



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**DIVERSIDAD Y BIOGEOGRAFÍA DE LA CLASE BIVALVIA
(Linnaeus, 1758) EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Tesis

Que para obtener el Título de:

BIÓLOGO

Presenta

RUBÉN ALÍ FARFÁN BELTRÁN

Director de tesis: Dr. ERICK ALEJANDRO GARCÍA TREJO

Asesor interno: Dr. ANTONIO VALENCIA HERNÁNDEZ

Ciudad de México. Noviembre, 2016.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi gordita, mi abuelita.

Cada día te recuerdo y valoró mas todo lo que me enseñaste.

A Estelita, mi mamá.

La persona más dulce que he conocido, siempre cuentas conmigo.

A Manuel, mi papá.

Cada día me enseñas que no hay nada que con paciencia y esfuerzo no se logre.

A Edday, mi hermanito.

Con quien crecí y aprendí que la familia está en las buenas y en las malas.

A Paula S.

Por compartir mis locuras, mi presente y futuro.

A quienes han compartido un poco de su vida con la mía.

-Sí, lo amo. El mar lo es todo. Cubre siete décimas partes del globo terrestre. Su aliento es puro y sano, es el inmenso desierto en el que el hombre nunca está solo, pues siente latir la vida a su alrededor.-

Dialogo del capitán Nemo en 20, 000 leguas de viaje submarino

Julio Verne

AGRADECIMIENTOS

A las personas que con su esfuerzo y trabajo hacen posible la educación pública en el país, haciendo posible que me encuentre escribiendo estas líneas, para ellas todo mi reconocimiento y gratitud.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser la sede de los mejores momentos que he vivido y por todo lo que me ha facilitado para mi crecimiento profesional a lo largo de estos años.

Al Dr. Erick Alejandro García Trejo, por ser el guía en este trabajo y de quien he recibido amistad, consejo y apoyo. Así como por ser la persona que me contagio el interés por la Biogeografía Gracias por todo.

Al Dr. Antonio Valencia Hernández por cada plática compartida, por enseñarme una nueva visión de las cosas y por ayudarme a crecer como persona tanto en el ámbito académico como fuera de él; por mostrarme que no es necesario tener lo último en tecnología para trabajar, cuando se tiene conocimiento, ingenio y ganas de hacer las cosas. Nunca lo olvidaré.

A la Biól. Angélica Elaine Gonzáles Schaff, la M. en C. Verónica Mitsui Saito Quezada y la Dra. Erika Lourdes Ortiz Martínez, por las revisiones y por el apoyo otorgado para que este trabajo llegara a buen término.

Al Dr. Daniel León Álvarez por la amistad, el apoyo y las oportunidades brindadas en estos años, por enseñarme el trasfondo de cada práctica de investigación y la importancia epistemológica del trabajo de campo. Muchas gracias.

A Janette, Amalia, Olivia, Itzel, Gaby, Laura, Miguel e Israel por ser mis compañeros en ese primer año de biología en la Facultad de Ciencias, cuya amistad y apoyo ha perdurado hasta la actualidad, los quiero mucho.

A Elia, Celic, Jhon y Karen por esas tardes de gorditas de suadero en la FES, por esas tardes de chismes y por volver amenas todas esas horas de espera y de tareas. Siempre contarán con mi amistad.

A Josué y todas las chicas del herbario Alejandra, Luisa, Lucero, Viviana y Naty por los momentos compartidos durante el trabajo y las prácticas de campo. Muchas gracias por su cariño y amistad.

A Marisol, Rogelio, Fernando y Daniel (Chrono) por ser mis amigos desde hace mucho tiempo y por estar ahí cada día...¡dando lata!

A MaFer, Fer de Alba y Magda por la revisión del escrito, y por los buenos momentos compartidos últimamente. ¡Gracias chicas!

Contenido

1	Introducción	2
1.1	Generalidades de los bivalvos en los ecosistemas marinos.....	2
1.2	Clasificación tradicional de los bivalvos marinos.....	3
1.2.1	Almejas.....	3
1.2.2	Vieiras.....	3
1.2.3	Ostras	5
1.2.4	Mejillones.....	6
1.3	Factores ambientales que afectan la distribución de los bivalvos	7
1.3.1	Temperatura.....	7
1.3.2	Salinidad	7
1.3.3	Corrientes.....	7
1.4	Los bivalvos en los estudios biogeográficos	8
1.5	Estudios biogeográficos en el Golfo de México	9
1.6	Áreas de endemismo	11
1.6.1	Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo.....	12
1.7	Bivalvos del Golfo de México	13
1.7.1	Especies protegidas.....	13
1.8	Justificación	13
2	Hipótesis.....	15
3	Objetivo General	15
3.1	Objetivos particulares.....	15
4	Área de Estudio	16
4.1.1	Formación del Golfo de México	18
5	Métodos	19
5.1	Obtención de la información	19
5.2	Construcción de base de datos	19
5.3	Elaboración de mapas de distribución	20
5.4	Análisis Biogeográficos.....	20
5.5	Diversidad	21

6	Resultados	22
6.1	Registros	22
6.2	Análisis Biogeográficos.....	22
6.2.1	Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo (PAE)	23
6.2.2	Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE)	35
6.2.3	Análisis Cladístico de áreas de Endemismo (CADE)	37
6.3	Diversidad	44
7	Discusión	45
7.1	Agrupaciones obtenidas en el análisis de PAE.....	45
7.2	Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE)	50
	Agrupaciones obtenidas mediante el análisis de PAE-PCE	51
7.3	Análisis Cladístico de Áreas de Endemismo (CADE).....	51
7.3.1	Agrupaciones obtenidas mediante el análisis CADE	51
7.4	Ecorregionalizaciones	52
7.5	Diversidad	53
8	Conclusiones.....	54
9	Recomendaciones	55
10	Apéndices	56
10.1	Apéndice 1	56
10.2	Apéndice 2: Cladogramas del análisis PAE	61
10.3	Apéndice 3: Cladogramas Finales del PAE-PCE.....	64
11	Referencias.....	67

1 Introducción

1.1 Generalidades de los bivalvos en los ecosistemas marinos

Los moluscos son el segundo grupo más diverso de animales en el planeta con alrededor de 50,000 especies descritas en la actualidad, de las cuales 30,000 pertenecen al ambiente marino; dentro de este grupo los bivalvos ocupan el segundo lugar en diversidad con 7,500 especies, solo por detrás de los gasterópodos. Los moluscos se han dividido por su morfología en cuatro grupos llamados comúnmente mejillones, ostras, vieiras y almejas (Gosling 2004).

El plan corporal básico de los bivalvos es el que más diferencias presenta respecto al resto de los moluscos (Tunnell *et al.* 2011), debido a que se han adaptado a una vida en el bentos, dentro del cual, estos organismos cumplen una función muy importante al ser un eslabón de unión entre procesos pelágicos y bentónicos, ya que filtran materia orgánica y fitoplancton de la columna de agua y sus restos, expulsados como mucus o heces, pasan a formar parte del sedimento (Newell 2004).

La alimentación de los bivalvos es tan eficiente que se ha demostrado que poblaciones naturales de bivalvos filtradores pueden ejercer control sobre el fitoplancton en zonas costeras (Corgos *et al.* 2013), incrementando la cantidad de luz que llega a la superficie del bentos, ayudando a que las macroalgas y pastos marinos puedan crecer, a su vez, el nitrógeno y fósforo que excretan los bivalvos por sus biodepósitos se vuelven a reciclar en la columna de agua, sirviendo de nutrientes para el fitoplancton (Newell 2004).

Además de lo anterior, las larvas de los bivalvos sirven de alimento para gran cantidad de organismos marinos al formar parte del zooplancton, y soportando la existencia de pesquerías de importancia comercial prácticamente en todos los mares; así mismo, los organismos adultos son alimento de muchas especies de vertebrados e invertebrados como equinodermos, crustáceos y otros moluscos (Gosling 2004).

1.2 Clasificación tradicional de los bivalvos marinos

1.2.1 Almejas

Las almejas son organismos que pasan su vida adulta enterradas en lodos, arenas, gravas o combinaciones de estos materiales, en donde habitan enterradas desde cinco cm a 100 cm, dependiendo de la especie. El hábitat de las almejas va de lugares abiertos a protegidos, como salinas y estuarios, se extienden desde la zona intermareal superior hasta regiones submareales de costas que pueden alcanzar los 200 metros de profundidad (Gosling 2004).

Un ejemplo de la morfología típica de las almejas está definida por la especie *Mercenaria mercenaria*, la cual posee una concha gruesa y triangular que puede ser de color marrón o gris, paralelamente a la charnela se pueden observar anillos de crecimiento que cubren todo el exterior de la valva, esto es común en este género y en otras almejas de importancia comercial (Figura 1). El interior de la valva suele ser de un blanco brillante, presentan además tres dientes conspicuos en cada valva acomodados de tal forma que embonan perfectamente (Gosling 2004).

El tamaño que las almejas pueden alcanzar varía conforme a la especie, por ejemplo las especies *Mercenaria mercenaria*, y *Mya arenaria* pueden alcanzar una talla que llega a 150 mm, mientras que las especies mayores pueden llegar a medir 220 mm, tal es el caso de *Spisula solidissima*, por otro lado las tallas pequeñas suelen medir alrededor de los 65 mm como son algunos miembros del género *Cerastoderma*. La distribución de las almejas suele ser amplia, particularmente de los géneros *Anadara*, *Arca*, *Mactra*, *Mercenaria*, *Meretrix* y *Paphia*; Por ejemplo, la especie *Mercenaria mercenaria* se distribuye en las costas americanas del Atlántico Norte, desde el Golfo de St. Lawrence en Canadá hasta el Golfo de México (Gosling 2004).

1.2.2 Vieiras

La morfología de la concha de las vieiras es la más vistosa dentro de los bivalvos (Figura 1)Figura 1Figura 6, debido a los surcos que presentan y que van de un extremo al otro de la valvas, partiendo desde el umbo, el cual es una protuberancia en la parte dorsal de la concha, estos surcos usualmente suelen ser de 15 a 16, además en algunos casos,

presentan prolongaciones a los lados del umbo llamadas orejillas, aparte de ello la coloración que presentan suele ser más llamativa que en el resto de los bivalvos (Gosling 2004).

El tamaño de estos organismos es variable dependiendo de la especie, como ejemplo *Placopecten maximus* alcanza 150 mm de longitud, mientras que *Placopecten magellanicus*, puede llegar a medir entre 200 y 230 mm. Otras especies como lo son *Chlamys islandica* y *Argopecten irradians* no superan los 100 mm (Broom 1985).

Las vieiras se pueden encontrar en las aguas de todo el mundo, ya que tienen una distribución muy amplia, como es el caso de la especie *Chlamys islandica* que habita a latitudes superiores a los 75° N. La mayoría habita en profundidades entre los 10 y 100 m, ya sea en costas o en mar abierto (Broom 1985).

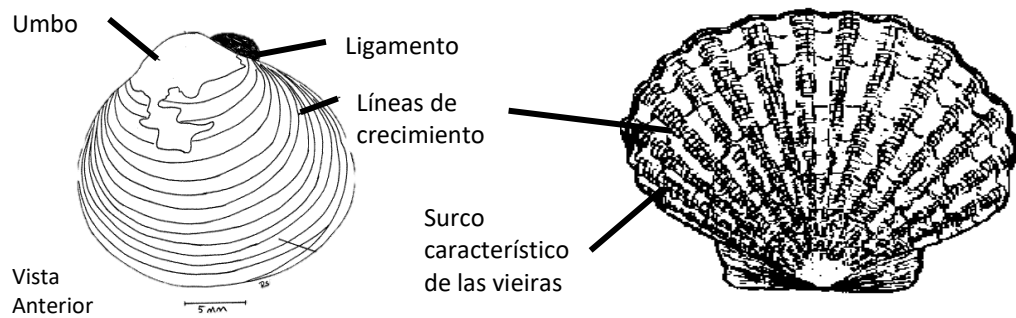


Figura 1.- Izquierda Vista externa de la valva de una almeja con sus respectivas partes. Derecha Vista frontal de una vieira, se observan los 15 surcos característicos de este grupo, así como las orejillas al lado del umbo. (Modificado de <http://lanwebs.lander.edu/faculty/rsfox/invertebrates/corbicula.html> y de <http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5923e/x5923e01.htm>).

Todas las vieiras secretan unos filamentos adherentes con los cuales se fijan al sustrato durante sus etapas juveniles, pero la mayoría lo pierde después de su metamorfosis. Aquellas que lo mantienen, lo usan para adherirse a sustratos firmes como rocas, conchas o construcciones. Otra característica que los distingue del resto de los bivalvos es su facultad para nadar pequeñas distancias, ésta habilidad es usada

principalmente para escapar de sus depredadores y para encontrar mejores condiciones ambientales (Gosling 2004).

1.2.3 Ostras

Las ostras poseen valvas de distinto tamaño y regularmente la valva izquierda suele ser más ahuecada que la derecha, como pasa con *Ostrea edulis* y *Crassostrea virginica*, la valva izquierda es la que suele estar cementada a un sustrato (Cake 1983). En la Figura 2 se observa la morfología externa que usualmente presentan estos organismos.

La distribución de las ostras es mejor conocida que el resto de los bivalvos debido a su importancia económica, por ejemplo la ostra *Crassostrea virginica* se extiende desde el Golfo de St. Lawrence en Canadá hasta las costas de Brasil y Argentina, lo cual hace que tenga una distribución de 8,000 km de costa, otras especies con áreas similares de distribución son *Saccostrea cucullata*, *Crassostrea columbiensis*, *Ostrea edulis* y *Saccostrea echinata* (Cake 1983).

En general la ubicación puntual de la distribución de las ostras suele ser complicada debido a la introducción que se hace de ellas en diferentes partes del mundo, por ejemplo *Crassostrea gigas* es nativa del Océano Índico, sin embargo, ha sido introducida con éxito en la parte oeste de Norteamérica, Europa y Australia, lo que virtualmente hace que tenga una distribución global, por otro lado, especies anteriormente consideradas cosmopolitas o de amplia distribución deben ser investigadas con mayor profundidad, tal es el caso de *Ostrea peulchana* la cual se consideraba que tenía una distribución global entre los 35° S y 50° S, sin embargo con el uso de nuevas herramientas moleculares se ha constatado que probablemente no se trata de una sola especie sino de varias (Gosling 2004).

1.2.4 Mejillones

La concha de los mejillones se encuentra formada por valvas de similar tamaño y de forma semejante a un triángulo (Figura 3), suelen formar grandes poblaciones ya que se anclan unos sobre otros con la ayuda del biso que secretan a través de su pie, la cantidad de individuos que pueden llegar a juntarse pueden llegar a cubrir en su totalidad las rocas que sirven de sustrato (Gosling 2004).

El tamaño de los mejillones es muy variable de acuerdo con la calidad del ambiente en el que se encuentren, por ejemplo, bajo condiciones óptimas como en la zona sublitoral, *Mytilus edulis* y *Mytilus galloprovincialis* pueden alcanzar una longitud de 100 a 130 mm, mientras que en condiciones no optimas como en la zona intermareal el tamaño se reduce de 20 a 30 mm, incluso después de haber alcanzado la etapa adulta (Seed & Suchanek H. 1992).

Debido a su sensibilidad a los cambios ambientales los mejillones se han usado como bioindicadores, tanto de contaminantes como de isótopos radiactivos como uranio y vanadio debido a que estos tienden a concentrarse en sus conchas (Pipe & Coles 1995).

Los mejillones dominan las costas rocosas, desde la zona intermareal a la submareal, como ejemplo, *Mytilus edulis* puede llegar a habitar tanto en estuarios como en ambientes totalmente marinos, así como en lugares tanto protegidos como expuestos al oleaje; en el caso del género *Perna* los ambientes proporcionados por los mangles son los que prefieren los miembros de este grupo. Las poblaciones submareales se suelen anclar

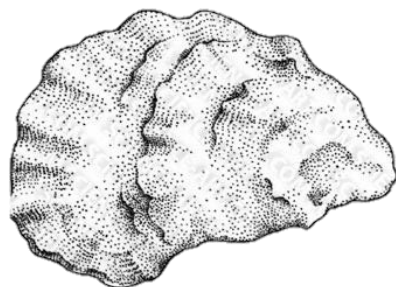


Figura 2 Ejemplo de la valva de una ostra, en donde se observa un relieve que no está presente en los otros grupos de bivalvos (Modificado de http://www.science-art.com/image/?id=1904#.V_7EziRayM8).

a los muelles, plataformas petroleras y a las cuerdas de cultivo, en donde prácticamente no tienen depredadores (Page & Hubbard 1987).

