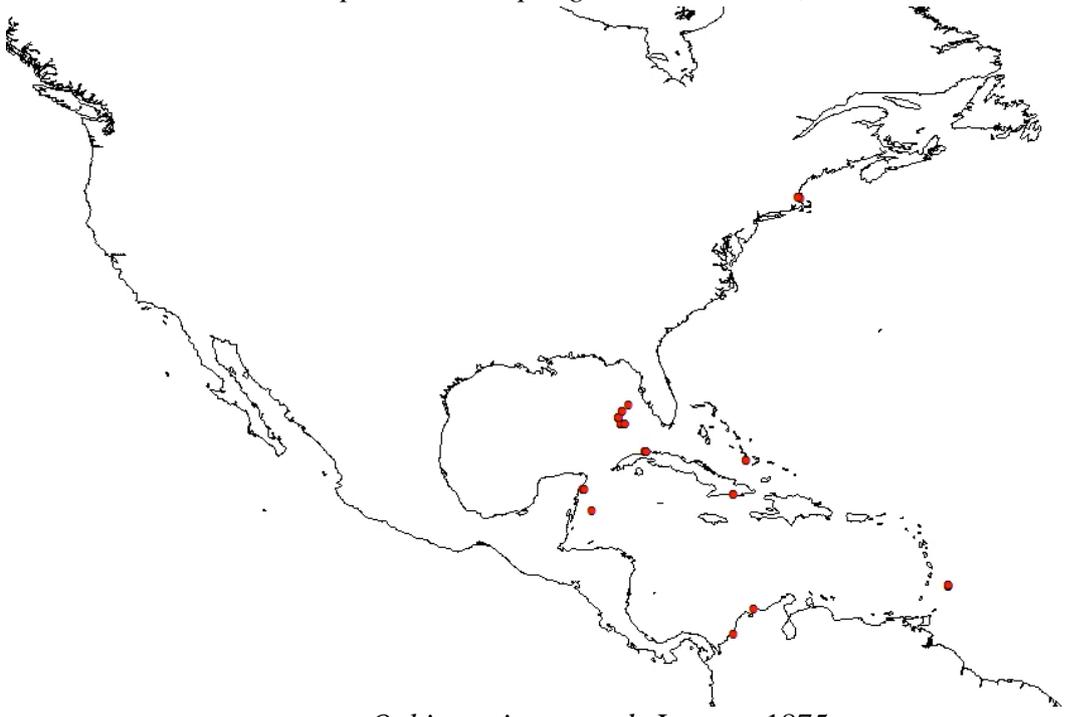
Ophiomusium regulare A.H. Clark, 1936



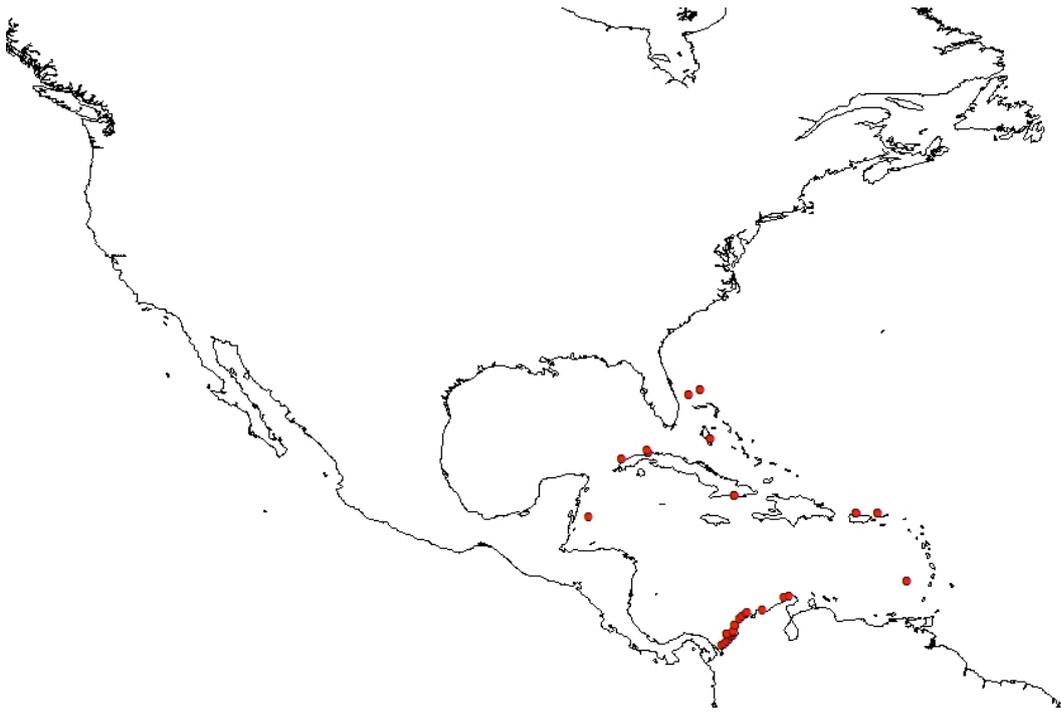
Ophiomusium sculptum Verrill, 1899



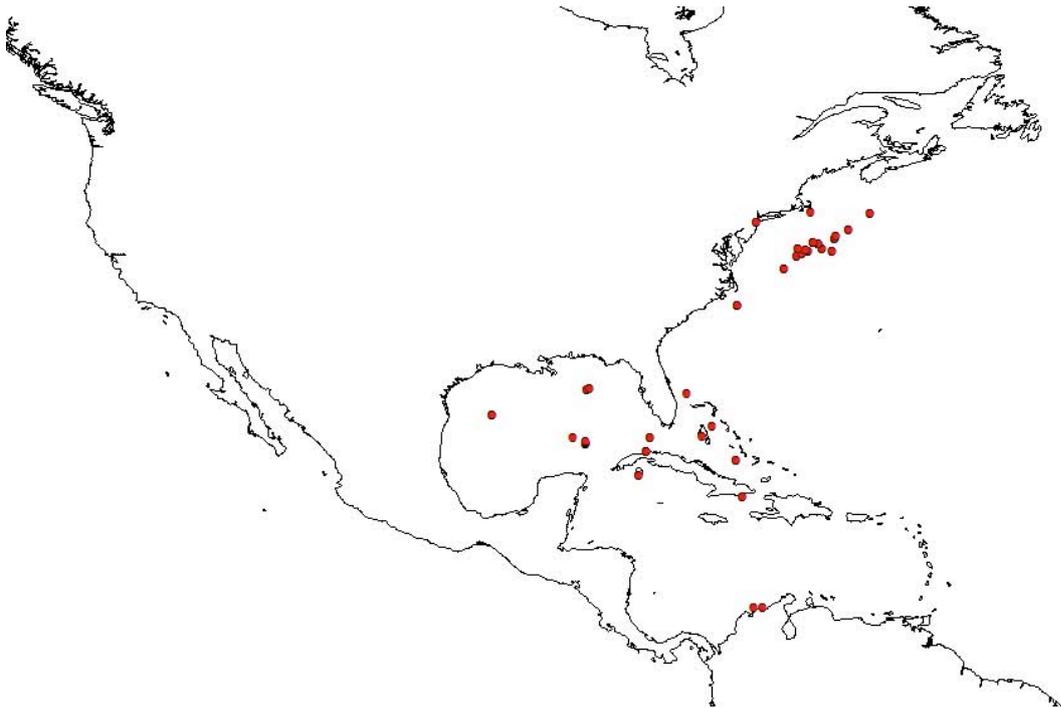
Ophiomusium spinigerum Mortensen, 1933



Ophiomusium testudo Lyman, 1875



Ophiomusium validum Ljungman, 1872



Ophiosphalma armigerum (Lyman, 1878)