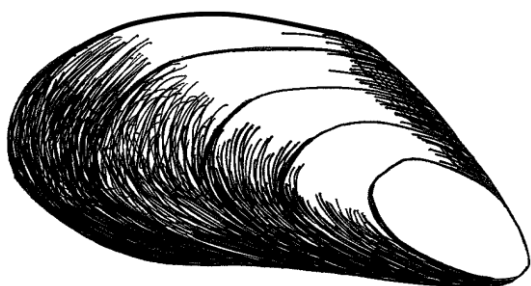


Figura 3.- Vista externa de la valva de un mejillón, se observan líneas de crecimiento, que al igual que con las almejas, son usadas para calcular la edad del organismo (modificado de <http://www.kentandessex-ifca.gov.uk/im-interested-in/education/teachers/key-stage-1/>).

1.3 Factores ambientales que afectan la distribución de los bivalvos

1.3.1 Temperatura

La temperatura afecta la distribución de los bivalvos a una escala regional y local, en general toleran temperaturas entre -3°C y 44°C dependiendo de la especie y de la madurez del organismo, dicho rango es menor en los embriones y larvas, por otra parte, la temperatura para que ocurra el desove es siempre mayor que la necesaria para el crecimiento (Charrid *et al.* 2007; Wright *et al.* 1983)

1.3.2 Salinidad

La salinidad es el factor ambiental que más efecto tiene en la distribución de los bivalvos, debido a que influye directamente en su metabolismo, afectando los procesos de alimentación de los adultos cuando la salinidad baja, o causando un crecimiento menor en las larvas e incluso la muerte (Broom 1985; Shurova 2001). Las almejas, ostras y mejillones son organismos eurihalinos aunque toleran cambios en la salinidad entre las 4 y 33 unidades prácticas de salinidad (ups). En contraste con los otros grupos la mayoría de las vieiras sólo viven en ambientes con salinidades mayores a 30 ups (Gosling 2004).

1.3.3 Corrientes

Las corrientes oceánicas afectan fuertemente a los bivalvos. Zonas que presentan corrientes moderadamente fuertes, son favorables en la alimentación de los bivalvos al transportar las partículas de las cuales se alimentan, ayudan en la dispersión de los mismos al transportar sus larvas a nuevos lugares aptos para sus supervivencia, mantienen el entorno limpio al arrastrar las heces que producen, así como también

transportan los gametos en épocas de reproducción (Wildish & Kristmanson 1985; Troost *et al.* 2009). Por el contrario, una corriente demasiado débil puede llegar a crear una sobre sedimentación enterrando y matando a los organismos, especialmente a aquellos que no poseen movilidad en la fase adulta mientras que una excesivamente fuerte puede inhibir la alimentación y en consecuencia el crecimiento, además de dificultar el asentamiento de las larvas y el uso del bisco en adultos (Gosling 2004).

1.4 Los bivalvos en los estudios biogeográficos

Una de las premisas de la biogeografía es que la Tierra y la vida evolucionan en conjunto, causando que los organismos se encuentren definidos por las características de su espacio habitable (Leon Croizat, 1958 en Morrone 2000). Croizat consideró que forma, espacio y tiempo son las tres dimensiones de la diversidad biológica, y que esta misma tiene una distribución espacio-temporal tanto en su evolución, como su existencia actual (Morrone 2000; Morrone & Márquez 2001).

Para llevar a cabo un análisis biogeográfico en un área tan grande como el Golfo de México, se debe usar un taxón rico en especies, ya que este tipo de estudios buscan determinar los patrones de distribución y diversidad en grandes conjuntos de especies (Morrone & Ruggiero 2000). Debido a lo anterior los bivalvos son un grupo apropiado para los estudios biogeográficos, además de que anteriormente se han utilizado con éxito en otros trabajos similares (Clarke *et al.* 2007; Engle & Summers 2000; Linse *et al.* 2006).

Los estudios de biogeografía y paleobiogeografía marina con bivalvos son posibles debido a que poseen un buen registro paleontológico, una gran abundancia en los ambientes que habitan, una alta diversidad y una amplia posibilidad de dispersión durante sus etapas larvarias. Los gradientes latitudinales de diversidad de bivalvos son conocidos, pero presentan la dificultad de que son influenciados por factores ambientales y antrópicos locales, como salinidad, temperatura, corrientes oceánicas, etc. (Damborenea 2010; Gosling 2004).

En general, los límites de distribución superior de los bivalvos están generalmente gobernados por factores físicos, principalmente temperatura, mientras que los depredadores son los responsables de establecer los límites más bajos (Seed & Suchanek H. 1992).

El uso de este grupo para realizar estudios biogeográficos permitirá sentar las bases para realizar en un futuro estudios más especializados como lo son la biogeografía de la conservación, estudios de cambio climático, monitoreo de contaminantes, y delimitación de ecorregiones bentónicas, entre otros.

1.5 Estudios biogeográficos en el Golfo de México

Los estudios enfocados en la biodiversidad y biogeografía marina son particularmente importantes, ya que son ambientes mucho más ricos en taxones, que los ambientes terrestres o de agua dulce; a nivel de phyla existen 34 grupos marinos, 17 de agua dulce y 15 terrestres, a nivel de clase son 73 clases marinas, 35 en aguas continentales y 33 en tierra. Estudios moleculares han acumulado pruebas a favor de que la mayor parte de la biodiversidad marina está compuesta por los organismos microscópicos y como resultado de ello aún queda una gran diversidad por explorar (Okolodkov 2010).

En el caso del Golfo México, la importancia de realizar estudios biogeográficos radica en la riqueza de especies que posee, ya que es una zona importante en las rutas migratorias del este del continente americano. Existen 228 especies de aves, de las cuales 51 (22.3%) son marinas, 114 (50%) acuáticas y 63 (27.7%) terrestres. En el caso de los mamíferos se han registrado 28 de cetáceos y una especie de sirenio. Finalmente es el hábitat de 10 de las 11 especies de tortugas marinas que existen en la actualidad (Tunnell *et al.* 2011).

En los últimos años se han realizado estudios biogeográficos con distintos grupos de organismos, siendo los animales invertebrados los mayormente estudiados, principalmente los pertenecientes a la zona béntica, se han estudiado crustáceos (Barnwell & Thurman 1984), poliuetos (Reuscher & Shirley 2014), equinodermos (Martínez-Melo *et al.* 2014) e incluso bivalvos (Correa-Sandoval & Rodríguez-Castro 2013),

también se han hecho trabajos con corales (Fenner 2001) y recientemente con macroalgas (Vilchis Alfaro 2015). Sin embargo los anteriores estudios están limitados a zonas en específico y no engloban la totalidad del Golfo de México.

En años recientes se ha propuesto una serie de regionalizaciones marinas con base a sus características bióticas y abióticas, las cuales engloban distribuciones de diversos taxones, que sirven como referencia para delimitar áreas afines (Spalding *et al.* 2007; Wilkinson *et al.* 2009)

1.6 Áreas de endemismo

Una de las tareas básicas de la biogeografía es el encontrar las denominadas áreas de endemismo, las cuales se definen como una congruencia distribucional no aleatoria entre diferentes taxa (Morrone 1994). Estas áreas se encuentran jerárquicamente anidadas, con unidades más pequeñas dentro de unidades mayores (Escalante *et al.* 2009; Crother & Murray 2013). El encontrar y definir las áreas de una región es de suma importancia para hacer una regionalización biogeográfica (Escalante *et al.* 2009)

En general las áreas de endemismo se pueden considerar entidades evolutivas, en donde la delimitación del área se debe a la congruencia filogenética de taxones relacionados y no relacionados (Noguera-Urbano 2016). En general un área de endemismo surge de eventos vicariantes en el caso de taxones relacionados y de procesos vicariantes más otros fenómenos, como dispersión y extinciones, para los taxones no relacionados (Harold & Mooi 1994).

El endemismo en un área tiene un significado tanto histórico como ecológico, en donde los eventos históricos explican como el taxa ha sido confinado a las áreas que ocupan actualmente, mientras que los procesos ecológicos marcan los límites de dichas áreas (Morrone & Márquez 2008), es por ello que una especie endémica de un área se considera que está integrada en el espacio y tiempo a dicha región (Escalante *et al.* 2009; Nelson & Platnick 1981). Cabe mencionar que los organismos pueden ser endémicos a diferentes niveles taxonómicos, en donde el tamaño del área depende de la categoría del taxón, por lo que un género tendrá un área mayor a una especie, y una familia un área mayor a un género (Morrone 2014a).

Es una afirmación implícita el pensar que la biota en un área de endemismo tiene una historia única y que consecuentemente las relaciones entre todos los miembros de la biota deberá ser la misma (Noguera-Urbano 2016). Sin embargo, el poblamiento de especies endémicas de un área geográfica puede deberse al resultado de más de un evento histórico, como suele ocurrir en las regiones con compleja historia geológica (García-Barros 2003).

En la identificación de las áreas de endemismo, solo se analiza la dimensión espacial (Morrone 2004; Szumik *et al.* 2002). De acuerdo con Noguera-Urbano 2016, el espacio geográfico de un área de endemismo puede ser afectado por diversos factores, tanto extrínsecos (como la validez taxonómica de un taxón, el método de análisis o el tamaño de las áreas trabajadas), como intrínsecos (barreras físicas y climáticas, relaciones interespecíficas, la dinámica de las poblaciones, etc.).

Si bien un área de endemismo es normalmente considerada el resultado de un proceso histórico, es recomendable considerar antes de ello, que son un área operativa pendiente de interpretación (áreas de endemismo potencial), hasta reunir más evidencias (Hausdorf 2002a; Mast & Nyffeler 2003), estas evidencias pueden ser el registro fósil, análisis filobiogeográficos y relojes moleculares, ya que estas pruebas darán material para validar las relaciones históricas del área (Escalante *et al.* 2009).

1.6.1 Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo

El análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo (PAE) es un método biogeográfico utilizado para clasificar áreas, como una analogía a la sistemática filogenética, en donde se considera a los taxones compartidos como caracteres y mediante un criterio de simplicidad se forman las áreas de endemismo (Crisci *et al.* 2000).

Sin embargo las agrupaciones obtenidas mediante este método han tenido diferentes interpretaciones, por ejemplo, algunos autores señalan que las áreas agrupadas corresponden a procesos históricos basados en la compartición de especies y taxones supraespecíficos (Rosen, 1988; Myers, 1991; Morrone 1994), mientras que otros autores señalan que este método no permite distinguir el origen de la congruencia espacial entre taxa, por lo que no se puede determinar cuánto de las agrupaciones se deben a procesos históricos o cuanto a procesos ecológicos (Posadas & Miranda-Esquível 1999).

A fechas recientes se considera al PAE un método biogeográfico neutral, en el cual, tanto factores históricos como ecológicos juegan un rol en la distribución de los organismos (Cracraft 1991; Szumik *et al.* 2002; Escalante *et al.* 2009). Utilizar al PAE como

un método enteramente descriptivo, implica no necesariamente suponer procesos, lo cual se asemeja a otros métodos cuantitativos, pero con la ventaja de proporcionar esquemas jerárquicos (Escalante 2011), así como también detectar homologías biogeográficas primarias (Donato & Miranda-Esquivel 2012).

1.7 Bivalvos del Golfo de México

Actualmente, el Golfo de México cuenta con un reporte de 527 especies de bivalvos (Moretzsohn *et al.* 2002), agrupados en 14 ordenes, 80 Familias y 354 Géneros (WoRMS 2016). México tiene una importante producción de bivalvos de importancia comercial, la parte del Golfo se centra en la producción de la ostra *Crassostrea virginica*, con una producción anual de 40,000 toneladas, obteniendo una ganancia de \$188,655,000 MXN pesos en el año 2013 (Maeda-Martínez 2008; CONAPESCA 2013), esta producción es mucho mayor que las 8,731 toneladas que obtiene Estados Unidos en un año (NOAA 2015).

1.7.1 Especies protegidas

Con relación a la especies protegidas Baqueiro Cárdenas & Aldana Aranda (2003) señalan 80 especies entre bivalvos y gasterópodos. Se considera, que los centros más importantes de concentración de riqueza y alta diversidad en las costas del Golfo de México se encuentran en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Castillo-Rodríguez 2014).

1.8 Justificación

Además de la importancia que tiene este grupo tanto para el ser humano como para otras especies, cumplen la característica de ser un grupo muy sensible a presiones ambientales y antrópicas, por lo que es de suma importancia un primer acercamiento al análisis de la distribución de las especies de bivalvos actuales en el Golfo de México, como una base para futuros estudios más específicos, como lo podría ser la biogeografía de la conservación, estudios de cambio climático, monitoreo de contaminantes o una ecorregionalización del ambiente bentónico.

2 Hipótesis

Los bivalvos son un grupo muy diverso de moluscos, además de ser organismos muy sensibles a los cambios ecológicos, lo que los hace ser organismos susceptibles de ser un buen modelo para un análisis biogeográfico. Por lo anterior, se espera que los patrones de distribución de los bivalvos puedan reflejar parte de la dinámica biótica (histórica y/o ecológica) del Golfo de México.

3 Objetivo General

Analizar de manera general los patrones de distribución geográfica de los bivalvos en el Golfo de México.

3.1 Objetivos particulares

- Obtener y conjuntar la información disponible de los bivalvos del Golfo de México a partir de bases de datos colaborativas en la red y literatura especializada, que refleje su distribución puntual.
- Construir una base de datos de presencia confirmada y depurada de la distribución de los bivalvos en el Golfo de México
- Elaborar mapas de distribución puntual de los bivalvos en Golfo de México a diferentes niveles taxonómicos: Familia, género y especie.
- Llevar a cabo análisis biogeográficos para identificar la distribución espacial de la clase bivalva en el Golfo de México.
- Analizar la diversidad de los bivalvos en el Golfo de México.
- Comparar los patrones de distribución geográfica del grupo con regiones bióticas planteadas anteriormente por otros autores como el caso de las Ecorregiones Marinas propuestas para el Golfo de México (Wilkinson *et al.* 2009).

4 Área de Estudio

Son tres los países que colindan con el Golfo de México: Cuba, México y Estados Unidos (Figura 4). Las entidades federativas de Estados Unidos que bordean el Golfo de México son: Florida, Alabama, Misisipi, Luisiana y Texas que suman 2,934 km de litoral; México por su lado tiene cinco estados que bordean el Golfo: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Figura 1Figura 5), lo que representa cerca de 3,200 km de costa (Sarukhán *et al.* 2009).



Figura 4.- Mapa de las zonas exclusivas del Golfo de México, correspondientes a Estados Unidos, México y Cuba. Las zonas sin color en la parte central corresponden a aguas internacionales.



Figura 5.- Mapa que muestra en azul la cuenca del Golfo de México, y los límites de la cuenca respecto al océano Atlántico.

El Golfo de México es una cuenca semicerrada que se localiza al este de México y Sur de Estados Unidos, comunica con el Océano Atlántico a través del estrecho de Florida y con el Mar Caribe por medio del Canal de Yucatán, se localiza en una zona de transición de climas entre el tropical en el sur y subtropical en el norte, su superficie es de 1 942 500 km² si se incluyen los cuerpos de agua y los humedales costeros de México y Estados Unidos. Cuenta con un volumen de 2 434 000 km³, una profundidad promedio de 1,615 m y una máxima de 4,000 m ubicada en la región central. (Sarukhán *et al.* 2009; Claus N. *et al.* 2014).

La batimetría del Golfo es muy variable, comenzando por el sureste por el Canal de Yucatán en su parte occidental tiene una plataforma continental angosta de dos km mientras que al norte de la Península de Yucatán presenta un ancho de 250 km. El Banco de Campeche es muy extenso y tiene un fondo con una pendiente muy suave. La plataforma frente a Veracruz y Tamaulipas es muy estrecha, y se ensancha frente a Texas-Luisiana continuando hasta Florida (Salas-de-León *et al.* 2004).

La temperatura anual superficial oscila entre 24 y 25°C en invierno y de 28-29°C en verano, en cuanto al sustrato, presenta arenas mixtas, limo, arcilla y arenas calcáreas como el carbonato de calcio (Wilkinson *et al.* 2009).

El Golfo de México tiene una salinidad media de 36.5 ups aunque este valor se ve afectado en algunas partes de la costa por los aportes permanentes de los ríos que drenan directamente al Golfo como son: el Pánuco, Coatzacoalcos, Papaloapan, Grijalva-Usumacinta, a través de la frontera, el Champotón y Bravo, y en la parte estadounidense principalmente es el afluente del río Mississippi, los cuales le aportan una cantidad significativa de sedimentos en suspensión y nutrientes, principalmente éste último (Salas-de-León *et al.* 2004).

Las corrientes existentes en el golfo se originan en el Mar Caribe, que es el lugar donde se origina la corriente más importante, que es la Corriente de Lazo, dicha corriente 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. Algunos giros (ciclónicos y

anticiclónicos) de masas de agua, grandes e inestables, se desprenden de la corriente de Lazo, transportando cantidades masivas de calor, sal y agua por todo el Golfo de México, la Corriente de Lazo está influenciada por la temperatura y la salinidad (Biggs 1992). De esta manera, la corriente de Lazo desempeña una función importante en el equilibrio de los nutrientes de la plataforma. Existen además otras grandes zonas con circulación ciclónica, como la Bahía de Campeche (Salas-de-León *et al.* 2004; Wilkinson *et al.* 2009).

Los vientos dominantes son rachas constantes de los alisios que provienen del sector nororiental durante todo el año, generando olas con períodos típicos de entre cinco y siete segundos, cuyas crestas oscilan alrededor de 1.5m de altura. De esta forma, el oleaje incide periódicamente del este-noreste con una frecuencia de un poco más del 60% del total anual (de Velasco & Winant 1996).

4.1.1 Formación del Golfo de México

El Golfo de México comenzó su formación hace 180 millones de años (ma), en el Jurásico Medio, comenzando por un agrietamiento en la parte central del mismo durante la partición del continente Pangea, dicha separación desprendió al bloque de Yucatán del margen noroccidental de la costa del Golfo de los Estados Unidos, trasladándose al sur, dando una curvatura con un movimiento contrario a las manecillas del reloj con rotación de 18° (Figura 6), con tendencia hacia el suroeste de su posición actual (Bird *et al.* 2005).

Este proceso geológico causó dos grandes eventos: el primero es el surgimiento del Istmo de Tehuantepec hace 50 millones de años, cuando la subducción entre las placas tectónicas de Cocos, Norteamericana y Caribe, generó una zona de intensa actividad sísmica, que desarrolló un gran número de fosas y pilares tectónicos en la zona, causando la progresiva regresión de los mares y el surgimiento del Istmo; el otro evento fue la emersión de la península de Yucatán hace 19 millones de años, que actualmente marca un límite entre la cuenca del Golfo de México y el Mar Caribe (Bird *et al.* 2005).

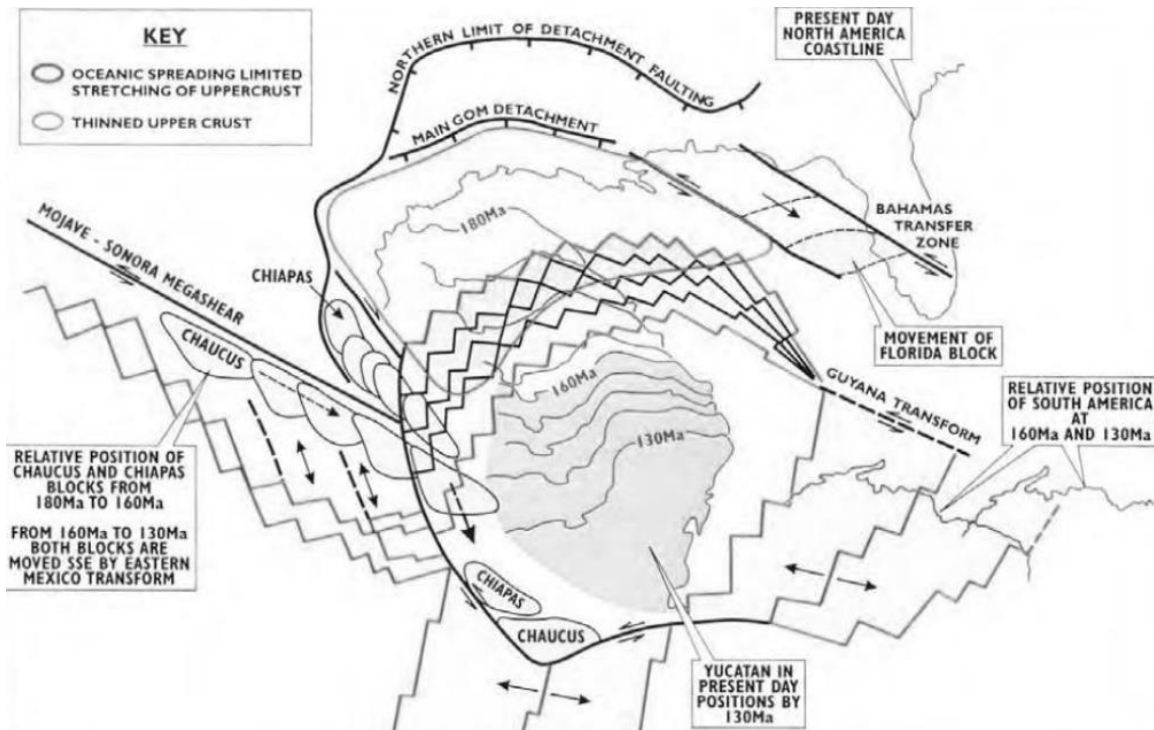


Figura 6.- Desprendimiento del Bloque de Yucatán desde el margen noroccidental de la costa del Golfo de los Estados Unidos hacia el suroeste (Tomado de Pindell & Kennan 2009)

5 Métodos

5.1 Obtención de la información

Para la obtención de datos de distribución puntual del grupo, se consultó y obtuvieron registros de la base de datos del Golfo de México (<http://www.gulfbase.org>), el sistema de información biogeográfico-oceánico (<http://www.iobis.org/es>) y el centro de información de biodiversidad mundial (<http://www.gbif.org/>) como fuentes principales de información de los registros de bivalvos, debido a que estas bases poseen convenios con instituciones académicas de diversos países, museos y datos gubernamentales; así mismo se buscó información en bibliografía especializada.

5.2 Construcción de base de datos

Con los datos obtenidos se generó en el programa Microsoft Access una base de datos que contiene datos como la taxonomía de la especie a partir de phylum, coordenadas geográficas y la fuente del registro. La base se depuró eliminando las entradas que tenían un solo registro, ya que

un solo registro puede ser un falso avistamiento o una determinación errónea, se eliminaron además, aquellos registros con especies extintas, debido a que no resultan informativos para el presente trabajo y finalmente se eliminaron aquellos registros que no contenían coordenadas geográficas, debido a que los estudios biogeográficos se basan en la distribución espacial de las especies, por lo que es indispensable la georeferenciación de los registros. Además de esto se actualizó la información taxonómica con ayuda de la web “*World Register of Marine Species*” (WoRMS 2016) la cual contiene información vigente sobre la taxonomía de los taxa marinos, eliminando de esta forma los problemas de sinonimia y de esta forma evitar que los taxa se repitan con diferente nombre.

5.3 Elaboración de mapas de distribución

Se realizaron mapas de distribución puntual de las familias, géneros y especies de bivalvos del Golfo de México utilizando el programa QGIS (QGIS Development Team 2016) y archivos *shapefile* de cuencas oceánicas, límites políticos de Estados Unidos y México y su correspondiente división política, dichas capas se descargaron de páginas web de instituciones como la Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO), “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOOA) y otros portales como www.marineregions.org (Claus N. *et al.* 2016).

5.4 Análisis Biogeográficos

Se realizó un análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo (PAE) siguiendo la metodología propuesta por Morrone (1994). Primeramente se trazó una gradilla que abarcó la totalidad del área del Golfo de México y se dividió en cuadrantes de 2° de latitud por 2° de longitud, en donde cada cuadro representará un área de muestreo. Posteriormente se construyeron matrices “C x T” a nivel de familia, género y especie, donde “C” representan las cuadrículas y “T” los taxones, en donde la presencia de cada familia, género o especie fue codificada por “1” y la ausencia por “0”.

Las matrices de presencia/ausencia se analizaron en el programa WinClada (Nixon 2002), usando un algoritmo de parsimonia (Goloboff 1999) con la finalidad de obtener cladogramas que agrupen las áreas con base a las familias, géneros o especies que comparten, la matriz analizada se enraizó con ceros. Cuando se obtuvo más de un

cladograma, se realizó un árbol de consenso estricto, el cuál agrupa la totalidad de los cladogramas. En los cladogramas obtenidos se definieron los grupos formados y se ilustraron en un mapa del Golfo de México.

De manera similar a Luna-Vega *et al.* 2000 y García-Barros *et al.* 2002, se realizó además, un análisis de parsimonia con eliminación progresiva de caracteres (PAE-PCE) el cuál se efectúa haciendo un procedimiento repetitivo en el que cada que vez que se obtiene un cladograma se identifican los taxones que definan los clados del árbol (sinapomorfías), y se eliminan de la matriz original. La matriz resultante se sometió nuevamente a una búsqueda heurística hasta no encontrar más sinapomorfías, y de esta forma se pretendió encontrar agrupaciones alternativas a la agrupación más parsimoniosa (García-Barros 2003).

Finalmente se utilizó el análisis cladístico de distribuciones y endemismo (CADE) (Porzecansky & Cracraft 2005) el cual da comienzo al realizar la matriz de familia, género y especie sumando en la matriz los datos del nivel taxonómico superior; por ejemplo, a los datos de familia se le agregaron los datos de orden, a los de género los de familia y finalmente a los de especie se le agregaron los datos de género. Con esta matriz se realizó el análisis PAE normalmente (Morrone 1994). Este método es la formalización del PAE, el cuál añade información filogenética al incluir diferentes niveles taxonómicos, a la vez que incrementa el número de taxones para realizar el análisis de parsimonia (Vázquez-Miranda *et al.* 2007; Morrone 2014c)

5.5 Diversidad

Para conocer la similitud en relación a la composición de especies entre las diferentes áreas trabajadas en el Golfo de México, se utilizó el índice de similitud de Sørensen-Dice, el cual trabaja con datos de presencia/ausencia y se define como $QS = \frac{2C}{(A+B)} = \frac{2|A \cap B|}{|A| + |B|}$ donde A y B son el número de especies en las muestras A y B respectivamente, y C es el número de especies compartidas por las dos muestras; QS es el coeficiente de similitud y varía de 0 a 1 (Murguía & Villaseñor 2003; Villareal *et al.* 2004).

6 Resultados

6.1 Registros

Para el presente trabajo se encontraron 51,511 registros, los cuales decrecieron a 20,789 registros después de ser depurados, estos datos provienen en su mayoría de las bases de datos de GBIF y OBIS (GBIF 2016; OBIS 2016). Los registros depurados corresponden a 562 especies, agrupadas en 364 géneros y 80 familias. Una lista de los taxa utilizados puede consultarse en el Apéndice 1

6.2 Análisis Biogeográficos

Antes de la realización de los análisis de parsimonia se procedió a la proyección de los registros obtenidos en el Golfo de México, con la finalidad de revisar que los datos depurados se encuentren únicamente en el Golfo de México. En el mapa de la

Figura 7 se observan representados por medios de puntos los 20,789 registros depurados de los bivalvos del Golfo de México, se aprecia que en la parte norte de Veracruz y frente a Tamaulipas hay pocos o nulos registros.

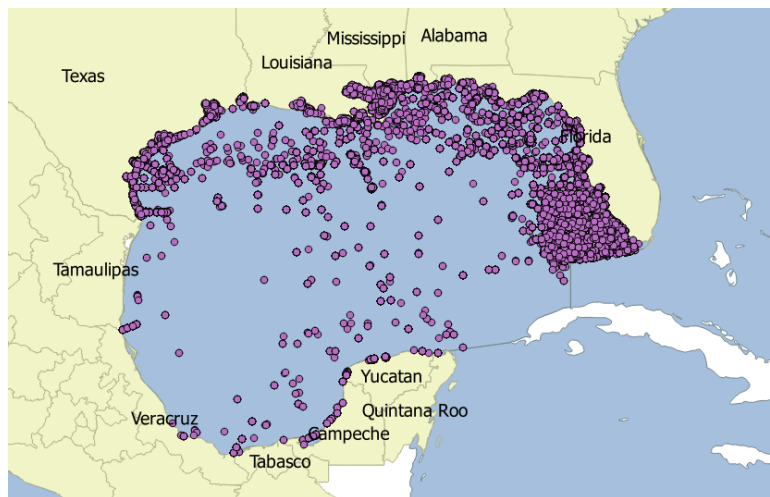


Figura 7. Mapa del Golfo de México que muestra la localización puntual de los bivalvos.

Posteriormente a la proyección de los registros se colocó una gradilla de 2° x 2° de latitud y longitud (Figura 8), se eliminaron aquellas áreas que no presentaron registro

alguno, y de esta forma se demarcaron las áreas que se usaron en la matriz de presencia/ausencia.

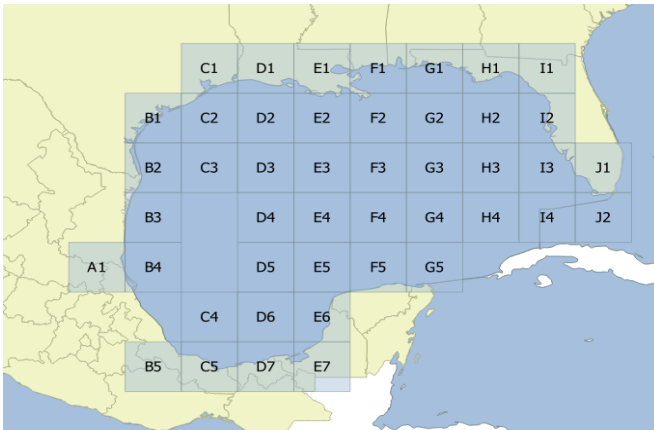


Figura 8.- Mapa del Golfo de México que muestra los cuadrantes utilizados para los análisis biogeográficos.

6.2.1 Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo (PAE)

Como resultado de los análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo se obtuvieron varios cladogramas de áreas para cada nivel analizado (familia, género y especie), por lo que se construyeron cladogramas de consenso estricto para cada nivel, con las agrupaciones obtenidas se trazaron diferentes mapas donde se visualizan las áreas agrupadas.

PAE-Familia

Se encontraron 558 árboles igualmente parsimoniosos, por lo que se condensa la información mediante un cladograma de consenso estricto (Figura 9), el cual muestra una relación entre casi todos los cuadrantes, con excepción de C4, D5, B5, E1 y B3; en color naranja se resalta la agrupación entre el cuadrante B5 y E1, el resto del cladograma se marcó con ramas color verde para resaltar que forman un solo grupo.

Se observan dos tipos de subagrupaciones; aquellas que no presentaron sinapomorfías (Tabla 1 y Tabla 2) y que están resaltados por un color (marrón, azul claro, azul oscuro, verde claro) y con ramas verdes (Figura 11), y aquellas que si presentaron sinapomorfías (Tabla 1 y Tabla 2) y que se representaron con un color diferente de rama (B1, D1, F5, G1, I2, I4, B2, D2, E2, F4, H2 y H3, Figura 12), la importancia de ambos tipos de subgrupos se discutirá más adelante. La longitud (L) del cladograma fue de 391 pasos, un índice de consistencia (Ci) de 19 y un índice de retención (Ri) de 70.

En la Figura 9 se muestra que el área ocupada por el grupo verde, es casi la totalidad del Golfo de México, los cuadrantes sin color no tienen agrupación alguna. La agrupación entre B5 y E1 es resaltada en color naranja.

Figura 9. Cladograma de consenso estricto obtenido mediante un análisis de parsimonia con los datos de familia (Longitud=391, Ci=19, Ri=70).