Ophiosphalma monoplax H. L. Clark, 1915

Ophiothyreus goesi Ljungman, 1872



Ophiozonella antillarum (Lyman, 1878)

Ophiozonella clypeata (Lyman, 1883)



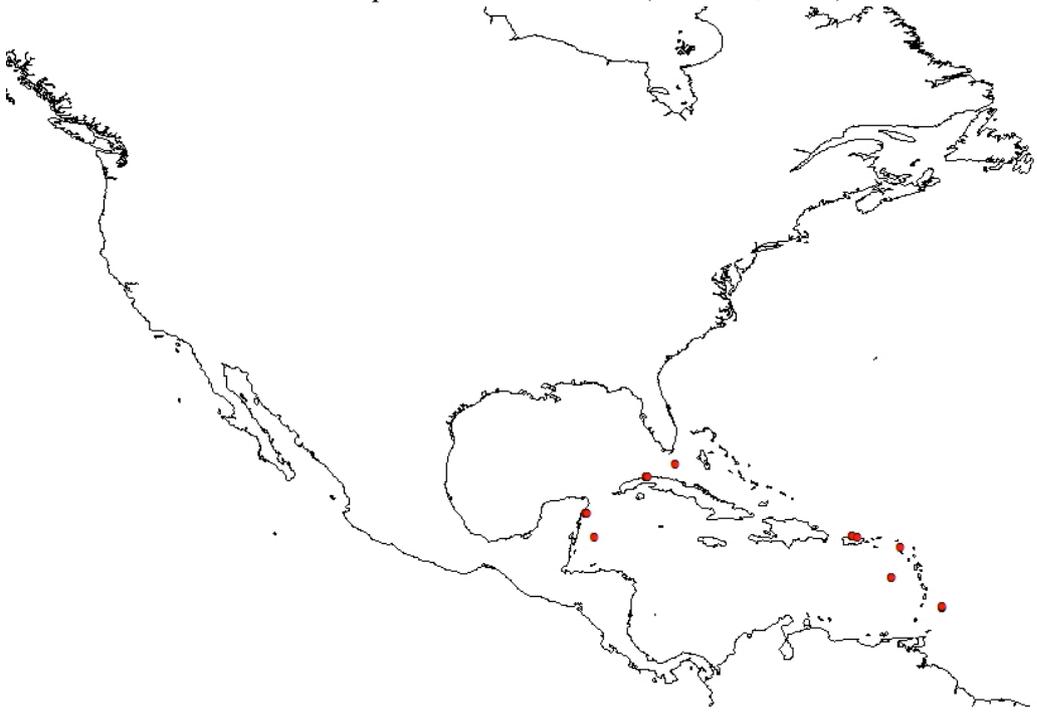
Ophiozonella granulifera H. L. Clark, 1941



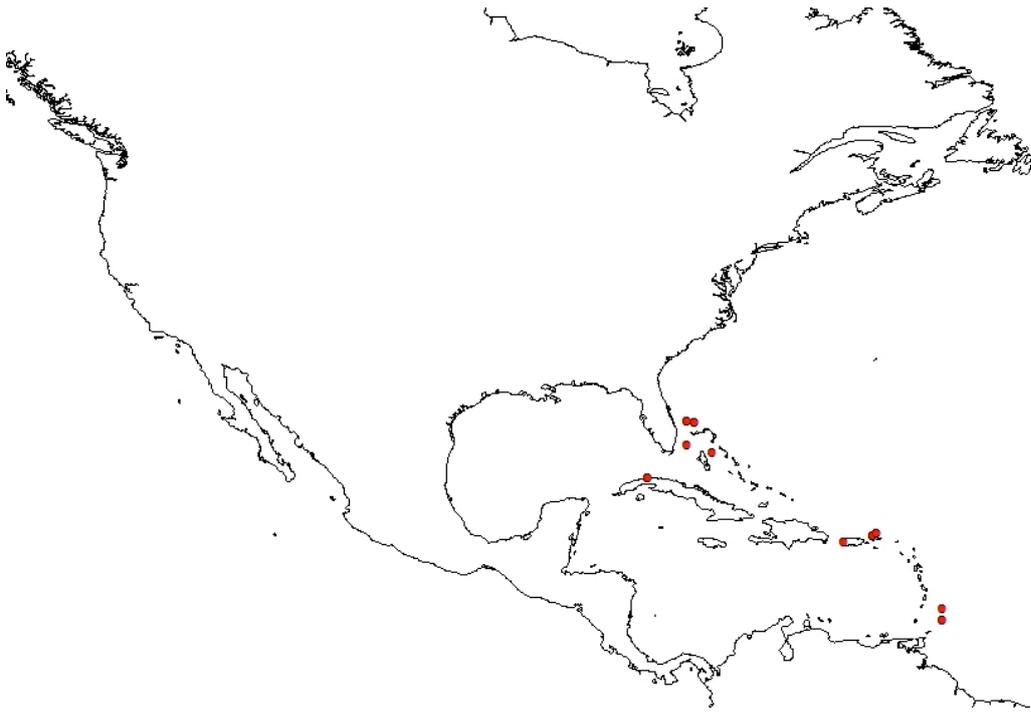
Ophiozonella marmórea Lyman, 1883



Ophiozonella molesta (Koehler, 1904)