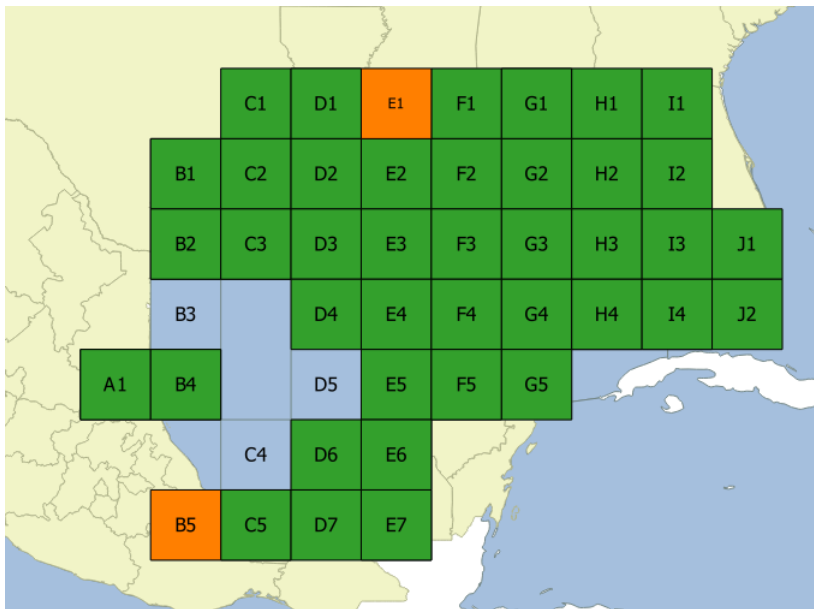
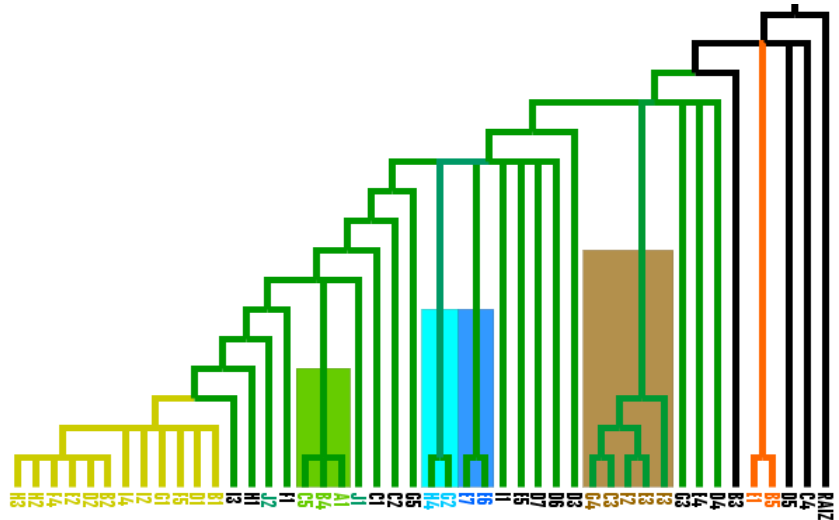


Figura 9.- Vista de los grupos naranjas y verdes encontrados mediante el análisis PAE con los datos de familia

Tabla 1: Información obtenida en el análisis PAE con los datos de familia

Grupos	Sinapomorfías	Número de familias totales en el grupo	Porcentaje de familias del grupo presentes en todos los cuadrantes
Grupo Verde	Mytilidae	78	1.28%
Grupo Naranja	-	23	26.1%

La Tabla 2 contiene la información resumida de los subgrupos formados en el grupo verde, en ella se indica la presencia o ausencia de sinapomorfías que definan a cada agrupación, así como el número de familias y el porcentaje que hay de ellas en los cuadrantes que definen a cada conjunto.

Tabla 2: Información obtenida en el primer análisis PAE con los datos de familia; subgrupos con y sin sinapomorfías

Grupos	Sinapomorfías	Número de familias totales en el grupo	Porcentaje de familias del grupo presentes en todos los cuadrantes	Cuadrantes
Grupo Marrón	No	43	20.9%	C3, E3, F2, F3 y G4
Grupo Azul Oscuro	No	25	16%	E6 y E7
Grupo Azul Claro	No	36	47.2%	G2 y H4
Grupo Verde Claro	No	49	77.6%	A1, B4 y C5
Grupo Amarillo	Si	76	42.5%	B1, D1, F5, G1, I2, I4, B2, D2, E2, F4, H2 y H3

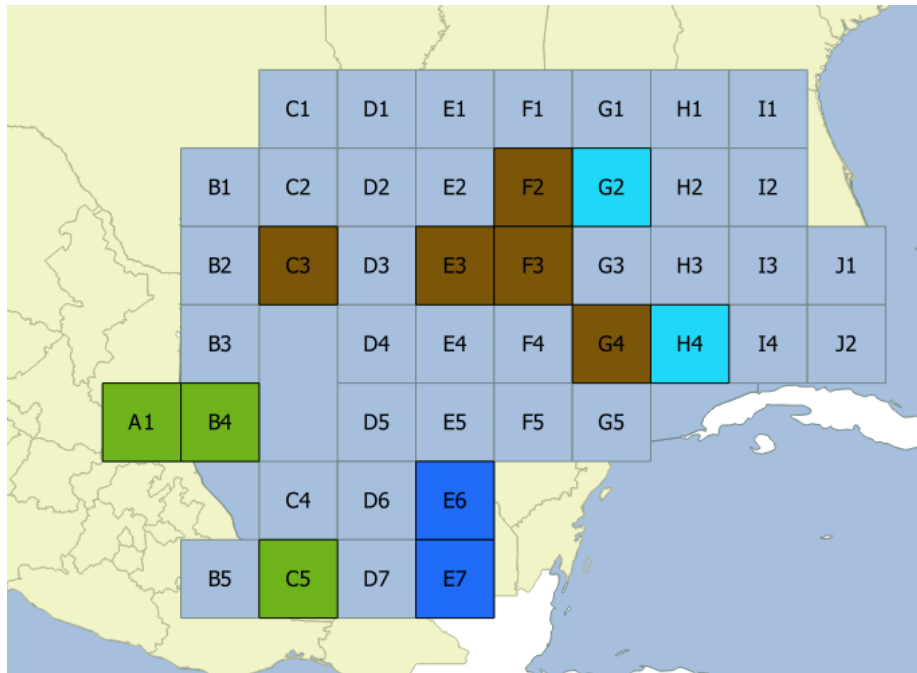


Figura 11.- Mapa que muestra que el área ocupada por las subagrupaciones sin sinapomorfías encontradas con los datos de familia mediante el análisis PAE.

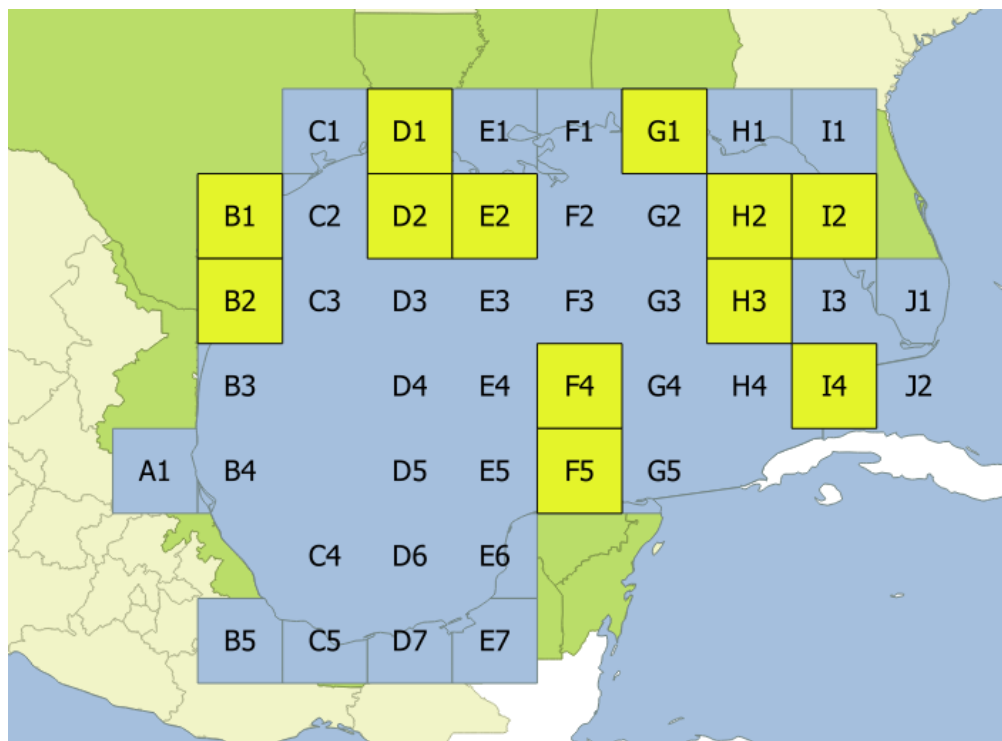


Figura 12.- Mapa que muestra la subárea definida por la presencia de una sinapomorfía (Euciroidae) a nivel de familia mediante el análisis de PAE.

PAE-Género

Se encontraron cuatro árboles igualmente parsimoniosos que se condensaron en un cladograma de consenso estricto (L= 1257, Ci= 24, Ri=72; Figura 13), en el cual se observan tres grupos, nuevamente se observa el grupo naranja presente en el cladograma de familia, al cual se le ha unido el cuadrante C1, se observa que el subgrupo marrón definido anteriormente en el grupo verde, se ha separado y forma un grupo aparte con subagrupaciones (Tabla 3). El grupo verde se mantiene, aunque ha reducido su tamaño, presenta seis subgrupos, de los cuales cuatro no presentan sinapomorfías (resaltados por las sombras de color gris, azul, verde oscuro, y verde claro) (Tabla 4 y Figura 15), dos subgrupos cercanos están definidos por la presencia de sinapomorfías (Tabla 4 y Figura 16.-).

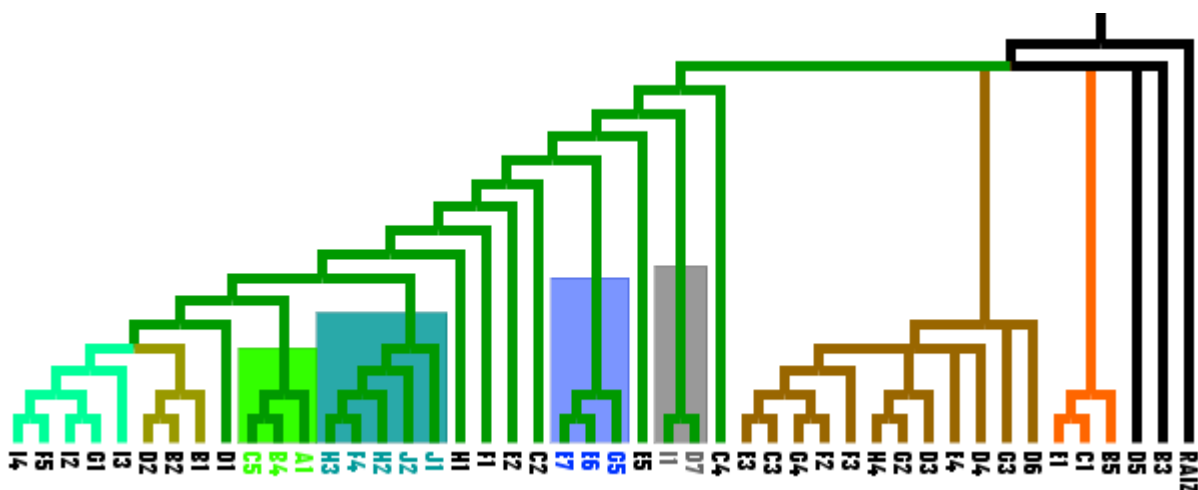


Figura 13.-Cladograma de consenso estricto obtenido mediante un análisis de parsimonia con los datos de género.

La figura 14 ilustra el área ocupada por el grupo verde, el cual abarca casi la totalidad del Golfo de México, los cuadrantes sin color no tienen agrupación alguna (B3 y D5). La agrupación entre B5, C1 y E1 es resaltada en color naranja, la regionalización definida con el color marrón corresponde casi en su totalidad con la región central del Golfo de México, con excepción del cuadrante D6.

Figura 13

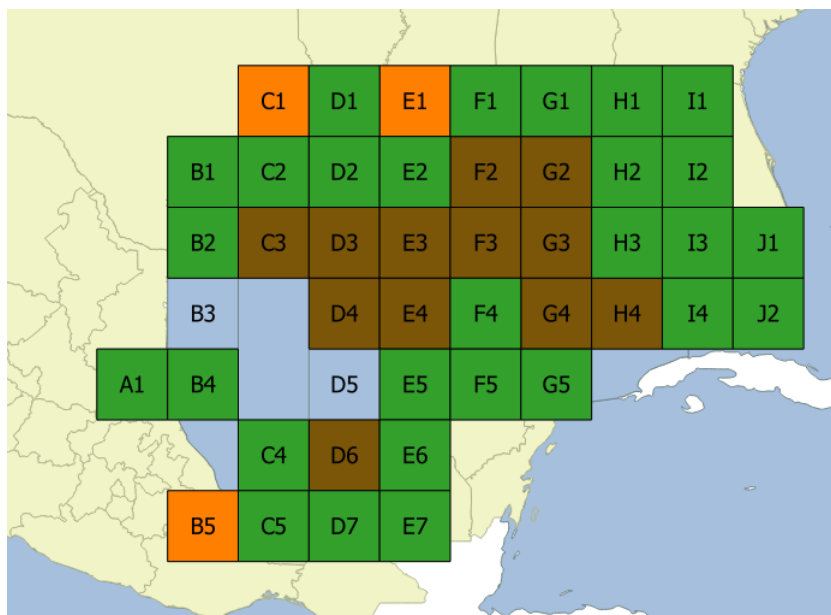


Figura 104.- Agrupaciones encontradas en el análisis PAE con los datos de género

Tabla 3: Información obtenida en el análisis PAE con los datos de género

Grupos	Sinapomorfías	Número de géneros totales en el grupo	Porcentaje de géneros del grupo presentes en todos los cuadrantes
Grupo Verde	Asthenothaerus	304	0%
Grupo Naranja	-	41	9.75%
Grupo Marrón	-	133	0.75%

La Tabla 4 contiene la información resumida de los subgrupos formados en el grupo verde, en ella se indica la presencia o ausencia de sinapomorfías que definan a cada agrupación, así como el número de géneros y el porcentaje que hay de ellos en los cuadrantes que definen a cada conjunto.

Tabla 4: Información obtenida en el análisis PAE con los datos de género para los subgrupos con y sin sinapomorfías

Grupos	Sinapomorfías	Número de géneros totales en el grupo	Porcentaje de géneros del grupo presentes en todos los cuadrantes	Cuadrantes
Gris	No	41	21.95%	C3, E3, F2, F3 y G4
Azul	No	84	2.38%	E5,E6, E7 y G5
Verde Oscuro	No	239	23.01%	F4, H2, H3, J1, y J2
Verde Claro	No	132	75.00%	A1, B4 y C5
Aqua	Si	285	56.14%	F5, G1, I2, I3 e I4
Marrón Claro	Si	219	68.95%	B1, B2 y D2

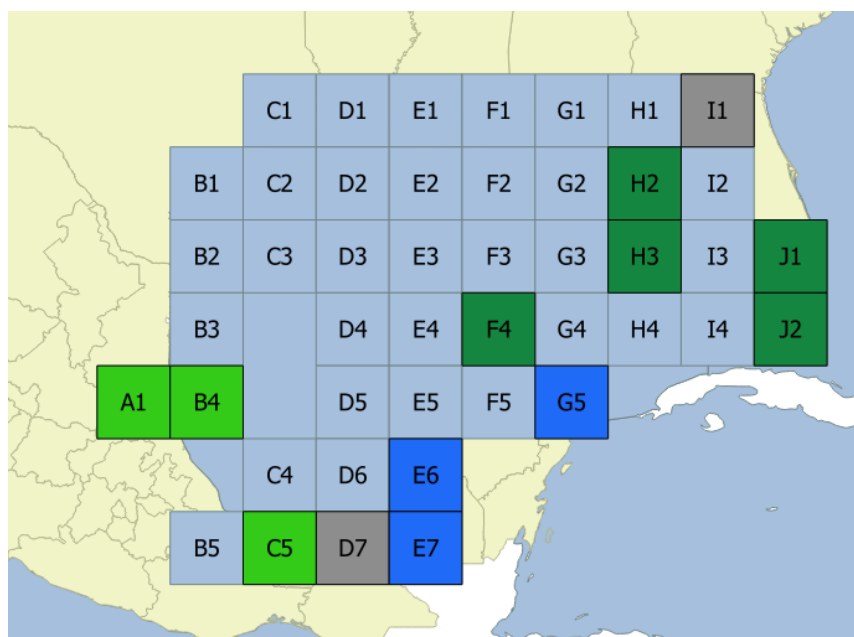


Figura 15.- Mapa que muestra que el área ocupada por las subagrupaciones sin sinapomorfías del grupo verde, las cuales tienden a ocupar zonas concretas del Golfo de México.