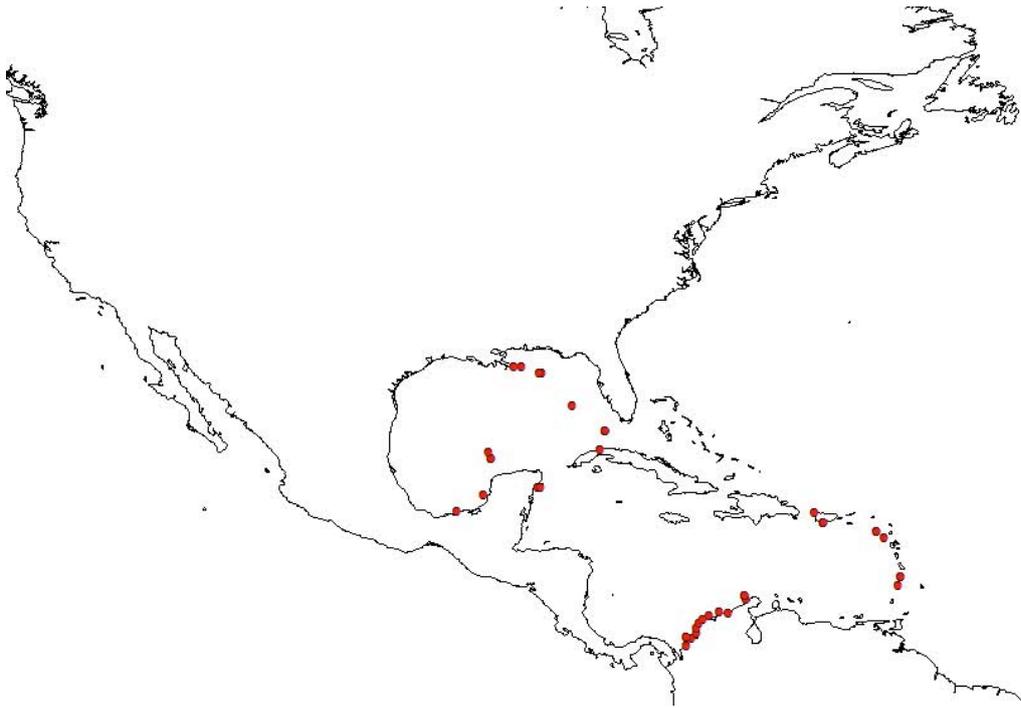
Ophiozonella nivea (Lyman, 1875)



Ophiozonella tessellata (Lyman, 1878)



Ophiochytra tenuis Lyman, 1883



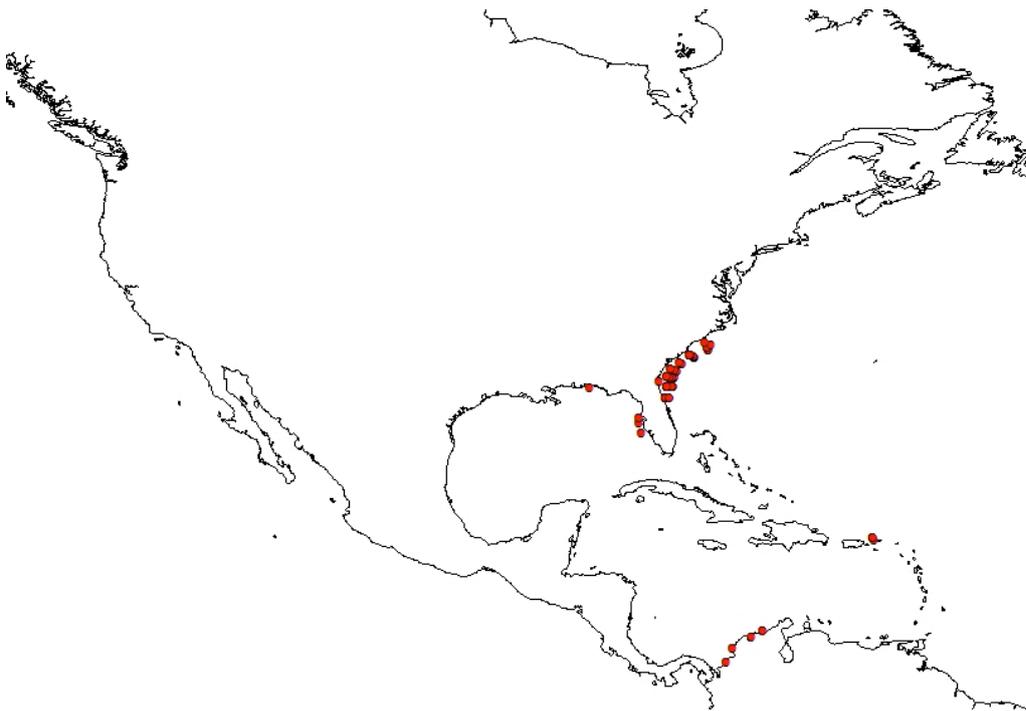
Ophiernus adpersus adpersus Lyman, 1883



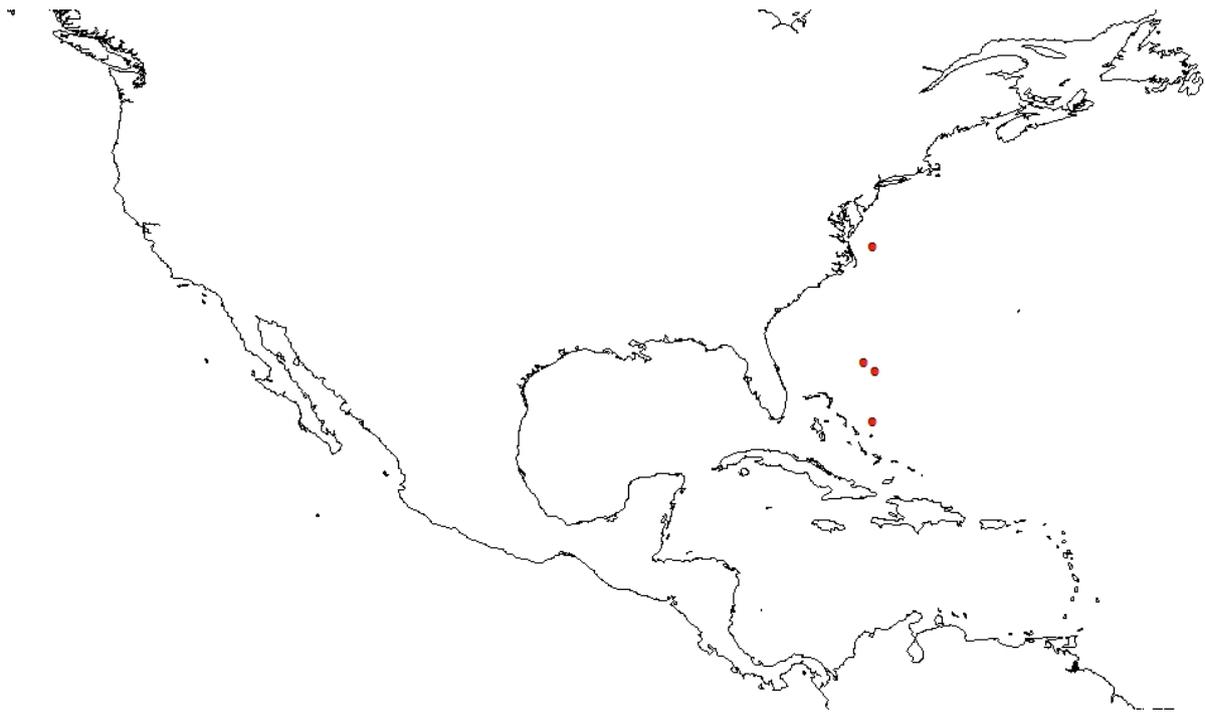
Ophioleuce depressum (Lyman, 1869)



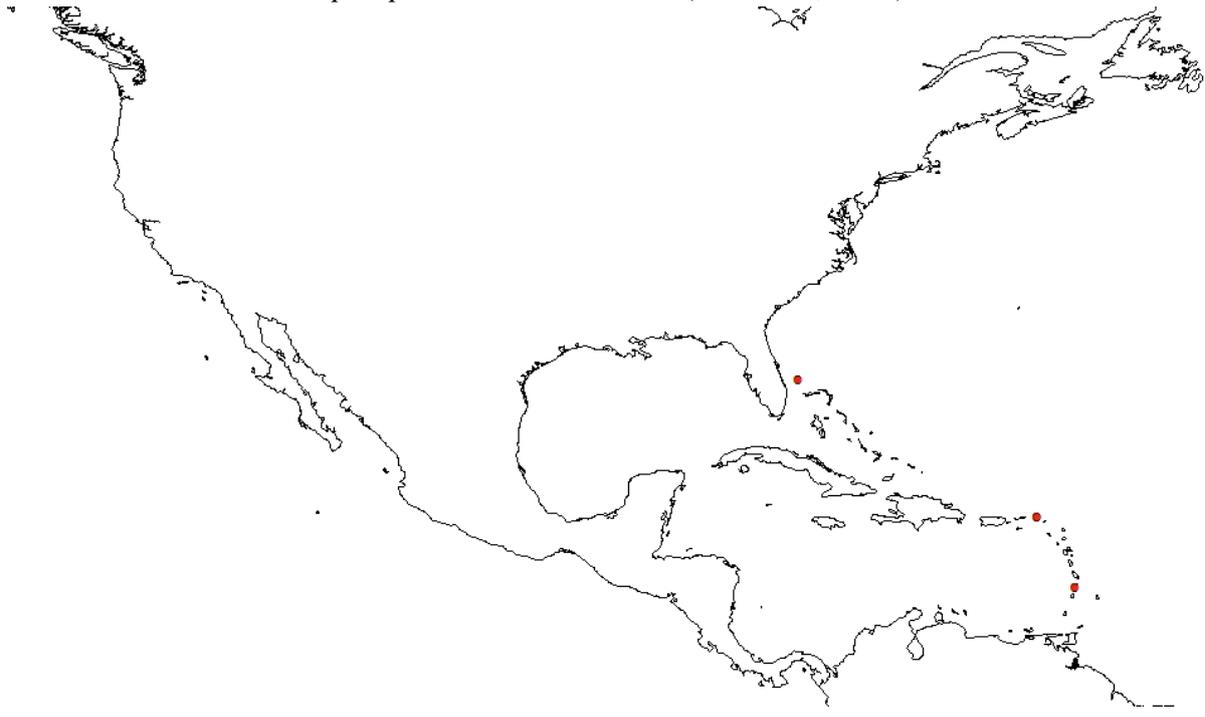
Ophiopyren longispinus Lyman, 1878



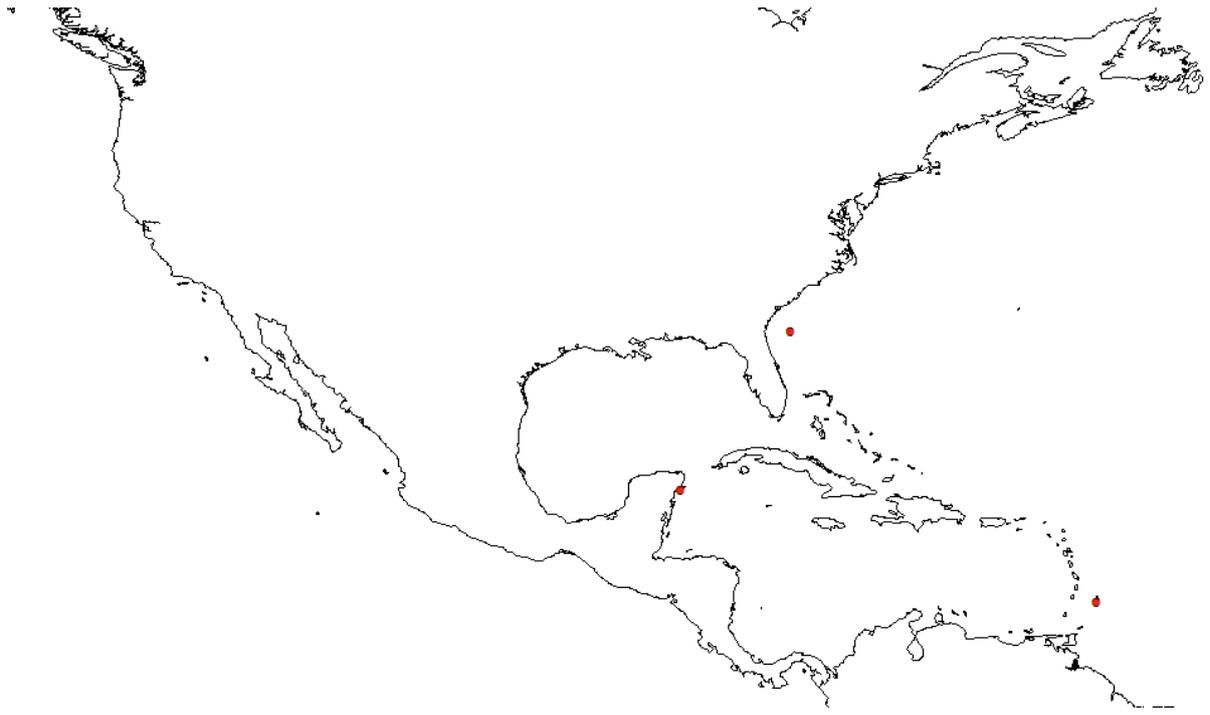
Ophiostriatus atlanticus (Mortensen, 1933)