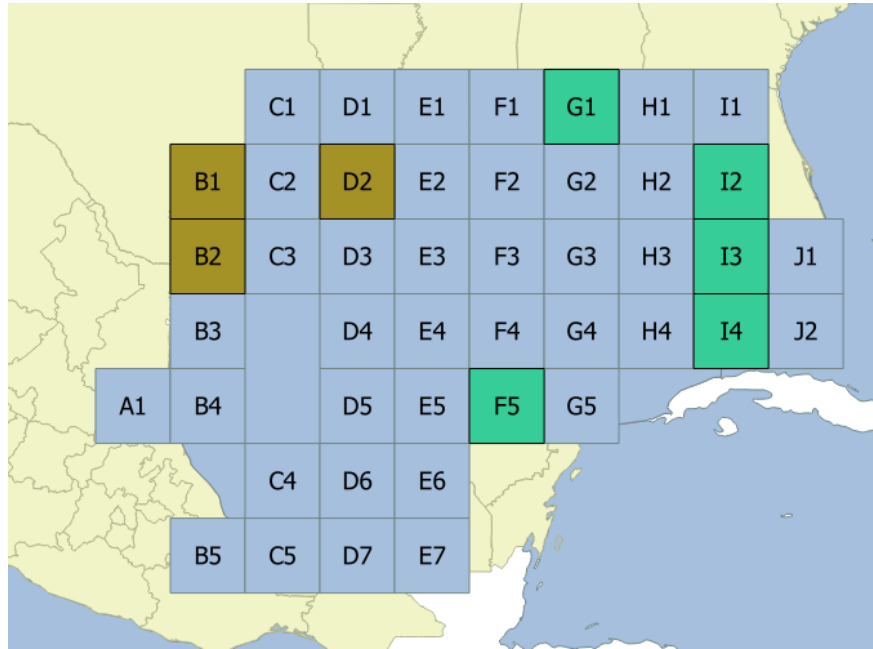


Figura 16.- Mapa que muestra la subáreas definidas por la presencia de una sinapomorfias, *Lyonsia*, *Codakia* y *Mytilus* para el grupo marrón y *Laevichlamys*, *Antigona* y *Modiolus* para el grupo aqua.

PAE-Especie

Se formaron 123 árboles igualmente parsimoniosos, que se condensaron en un cladograma de consenso estricto (L=2072, Ci= 26, Ri= 69; Figura 17), en el cual se obtuvieron cuatro grupos, el grupo marrón formado con los datos de género, se ha dividido en grupos (marrón claro y oscuro) y se localiza en la región central del Golfo de México, mientras que el grupo azul, que rodea a la península de Yucatán y que anteriormente pertenecía al grupo verde ha sido separado (Figura 18 y Tabla 5).

El grupo verde se mantiene, aunque ha reducido su tamaño, presenta cuatro subgrupos, de los cuales dos no presentan sinapomorfías (resaltados por los colores verde claro y verde oscuro), dos subgrupos cercanos están definidos por la presencia de sinapomorfías. El resumen y los mapas correspondientes se presentan en la Figura 19 y Tabla 6

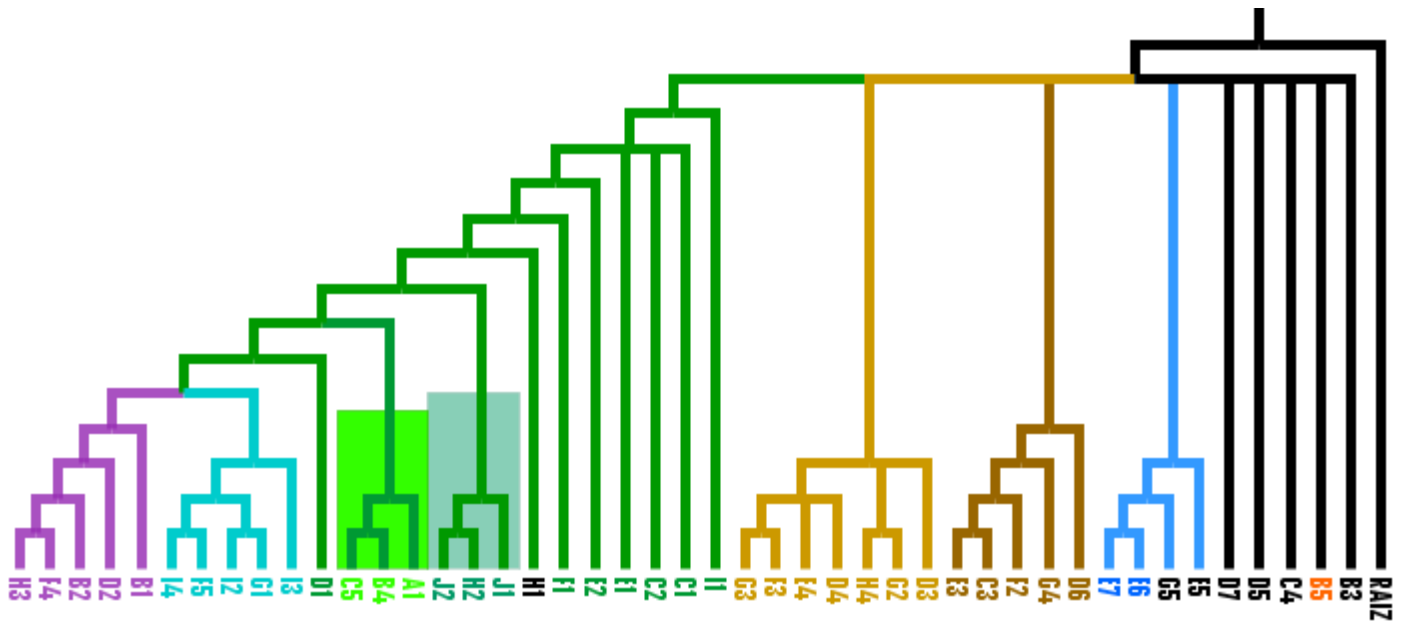


Figura 17.- Cladograma de consenso estricto obtenido mediante un análisis de parsimonia con los datos de Especie (L=2072, Ci= 26, Ri= 69).

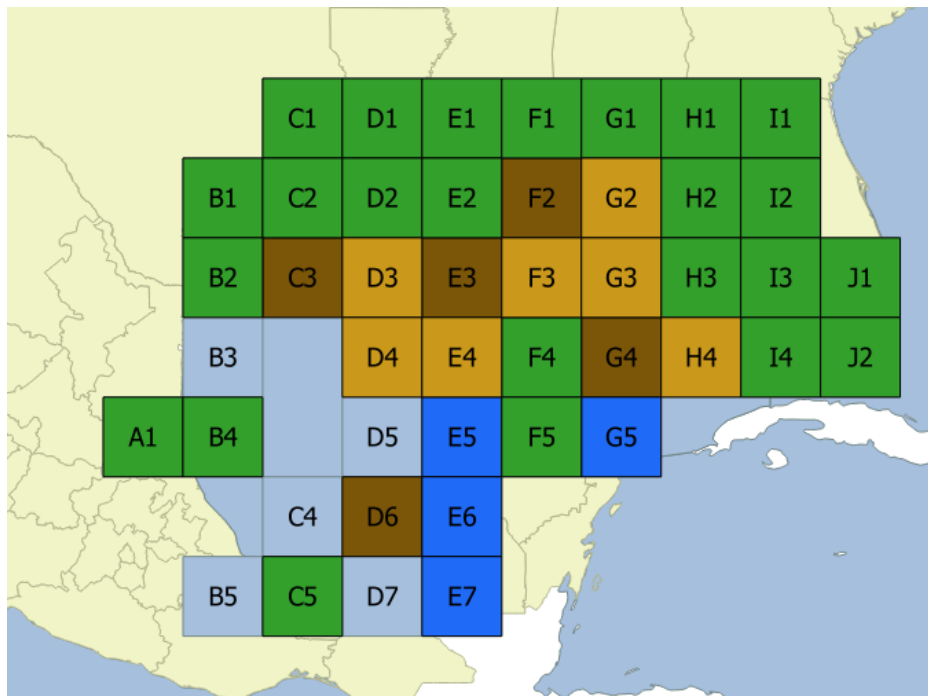


Figura 18.- Mapa que muestra que el área ocupada por el grupo verde, los cuadrantes sin color no tienen agrupación alguna. La regionalización definida con los tonos de color marrón corresponde casi en su totalidad con la región central del Golfo de México, con excepción del cuadrante D6, mientras que el grupo azul rodea casi la península de Yucatán

Tabla 5: Información obtenida en el análisis PAE con los datos de especie

Grupos	Sinapomorfías	Número de especies totales en el grupo	Porcentaje de especies del grupo presentes en todos los cuadrantes
Verde	<i>Mysella planata</i>	304	0%
Azul	-	41	9.75%
Marrón Oscuro	-	133	0.75%
Marrón Claro			

Tabla 6 contiene la información resumida de los subgrupos formados en el grupo verde, en ella se indica la presencia o ausencia de sinapomorfías que definan a cada agrupación, así como el número de especies y el porcentaje que hay de ellos en los cuadrantes que definen a cada conjunto.

Tabla 6: Información obtenida en el análisis PAE con los datos de especie para los subgrupos con y sin sinapomorfías

Grupos	Sinapomorfías	Número de especies totales en el grupo	Porcentaje de especies del grupo presentes en todos los cuadrantes	Cuadrantes
Verde Oscuro	No	239	23.01%	F4, H2, H3, J1, y J2
Verde Claro	No	132	75.00%	A1, B4 y C5
Aqua	Si	285	56.14%	F5, G1, I2, I3 e I4
Morado	Si	219	68.95%	B1, B2 y D2
Grupo Amarillo	Si	76	42.5%	B1, D1, F5, G1, I2, I4, B2, D2, E2, F4, H2 y H3

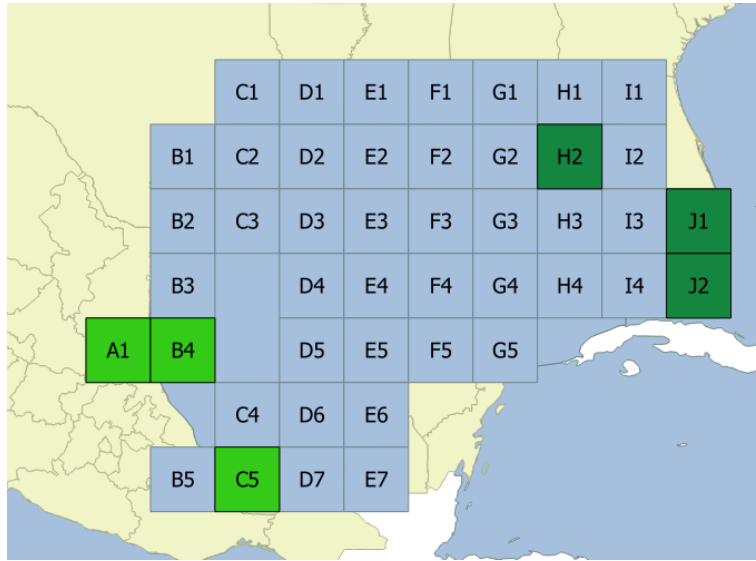


Figura 19.- Mapa del Golfo de México que muestra las agrupaciones sin sinapomorfías obtenidas con los datos de Especie, se mantiene la formación A1,B4 y C5 presente en otros niveles y se muestra otra agrupación relacionada a la parte centro y sur de Florida .

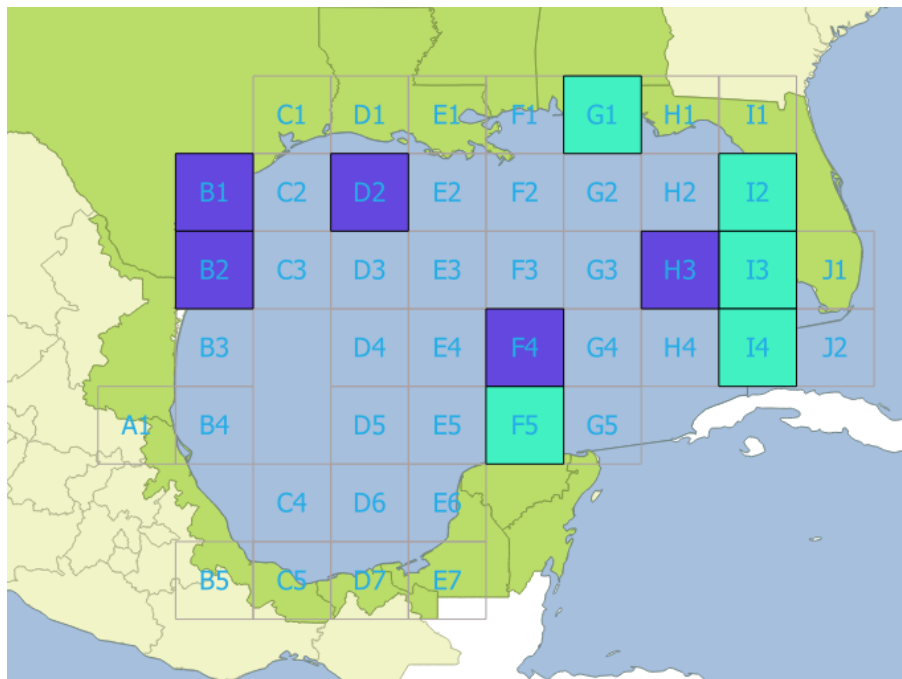


Figura 20.- Mapa que muestra las subáreas definida por la presencia de una sinapomorfia (*Propeamussium luadum*) para el grupo morado y varias para el grupo aqua (*Anomia simplex*, *Dinocardium robustum*, *Laevichlamiys multisquamata*, *Parvilucina crenella* y *Teredothyra dominicensis*)

Como resumen de las agrupaciones encontradas en el análisis PAE se realizó la tabla siete, la cual contiene información sobre los grupos que se encuentran presentes en los análisis de familia y género, con la finalidad de visualizar como aumentan los cuadrantes anexados en cada grupo dependiendo del taxón analizado.

Tabla 7.- Grupos sin sinapomorfías compartidos en las análisis de PAE para los datos de Familia y Género						
Grupos	Familia	Género	Familia		Género	
Color	Cuadrante		Número de Familias totales en el grupo	Porcentaje de Familias del grupo presentes en todos los cuadrantes	Número de Géneros totales en el grupo	Porcentaje de Géneros del grupo presentes en todos los cuadrantes
Naranja	B5 y E1	B5, E1 y C1	23	26.1%	41	9.75%
Marrón	F3, E3, F2, C3, y G4	D6, G3, D4, E4, D3, G2, H4, F3, F2, G4, C3 y E3	43	20.9%	133	0.75%
Azul	E6 y E7	E6, E7 y G5	25	16%	84	2.38%
Verde Claro	A1, B4 y C5	A1, B4 y C5	49	77.6%	132	75%

6.2.2 Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE)

El análisis de PAE-PCE produjo dos cladogramas a nivel de familia, doce a nivel de género y once a nivel de especie, ninguna otra información fue obtenida después de estas repeticiones. El número de cladogramas en cada análisis fue alto, indicando un limitado poder resolutivo de los datos (índices de retención oscilan entre 56 y 71). Los grupos formados en los cladogramas, generalmente consisten en pequeñas áreas no adyacentes al momento de trazarlos en un mapa. Se encontrará mayor detalle de las agrupaciones formadas en cada análisis en el apéndice dos:

PAE-PCE-Familia

El análisis de PAE-PCE con los datos de familia se concretó con dos repeticiones, en la primera secuencia se encontraron 2,365 cladogramas por los que se hizo uso del consenso estricto para obtener uno solo, el cual tuvo 531 pasos, un índice de consistencia de 14 y un índice de retención de 56, se encontró una sola sinapomorfía que fue desactivada para realizar nuevamente el mismo procedimiento. Para el segundo análisis se realizó el mismo procedimiento que con el primero, como resultado se obtuvieron 3,902 cladogramas una sinapomorfía, se obtuvo el cladograma de consenso estricto el cual tuvo 545 pasos, un valor de Ci de 13 y uno de Ri de 45 (Tabla 8).

Se desactivó nuevamente al grupo sinapomórfico y se realizó el mismo método que las anteriores dos veces; ninguna sinapomorfía fue encontrada en la tercera ocasión.