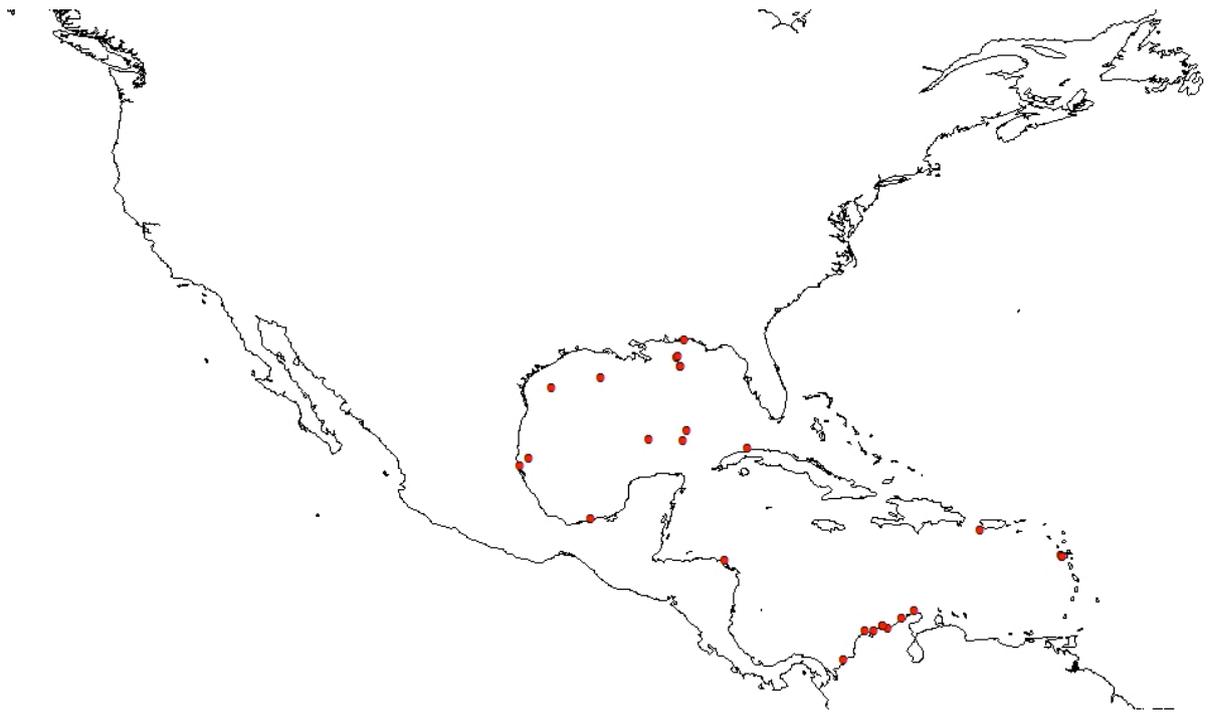
Amphiophiura bullata bullata (Thomson, 1878)



Amphiophiura coronata (Koehler, 1914)



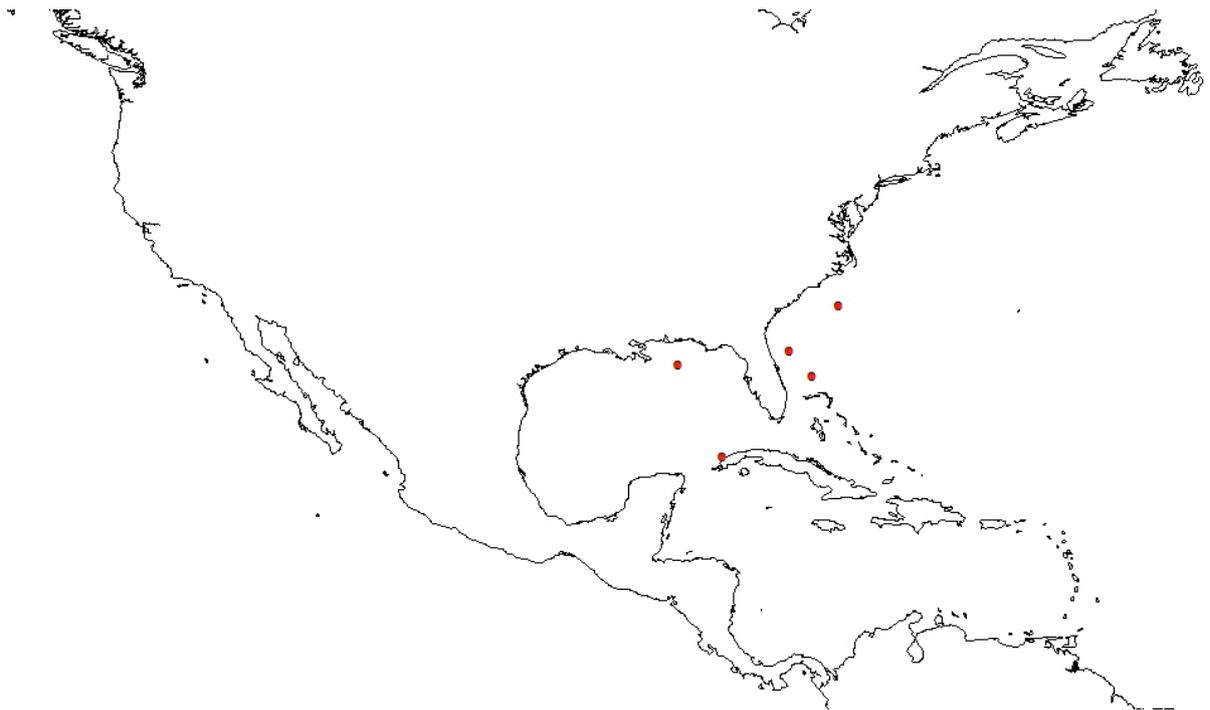
Amphiophiura fasciculata (Lyman, 1883)



Amphiophiura metabula H. L. Clark, 1915



Amphiophiura oedignatha H. L. Clark, 1915



Amphiophiura sculptilis (Lyman, 1878)



Anthophiura ingolfi Fasmer, 1930



Astrophyura permira Sladen, 1879



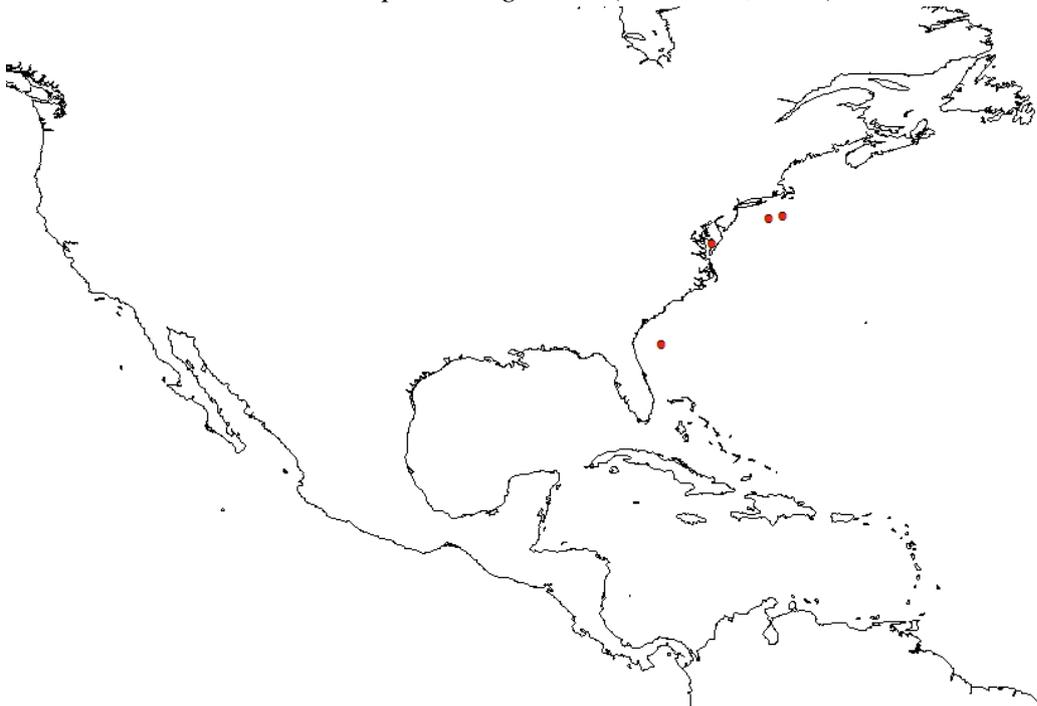
Ophiambix devaneyi Paterson, 1985



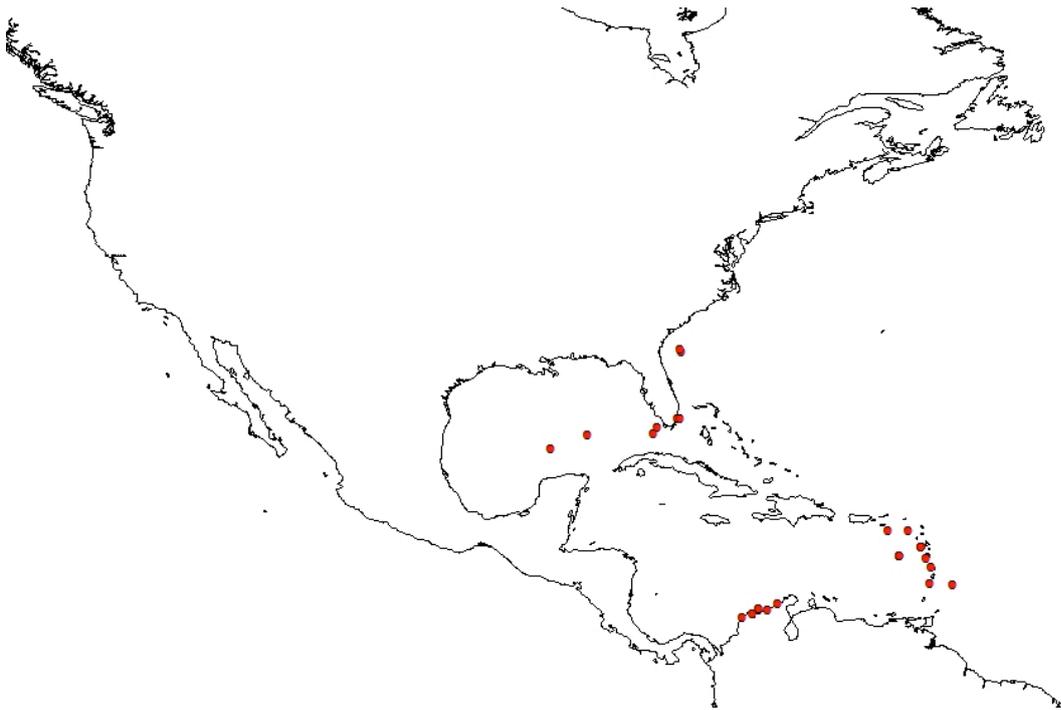
Ophiocten affinis (Lütken, 1858)



Ophiocten gracilis (Sars G.O., 1871)



Ophiocten hastatum Lyman, 1878



Ophiomastus secundus Lyman, 1878



Ophiomisidium pulchellum (Wyville-Thomson, 1878)



Ophiomisidium speciosum Koehler, 1914



Ophiophycis mirabilis Koehler, 1901



Ophiopleura inermis (Lyman, 1878)



Ophioplinthus abyssorum (Lyman, 1883)



Ophioplinthus inornata (Lyman, 1878)



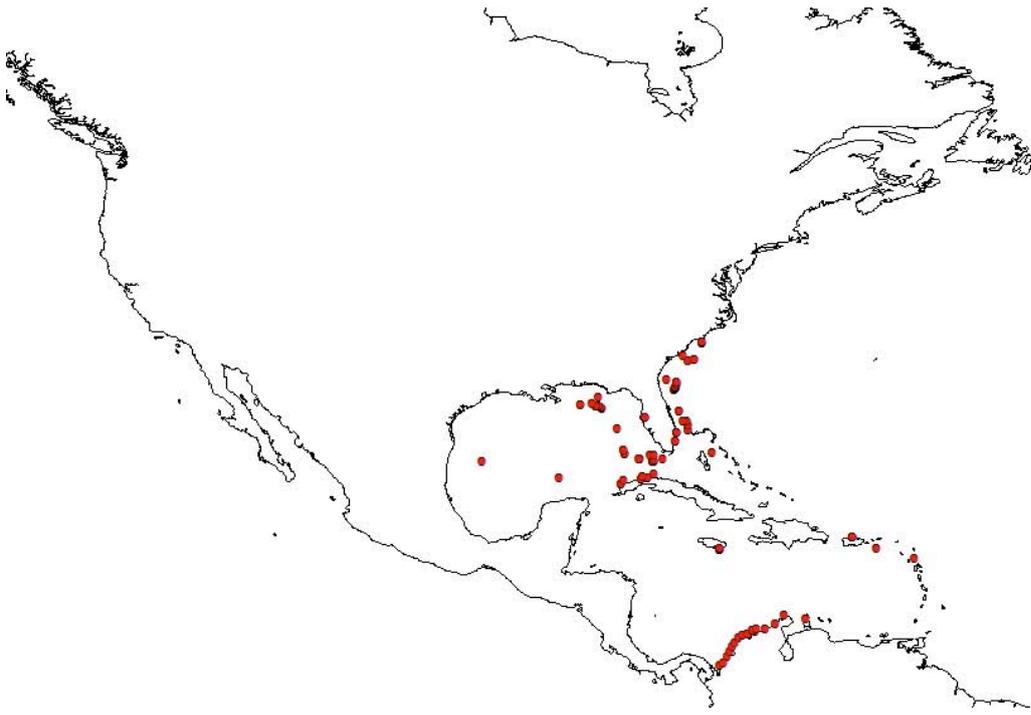
Ophioplinthus tessellata (Verrill, 1894)