Tabla 8.- Análisis de parsimonia de endemismo con eliminación progresiva de caracteres, para la matriz de Familia

Análisis Secuencias	Número de familias desactivadas	Número de cladogramas obtenidos	Número de pasos, CI y RI del consenso estricto
1	1	2,335	531, 14, 56
2	1	3,902	545, 13, 54

PAE-PCE-Género

El análisis de PAE-PCE con los datos de género se concretó con doce repeticiones, el mayor número de sinapomorfías se encontraron en el quinto y onceavo análisis con seis y siete géneros respectivamente, que delimitaban a diferentes grupos, conforme se desactivaban las sinapomorfías el número de cladogramas obtenidos aumentaba, lo mismo ocurrió con el número de pasos pero no con los valores de Ci y Ri. El resumen de las doce secuencias se encuentra en la tabla 9.

Tabla 9.- Análisis de parsimonia de endemismo con eliminación progresiva de caracteres, para la matriz de Género

Análisis Secuencias	Número de géneros desactivados	Número de cladogramas obtenidos	Número de pasos, CI y RI del consenso estricto
1	2	79	1286, 23, 71
2	1	193	1331, 22, 69
3	4	311	1330, 22, 69
4	1	425	1313, 22, 69
5	6	543	1312, 22, 69
6	1	657	1290, 22, 68
7	1	775	1289, 22, 68
8	1	893	1287, 22, 68
9	5	1011	1285, 22, 68
10	6	1125	1485, 18, 62
11	7	1595	1459, 18, 61
12	3	1832	1419, 18, 61

PAE-PCE-Especie

El análisis de PAE-PCE con los datos de especie se concretó en once repeticiones, el mayor número de sinapomorfías se encontró onceavo análisis con dieciséis especies que delimitaban a diferentes grupos, conforme se desactivaban las sinapomorfías el número de cladogramas obtenidos aumentaba, mientras que el número de pasos era variable, los valores de Ci y Ri decrecieron con cada análisis. El resumen de las once secuencias se encuentra en la tabla 9.

Tabla 9.- Análisis de parsimonia de endemismo con eliminación progresiva de caracteres, para la matriz de Especie

Análisis Secuencias	Número de especies desactivadas	Número de cladogramas	Número de pasos, CI y RI del consenso estricto
1	7	311	2102, 26, 69
2	8	318	2691, 26, 68
3	8	325	2074, 26, 68
4	9	344	2186, 24, 64
5	6	349	2157, 24, 64
6	7	354	2140, 24, 64
7	7	369	2333, 21, 58
8	1	370	2303, 21, 58
9	4	371	2298, 21, 58
10	6	378	2291, 21, 58
11	16	385	2284, 21, 58

6.2.3 Análisis Cladístico de áreas de Endemismo (CADE)

Como resultado de los Análisis Cladísticos de Distribución de Endemismos (CADE) se obtuvieron varios cladogramas de áreas para cada nivel analizado (familia, género y especie), los cuales se condensaron en un solo cladograma de consenso estricto. Los grupos obtenidos se plasmaron en distintos mapas que muestran la ubicación espacial de las agrupaciones.

CADE-Familia

El cladograma de áreas estricto obtenido con la matriz de ausencia/presencia de los registros obtenidos a nivel de familia se muestra en la figura 21; se aprecia por medio de colores la formación de tres agrupaciones distintas, resaltadas por el color naranja (B5 y E1), marrón (H4, F2, E3, C3, G4), y verde (C2, C1, A1, B4, C5, J1, F1, J2, H1, I3, B1, D1, F5, G1, I2, I4, B2, D2, E2, F4, H2, H3); este último grupo presenta al menos tres subgrupos, uno resaltado por un rectángulo y dos por diferente color de rama, el grupo que señala el rectángulo no presenta sinapomorfías, mientras que los otros dos grupos si las presentan. El color negro hace referencia a aquellos cuadrantes no agrupados y que por lo tanto no guardan relación alguna.

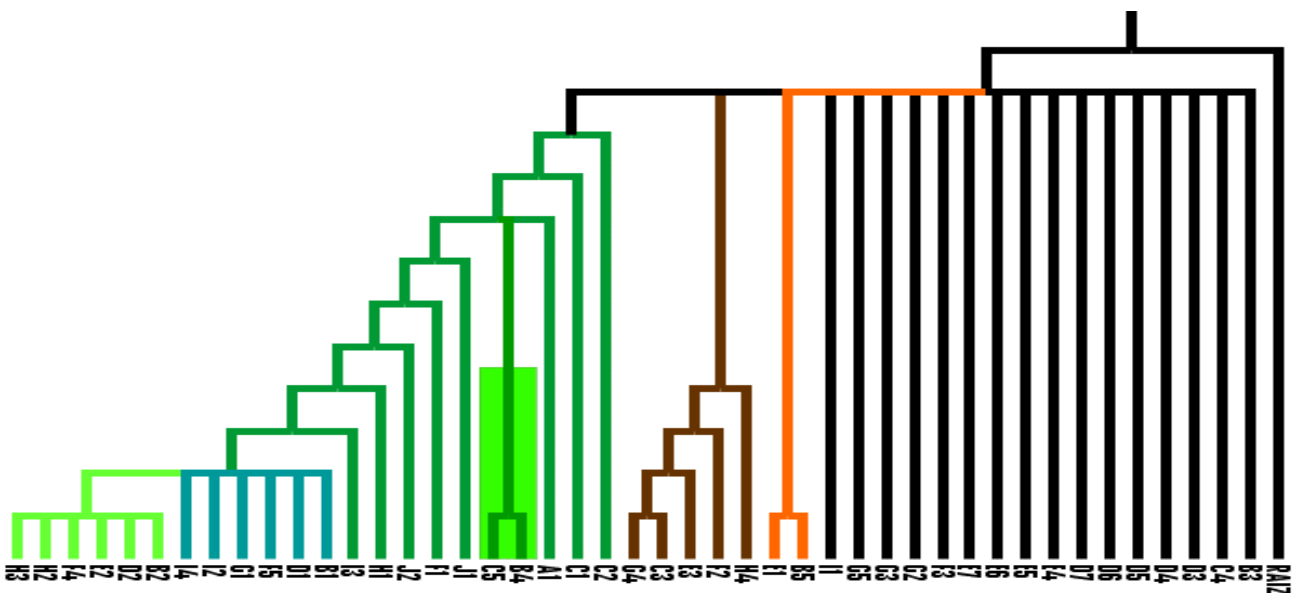


Figura: 21 Cladograma de consenso estricto obtenido mediante un análisis cladístico con los datos de Familia (L=575, Ci= 16, Ri= 59).

En la figura 22 se observa la ubicación espacial de los tres grupos encontrados en el análisis CADE con los datos de familia, mientras que la figura 23 muestra las subagrupaciones encontradas en el grupo verde.

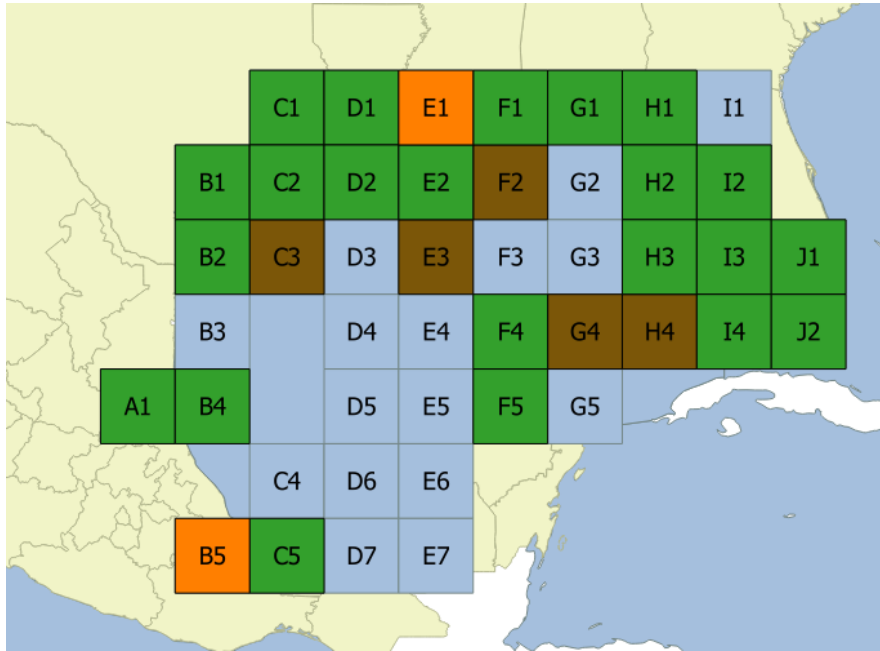


Figura 11.- Mapa que muestra que el área ocupada por los tres grupos encontrados en el análisis CADE, el grupo naranja, marrón y verde. El resto de los cuadrantes no se encuentran relacionados con los demás grupos o entré sí.

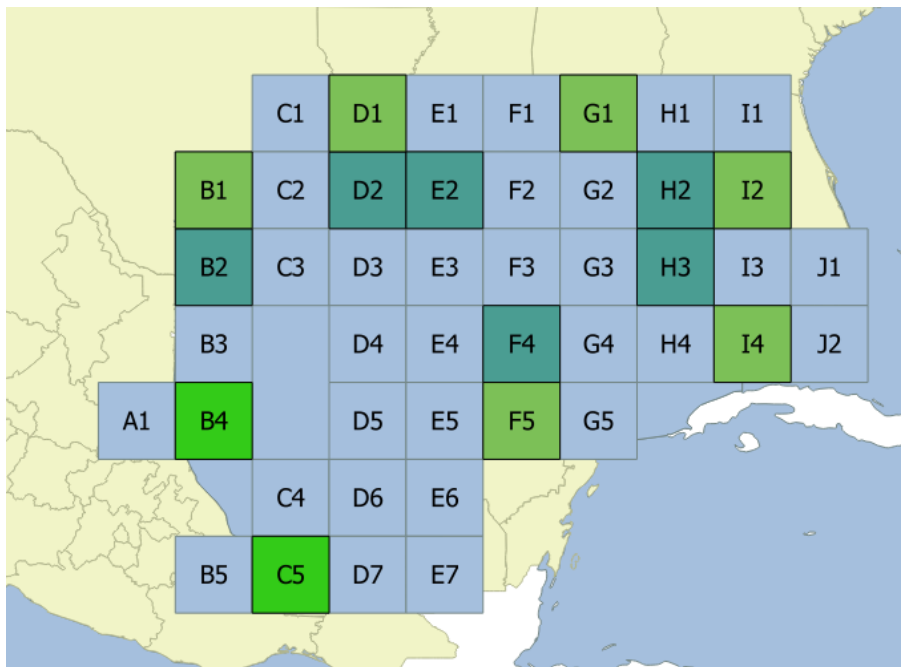


Figura 23.- Mapa que muestra que el área ocupada por lastres distintas subagrupaciones del grupo verde: (B4 y C5), (B1, D1, F5, G1, I2 e I4) y (B2, D2, E2, F4, H2 y H3)

CADE-Género

El cladograma de áreas estricto obtenido con la matriz de ausencia/presencia de los registros obtenidos a nivel de género muestra en la figura 24; se aprecia por medio de colores la formación de cuatro agrupaciones distintas, resaltadas por el color naranja (B5, C1 y E1), marrón (G3, E4, D4, D3, G2, H4, F3, F2, G4, C3 Y E3), gris (D6, D7 e I1) y verde (C2, E2, F1, H1, J1, J2, A1, B4, C5, D1, I3, G1, I2, F5, I4, B1, D2, B2, H2, F4 y H3), este último grupo presenta al menos cinco subgrupos, de los cuales aquellos resaltados con color azul, verde claro y verde oscuro no presentan sinapomorfías, los grupos con diferentes colores de rama si tienen sinapomorfías. El color negro hace referencia a aquellos cuadrantes no agrupados y que por lo tanto no guardan relación alguna.

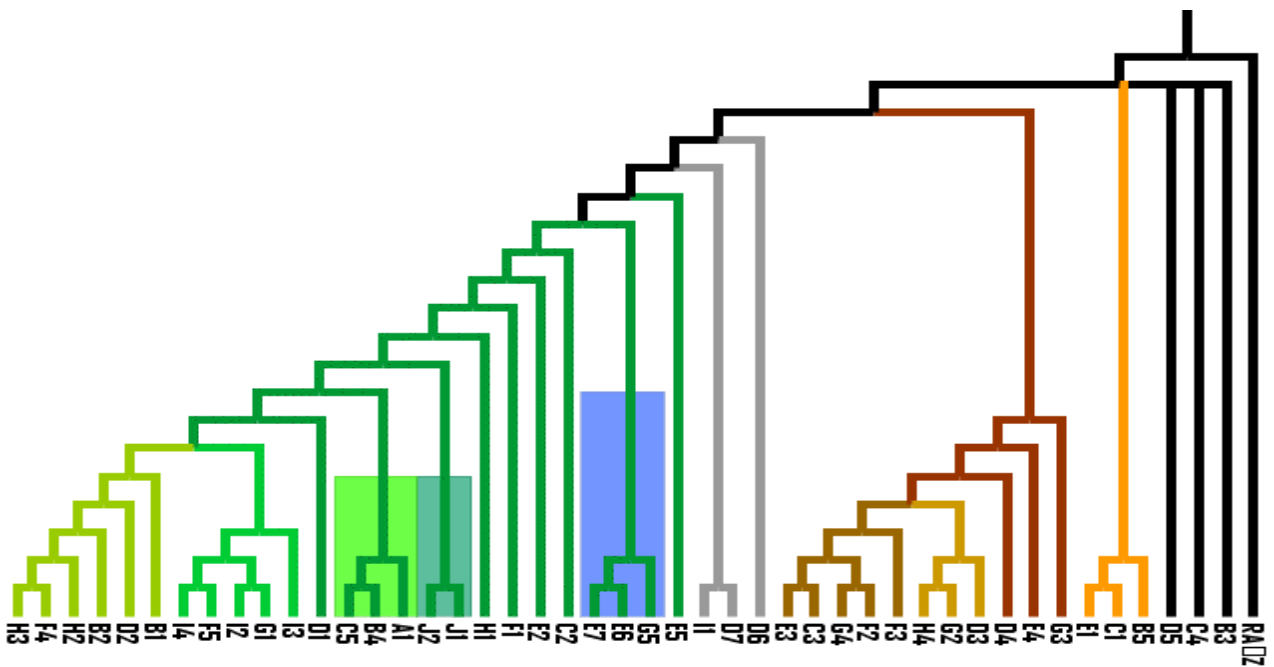


Figura 24.- Cladograma de consenso estricto obtenido mediante un análisis cladístico con los datos de Género (L=1633, Ci=23, Ri=72).

En la figura 25 se observa la ubicación espacial de los cuatro grupos encontrados en el análisis CADE con los datos de género, mientras que la figura 26 muestra las subagrupaciones encontradas en el grupo verde.

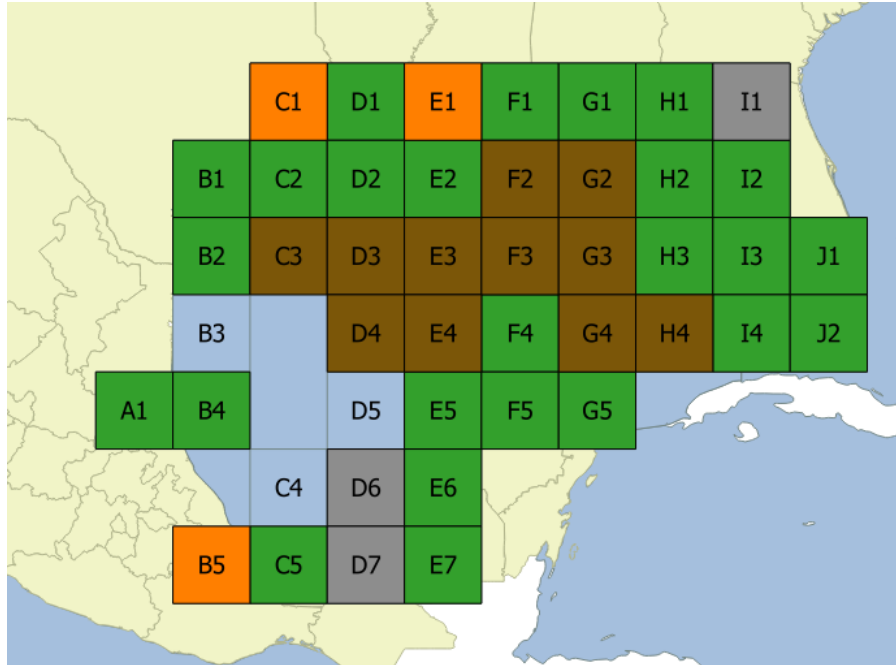


Figura 25.- Mapa que muestra que el área ocupada por los cuatro grupos encontrados en el análisis CADE, el grupo naranja, marrón, gris y verde. El resto de los cuadrantes no se encuentran relacionados con los demás grupos o entre sí.