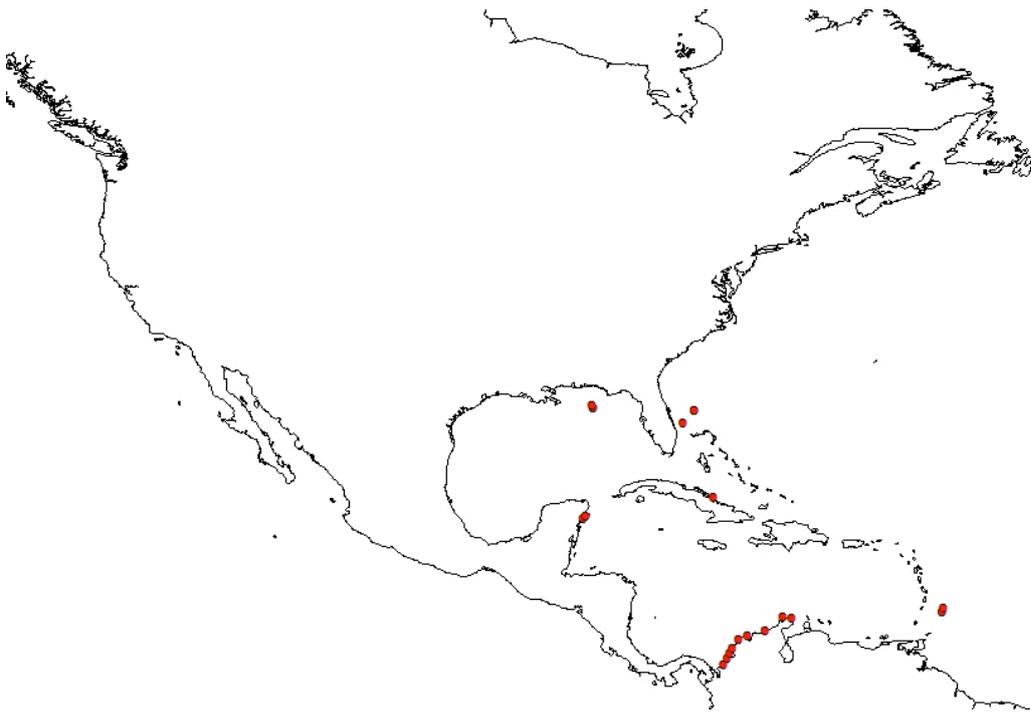
Ophiura (Ophiura) scomba Paterson, 1985



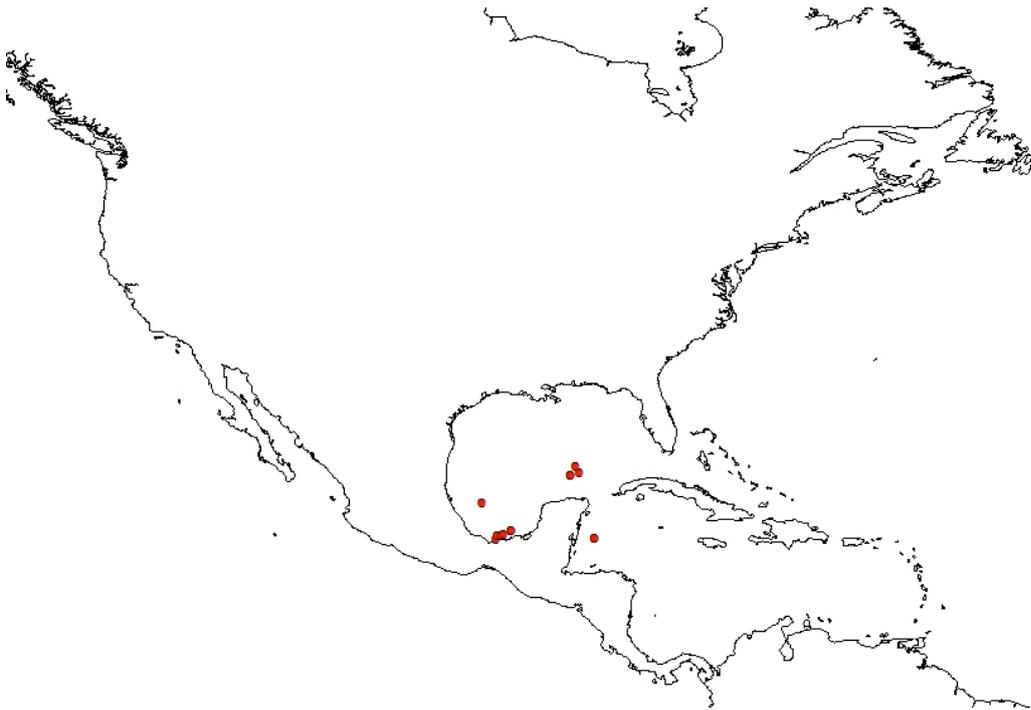
Ophiura (Ophiuroglypha) irrorata irrorata (Lyman, 1878)