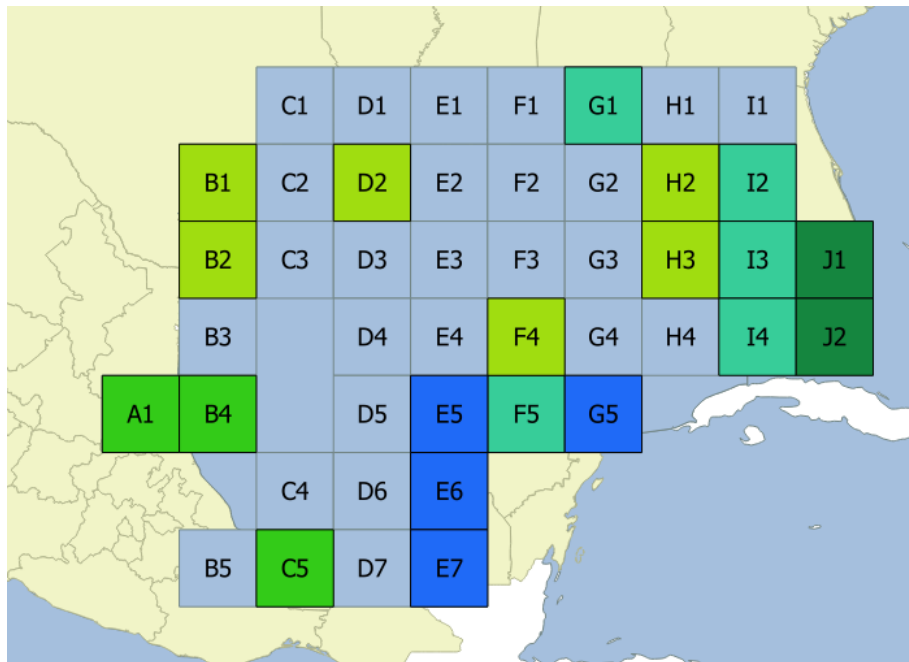


Figura 26.- Mapa que muestra que el área ocupada por las subagrupaciones sin sinapomorfías (A1, B4 y C5), (J1 y J2) y con sinapomorfías (B1, B2, D2, F4, H2 y H3) y (F5, G1, I2, I3, I4) del grupo verde

CADE-Especie

El cladograma de áreas estricto obtenido con la matriz de ausencia/presencia de los registros obtenidos a nivel de género muestra en la figura 24; se aprecia por medio de colores la formación de cinco agrupaciones distintas, resaltadas por el color naranja (C1 y E1), el grupo azul (G5, E6 y E7), el grupo marrón claro (D3, G2, y H4), el marrón oscuro (F2, G4 C3 Y E3 y el grupo verde (C2, E2, F1, H1, J1, H1, H2, J2, A1, B4, C5, D1, I3, G1, I2, F5, I4, B1, D2, B2, F4, H3) que presenta cuatro subgrupos, dos de ellos sin sinapomorfia (J1, J2 y H4) y (A1, B4 y C5) y dos más con sinapomorfías (I3, G1, I2, F5 y I4) y (B1, D2, B2, F4 y H3).

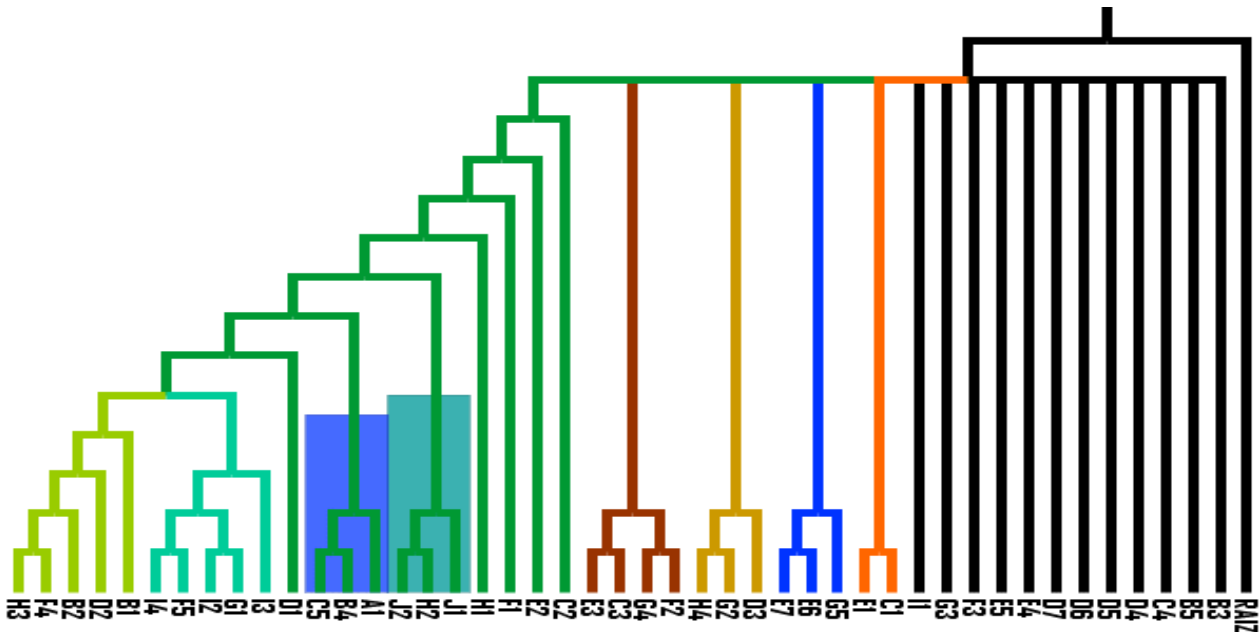


Figura 27.- Cladograma de consenso estricto obtenido mediante un análisis cladístico con los datos de Especie (L=3459, Ci= 24, Ri= 69).

En la figura 28 se observa la ubicación espacial de los cuatro grupos encontrados en el análisis CADE con los datos de especie género, mientras que la figura 29 muestra las subagrupaciones encontradas en el grupo verde.

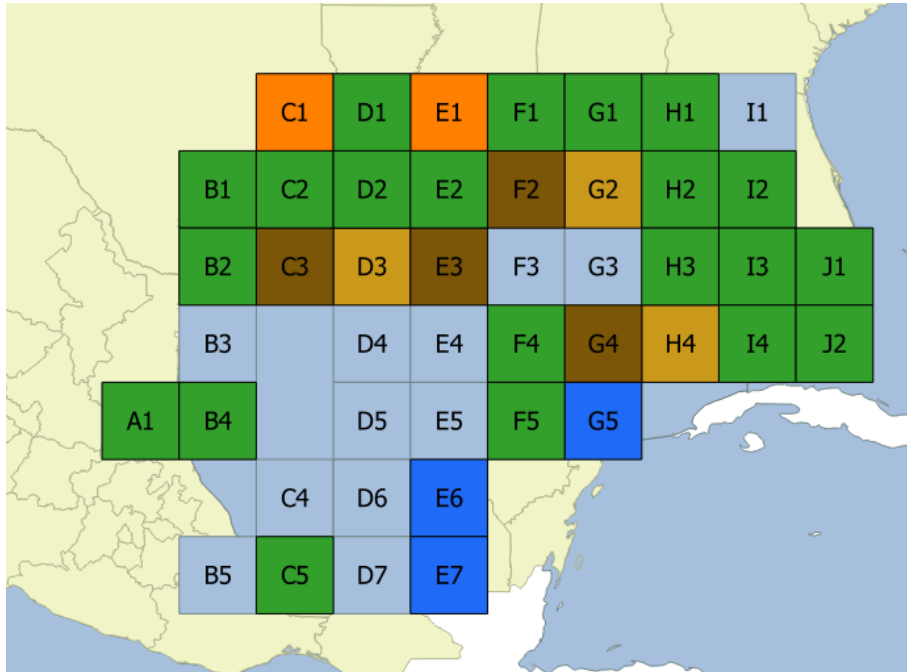


Figura 28.- Mapa que muestra que el área ocupada por los cuatro grupos encontrados en el análisis CADE, el grupo marrón claro y oscuro, el grupo naranja, azul y verde. El resto de los cuadrantes no se encuentran relacionados con los demás grupos o entre sí.

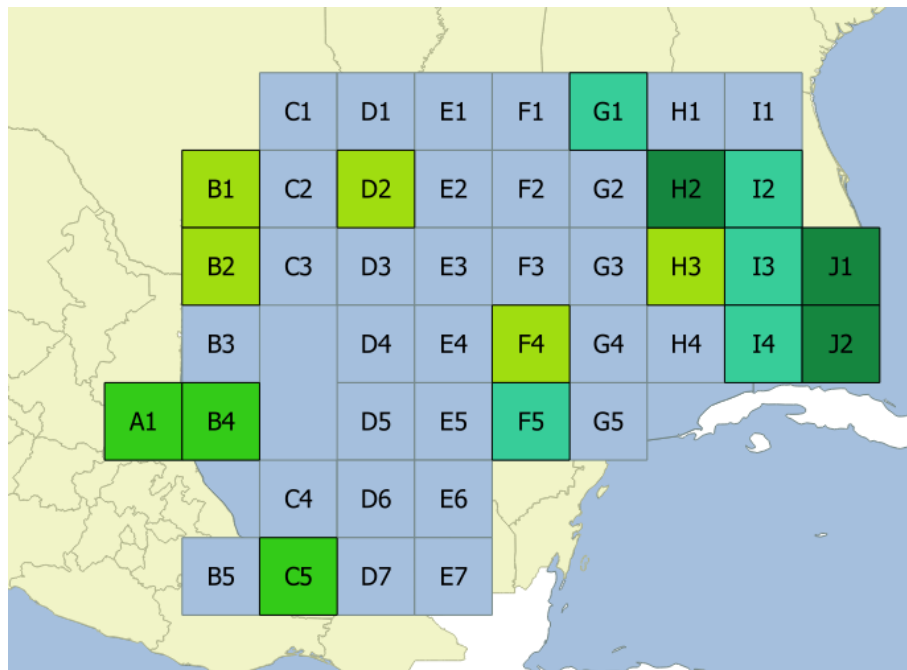


Figura 29.- Mapa que muestra que el área ocupada por las subagrupaciones sin sinapomorfías (A1, B4 y C5), (H1, J1 y J2) y con sinapomorfías (B1, B2, D2, F4 y H3) y (F5, G1, I2, I3, I4)

6.3 Diversidad

El resultado del análisis de similitud de Sorensen-Dice se ilustra en el fenograma de la figura 30, en donde por medio de ramas de colores se ilustran los grupos formados en los análisis de similitud, se puede observar que los grupos sinapomórficos tienen valores de similitud mayores a cinco (con adición del grupo naranja que no es sinapomórfico), mientras que la similitud es menor en los grupos sin sinapomorfías.

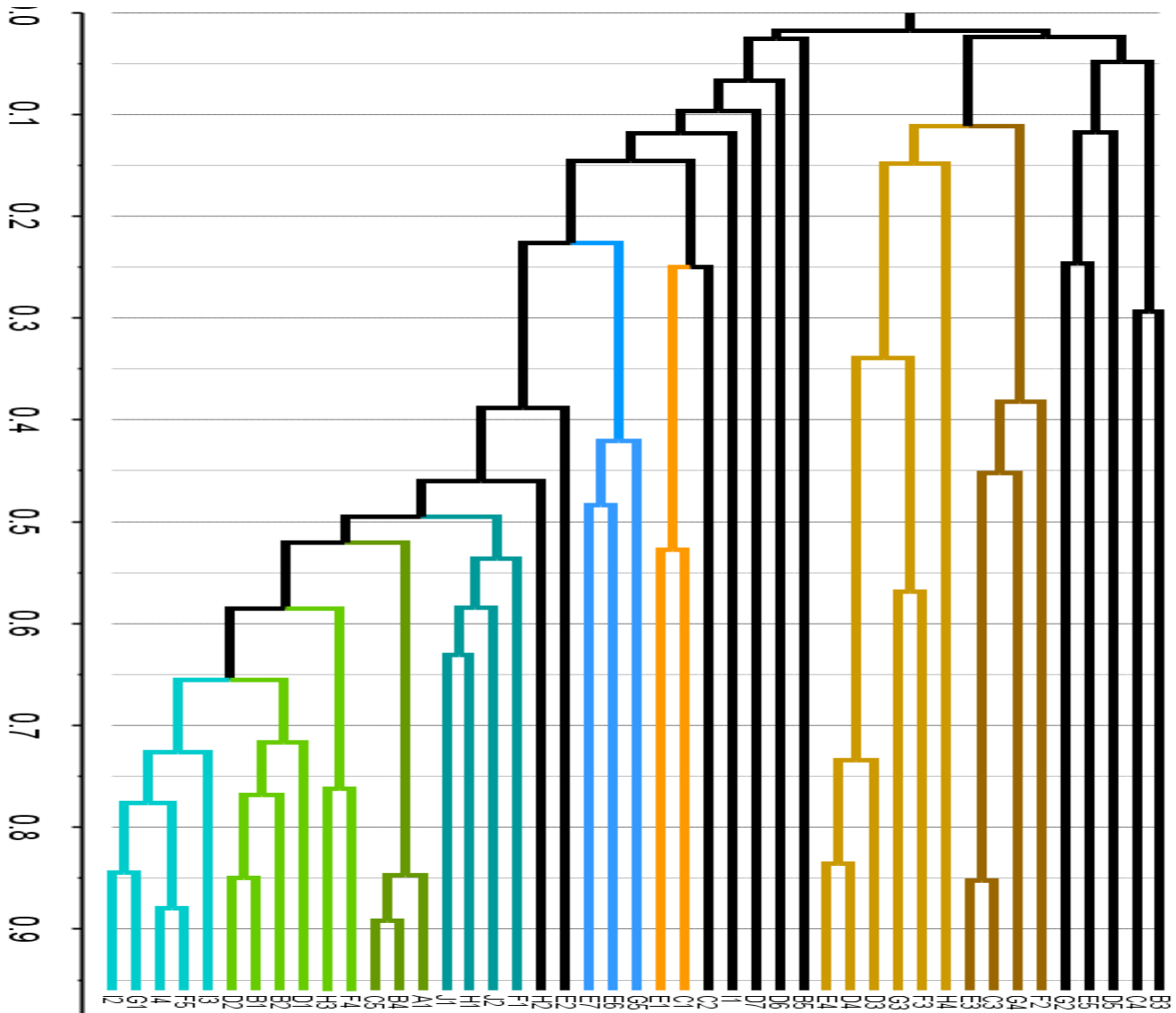


Figura 30.- Fenograma resultado del análisis de similitud de Sorensen-Dice, del lado izquierdo se tienen los valores que van de cero a uno, siendo uno el valor con mayor similitud

7 Discusión

7.1 Agrupaciones obtenidas en el análisis de PAE

Las agrupaciones obtenidas en este análisis se estudiarán de manera separada, debido a que la distribución de los géneros y familias en ambientes marinos, como regla no están asociados a factores climáticos (Golikov *et al.* 1990). Estas áreas son resultado de la especialización de vivir en hábitats definidos con ciertos tipos de relieve y sustrato, es decir que la distribución es limitada en los taxones superiores por factores geomorfológicos, como barreras espaciales, físicos, y químicos, mientras que la temperatura y otros procesos ecológicos son los que delimitan las áreas actuales de las especies (Golikov *et al.* 1990; Okolodkov 2010).

Familia y Género

A nivel de familia se definieron dos grupos principales, el grupo naranja formado por los cuadrantes B5 y E1, el cual no cuenta con sinapomorfías, y el grupo verde que ocupa casi en su totalidad la cuenca del Golfo de México, a su vez, esta área se encuentra subdividida en cinco subregiones menores, cuatro de ellas sin la presencia de sinapomorfías y una de ellas con sinapomorfías.

Los datos de género muestran tres agrupaciones principales, dos de ellos sin sinapomorfías, de estos uno se ubica en la región central (marrón) que a su vez presenta subgrupos y el otro es el grupo naranja presente también en los datos de familia y el grupo sinapomórfico es el grupo verde presente anteriormente, con seis subregiones, de las cuales cuatro no tienen sinapomorfías y dos si las tienen.