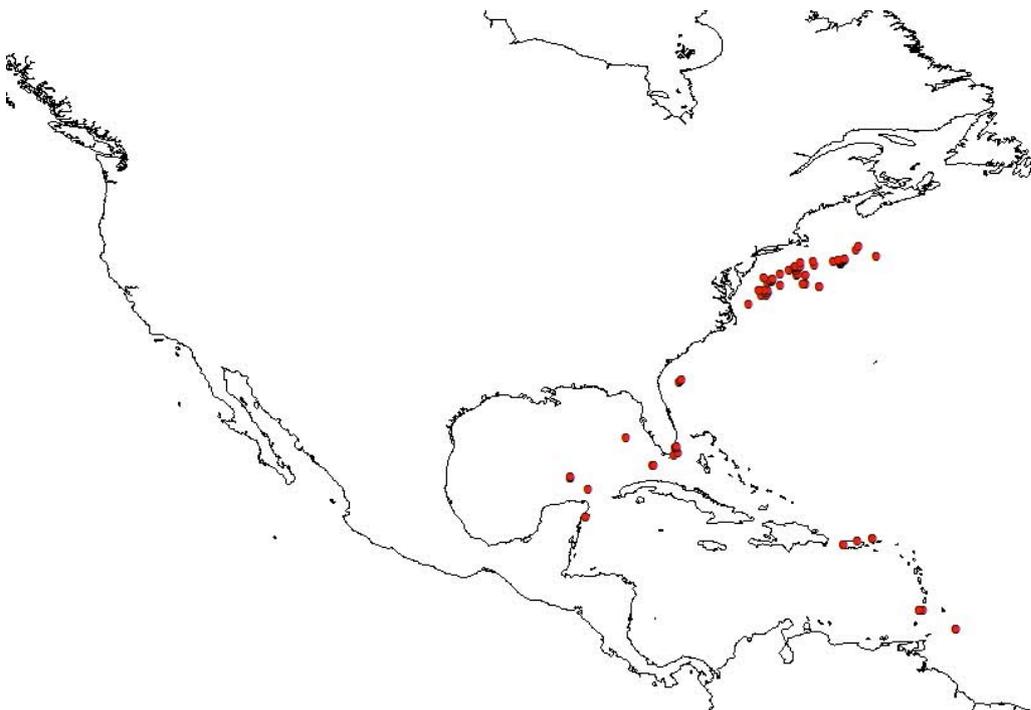
Ophiura acervata (Lyman, 1869)



Ophiura falcifera (Lyman, 1869)



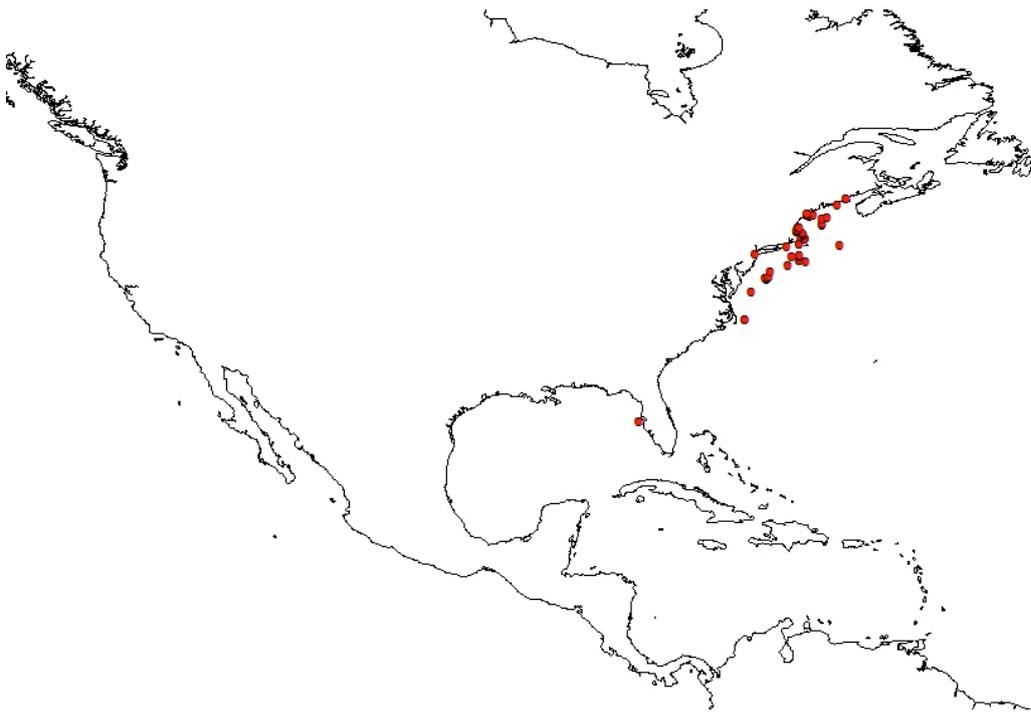
Ophiura fallax Cherbonnier, 1959



Ophiura ljunmani (Lyman, 1878)



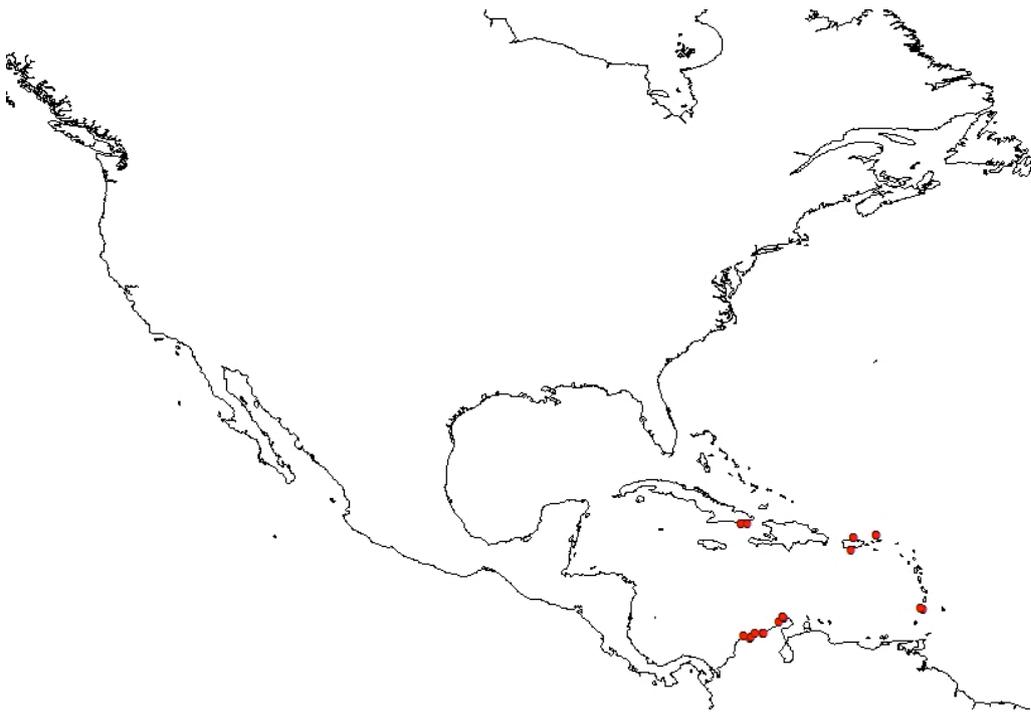
Ophiura robusta (Ayres, 1854)



Ophiura sarsii Lütken, 1855



Ophiura saurura (Verrill, 1894)



Ophiura tenera (Lyman, 1883)



Stegophiura macrarthra H.L. Clark, 1915



Stegophiura nodosa (Lütken, 1855)