De las áreas mencionadas anteriormente se discutirán de manera separada las áreas sinapomórficas y aquellas que no lo son, pero que aparecieron en todos los análisis del PAE.

Áreas sin sinapomorfías

Si bien, para los análisis de PAE la bibliografía hace referencia a que se deben de tomar en cuenta las áreas con sinapomorfías para considerarlas como áreas de endemismo (Morrone 1994; Luna-Vega *et al.* 2000; García-Barros *et al.* 2002), en el presente trabajo

se hizo evidente que las áreas que no presentan sinapomorfías fueron constantes en los análisis, por lo que se describirán las áreas formadas, aunque estas no sean de endemismo, son áreas que son influenciadas en conjunto, por diversos factores ambientales que las unen y delimitan del resto de áreas, pero sin tener relaciones históricas como las áreas de endemismo.

Como se puede observar en la tabla 10, sin importar el número de familias o géneros presentes en cada área, el porcentaje de taxones compartidos fue variable, esto es debido a que estas agrupaciones no se forman por los taxones compartidos, sino por los caracteres ausentes en cada área, dicho de otro modo, reflejan las áreas donde los taxones no se encuentran.

El área naranja tanto a nivel de familia como género responde a la presencia de lagunas costeras importantes: el cuadrante B5 ubicado en el estado de Veracruz, responde a la Laguna de Alvarado, la cual es un estuario de agua salobre de gran importancia ya que es un sitio RAMSAR, el cuadrante C1 está en el estado de Texas y responde a la presencia de la Bahía Galveston, la cual es el 7° estuario más grande de Estados Unidos, finalmente el cuadrante E1 en el estado de Luisiana tiene al lago Pontchartrain, el cual es el segundo lago salado más grande de Estados Unidos y que se forma directamente de la desembocadura del río Misisipi (Turner *et al.* 2002; Guentzel *et al.* 2011; Santschi 1995).

El grupo Marrón es un área de distinta categoría y tamaño en cada nivel taxonómico, es un área menor a nivel de familia que de género, y una subárea en nivel de familia, sin embargo, el área corresponde en ambos casos a la región central del Golfo de México, particularmente a la región más profunda, que corresponde a la llanura de Sigsbee (Ruiz Carrasco 2014). El hecho de que el área de familia sea menor puede deberse a diversos factores, como la expansión del fondo marino, ya que de esta forma el área original sería menor que la actual (Okolodkov 2010).

El grupo verde claro se forma por dos vertientes que son resultado de la unión de varios ríos y una laguna de Tamiahua (B4), la primera vertiente es la del Panuco-Guayalejo-Tamesi (A1) y la otra, es la vertiente del Coatzacoalcos-Uxpanapa (C5) ambas

vertientes son de gran importancia en actividades comerciales, y es por esta misma razón que ambos se encuentran entre los vertientes más contaminados de México (INEGI 2016)

El grupo azul se ubica en la costa de la península de Yucatán con excepción del cuadrante F5, a comparación del resto de las grupos esta área es un área de endemismo confirmada para las macroalgas (Isa), en donde el área perteneciente al cuadrante F5 corresponde a un área distinta al resto de los otros cuadrantes, mientras que los análisis panbiogeográficos revelan la presencia de un nodo en esta misma área (F5)(Isa), análisis filobiogeográficos con la especies de macroalga *Hydropuntia cornea* e *Hydropuntia usneoides* en la península de Yucatán muestran también que las poblaciones de esta zona presentan un continuo genético, excepto en la parte norte de Yucatán en donde existen variaciones haplotípicas, que separan esta área en otro grupo distinto al resto de la península (Nuñez Resendiz *et al.* 2016).

Debido a que el grupo azul es un área de endemismo confirmado para las macroalgas, es importante reconocer los procesos históricos que dieron lugar a esta regionalización, en este caso el evento vicariante más importante se debe al emergimiento de la parte norte de la península de Yucatán aproximadamente hace 2.8 ma (Vázquez-Domínguez & Arita 2010), otros estudios biogeográficos en otros grupos de invertebrados han demostrado que las faunas presentes en el norte de la península son de origen reciente (< 2.8 ma). Estos estudios han demostrado que la fauna del norte de Yucatán es la mezcla del resto de la península (Suarez-Morales *et al.* 2004; Vázquez-Domínguez & Arita 2010; Núñez-Resendiz *et al.* 2016) tal como lo refleja el nodo encontrado para las macroalgas.

Como se ha mencionado anteriormente estas agrupaciones responden a zonas geográficas delimitadas por diversos factores, como lagunas costeras, desembocaduras de ríos, cuencas oceánicas, etc. Aunque en un inicio no son áreas de endemismo, salvo el grupo azul, son unidades con fuerte influencia en algún factor ambiental, por lo que si sumamos los grupos involucrados en este tipo de análisis se podrán confirmar como verdaderas áreas de endemismo.

Áreas con sinapomorfías

Las áreas con sinapomorfías, son entidades susceptibles de formar hipótesis históricas y ecológicas, ya que tienen especies únicas que definen a estas áreas (Especies endémicas), por lo que son potenciales áreas de endemismo (Hausdorf 2002b; Mast & Nyffeler 2003).

Como se ha visto en la figura Figura 9 y la figura Figura **104**, el área resaltada por el color verde representa una posible área de endemismo, tanto para nivel de género como de familia, ya que el área de familia es mayor que el área de género, lo cual es esperado para este tipo de áreas (Morrone 2014b). El que un área sea mayor a otra responde a procesos históricos, en donde el área de las familias está marcada por procesos históricos más antiguos que los de género (Stern & Dickinson 2010).

El proceso histórico más antiguo para el Golfo de México que daría lugar al área de endemismo de familia, es la apertura del mismo, lo cual sucedió como un proceso de fragmentación y dispersión de la Pangea en el Jurásico Temprano (Padilla y Sanchez 2007; Bird *et al.* 2005), lo cual formó una depresión que se llenó de agua marina durante el Calloviano en el Jurásico Medio; durante este proceso la colonización de los bivalvos se debió a la conectividad que tenía la cuenca del Golfo con el océano Pacífico (Padilla y Sanchez 2007; Vázquez-Domínguez & Arita 2010), flujo que permaneció constante hasta la aparición del Istmo de Tehuantepec hace 3.8 ma (Morrone 2010).

Dentro de las subáreas definidas para nivel de familia (Figura 12), se observa un área dividida en la zona norte y centro del Golfo de México, dicha fragmentación del área principal puede deberse a varias causas, entre ellas procesos de extinción o expansión-contracción de las áreas (Anderson 1994; Noguera-Urbano 2016) o a la baja resolución causada por el análisis de parsimonia, ya que es un método sumamente estricto, debido a que no considera problemas como el submuestreo, o las presencias en áreas adyacentes (Escalante 2011).

Después de la apertura procedió la expansión y subducción del suelo oceánico (Stern & Dickinson 2010) lo que explicaría porque el área de endemismo de Género se replegó a las zonas menos profundas de la cuenca, otros eventos geológicos relacionados

con la entrada del agua del Pacífico fue el depósito de sales en la zona central de la cuenca y que actualmente se encuentran en la parte noroeste del mismo, lo que corresponde con la subárea formada por B1, B2 y D2. La otra subárea se localiza en la zona Este del Golfo (Figura 16.- , lo que coincide con suelos carbonatados provenientes del levantamiento de la Península de Florida y Yucatán (Wilhelm & Ewin 1972).

Especie

Como se ha mencionado anteriormente las regionalizaciones mostradas por las especies responden a factores ecológicos (Morrone & Márquez 2008) y ambientales (Golikov *et al.* 1990). Al contrario de las áreas formadas por géneros y familias, las áreas endémicas de especies son el resultado de la especialización de vivir en ambientes finitos con sustratos y relieves característicos (Golikov *et al.* 1990), en donde los cambios físicos y químicos en las masas de agua preceden a la especiación y causan la aparición de nuevas especies (Okolodkov 2010).

Como resultado de lo anterior, las especies de cada grupo biogeográfico se encuentran asociadas en su distribución a masas de agua definidas, creando de esta forma, un complejo hidrobiológico entre las especies y el agua que los rodea. (Golikov *et al.* 1990).

Los resultados del PAE para los datos de especie muestran la presencia de cuatro grupos principales, tres de ellos sin sinapomorfías (Grupo azul, Grupo Marrón Oscuro y Claro) y uno con ellas (Grupo Verde), el cual tiene a su vez dos subdivisiones.

El grupo marrón corresponde al área descrita anteriormente para la región central del Golfo de México, la cual se encuentra en la parte más profunda de la cuenca, este grupo se ha separado en dos, el marrón oscuro y claro, ambos responden a la corriente de Florida que entra al Golfo, así como a los anillos que se separan de la corriente cálida principal, pareciendo que el grupo marrón claro responde a la parte más profunda de la corrientes (Sturges *et al.* 2000).

El grupo verde sinapomórfico y el grupo azul, con sinapomorfías confirmadas para las macroalgas (Vilchis Alfaro 2015), parecen responder a la temperatura anual de las aguas del Golfo, teniendo la región norte (Grupo Verde) aguas más frías por pertenecer a la región subtropical, mientras que el sur del Golfo pertenece a la región Tropical (Sarukhán *et al.* 2009; Claus N. *et al.* 2014; Oey, Ezer and Lee, 2005).

Dentro de los subgrupos del área verde encontramos que uno de ellos es el subgrupo formado por A1, B4 y C5, que corresponde con los deltas de los ríos los grupos sin sinapomorfía corresponden al delta de los ríos Panuco-Guayalejo-Tamesi y Coatzacoalcos, así como la laguna de Tamiahua (INEGI 2016). El otro grupo se forma en los cuadrantes H2, J1 y J2 que corresponden a la temperatura cálida del agua proveniente de la corriente del Caribe (Oey *et al.* 2005).

Finalmente los grupos sinapomorficos (Verde Claro y Aqua) parecen responder también a la temperatura del agua, aguas cálidas para el grupo verde claro y aguas frías para el grupo aqua, sin embargo no es del todo claro que este sea el factor que las distribuye, debido a la separación entre los cuadrantes de cada grupo, y que en el caso del grupo aqua los cuadrantes F5 e I4 se encuentran en presencia de aguas tropicales.

7.2 Análisis de Parsimonia de Áreas de Endemismo con Eliminación Progresiva de Caracteres (PAE-PCE)

La modificación del análisis PAE fue propuesta por Luna-Vega *et al.* (2000) y García-Barros (2002) de manera independiente, por lo que, aunque el procedimiento es el mismo, el propósito es distinto (García-Barros 2003). El propósito del PAE-PCE de Luna-Vega es el encontrar clados por medio de un análisis de parsimonia, en donde los grupos encontrados son equivalentes a los trazos generalizados de la panbiogeografía histórica (Luna-Vega *et al.* 2000), mientras que la interpretación de García-Barros propone que cada cladograma encontrado corresponde un área de endemismo alternativa de las que el PAE puede encontrar (García-Barros *et al.* 2002; García-Barros 2003)

Agrupaciones obtenidas mediante el análisis de PAE-PCE

Como muestra el resumen de la tabla ocho, el análisis PAE-PCE se realizó dos veces para los datos de familia, eliminando en cada caso la sinapomorfía que delimitaban al grupo verde, en ningún caso se observó la formación de un nuevo grupo.

Para los datos de género el número de sinapomorfías aumentó, desactivando un mayor número de ellas en cada análisis, además de requerirse 12 análisis para eliminar todas las sinapomorfías del grupo verde, ningún otro grupo fue encontrado.

El análisis que mayor número de sinapomorfías presento fue el de especie, no se encontró un clado alternativo al grupo verde, por lo que, con base en este análisis se puede observar que el número de sinapomorfías aumenta desde el nivel de familia, hasta el nivel de especie, lo cual nos indica que el proceso de diversificación para el grupo se llevó a cabo principalmente en fechas recientes en respuesta a factores climáticos (Golikov *et al.* 1990; Okolodkov 2010)

7.3 Análisis Cladístico de Áreas de Endemismo (CADE)

El análisis CADE fue creado con la finalidad de encontrar patrones de distribución de los distintos taxa, que reflejaran áreas con cierto nivel de jerarquización, utilizando para ello una modificación del PAE que utiliza información de más de un nivel taxonómico. (Porzeczansky & Cracraft 2005)

Actualmente se considera al CADE como una optimización del PAE, ya que presenta algunas ventajas en relación a este último método, como lo es la información filogenética, al agregar diferentes niveles taxonómicos a la matriz de datos y aumenta el número de caracteres a analizar, aumentando la resolución de los cladogramas (Vázquez-Miranda *et al.* 2007; Morrone 2014b).

7.3.1 Agrupaciones obtenidas mediante el análisis CADE

Debido a que los grupos formados en el PAE corresponden en su totalidad a grupos descritos anteriormente se omitirá el explicar las posibles causas de agrupamiento, y solo se hará una breve comparación de los resultados entre CADE y PAE.

En el análisis CADE para los datos de familia se forman tres grupos: El naranja en E1 y B5, el grupo marrón en la región central que difiere en la continuidad espacial que presentaba el PAE y el grupo verde, que ocupa mucho menos espacio en la cuenca del Golfo, esto debido al número de caracteres analizados. En cuanto a las subagrupaciones pertenecientes al grupo verde tenemos al grupo verde claro no sinapomórfico (B4 y C5) y dos grupos sinapomórficos, anteriormente unidos en el PAE.

Los datos de género en el CADE revelaron la presencia de cinco grupos, cuatro de ellos sin sinapomórficas (Naranja, Marrón, Gris y Azul) y uno con sinapomorfías (Verde), la agrupación del grupo marrón vuelve a ocupar la región total del Golfo de México, mientras que los grupos azul y gris, no pertenecen a los subgrupos definidos para el grupo verde, sino que son grupos aparte. Los subgrupos que aparecieron en el PAE de género son los mismos en el CADE de género, con la salvedad de que J1 y J2 forman ahora un grupo no sinapomórfico aparte, debido a la influencia del océano atlántico (Wilkinson *et al.* 2009)

Finalmente las agrupaciones de especie para el CADE muestran nuevamente la presencia de cinco grupos (Verde, Naranja, Azul, Marrón claro y oscuro) desapareciendo el grupo Gris, los subgrupos presentes en el grupo Verde, son los mismos que están en el PAE de especie.

7.4 Ecorregionalizaciones

Como se ha mencionado anteriormente, la cuenca del Golfo de México se encuentra dividida en varias regiones marinas, las cuales son áreas que buscan caracterizar los ecosistemas con base en una distribución de variables, distinguiendo las zonas que podrían beneficiarse de formas de manejo y medidas de conservación similares (Wilkinson *et al.* 2009).

El Golfo de México se ha dividido con base a lo mencionado en el párrafo anterior, en tres ecorregiones marinas: El Golfo de México Norte, El Golfo de México Sur y el Atlántico del sur de Florida (Wilkinson *et al.* 2009). Esto corresponde a las dos áreas

sinapomorficas descritas en nuestro análisis, en donde el grupo Verde se restringe principalmente al Golfo de México Norte, el subgrupo verde oscuro encontrado en los análisis CADE de género (J1, J2) corresponde a la ecorregión de Florida, mientras que el grupo Azul se encuentra en el Golfo de México Sur. Esto corrobora que los bivalvos son un buen objeto de estudio para la biogeografía marina (Ron 2000; Damborenea 2010)

7.5 Diversidad

El análisis de Sørensen-Dice, muestra la similitud entre las áreas analizadas, en nuestro caso se refiere a los 45 cuadrantes que contuvieron información de presencias de los bivalvos. Este fenograma une a las áreas afines entre sí, con base a la presencia de especies, en cuanto más cercano es el valor a uno, mayor es el grado de similitud (Murguía & Villaseñor 2003). Los valores obtenidos representan el recambio entre las especies de dos áreas, es decir la diversidad Beta, la cual es enlace entre la diversidad local y regional (Cornell & Lawton 1992).

Como podemos observar en la Figura 30, los grupos con valores más altos, cercanos a uno, son los grupos que presentaron sinapomorfías, es decir, aquellos grupos biogeográficamente pueden ser áreas de endemismo y por lo tanto tener una historia en común (Escalante *et al.* 2009; Nelson & Platnick 1981). El resto de los grupos descritos anteriormente en los análisis biogeográficos, también se agrupan en este análisis, aunque de forma general, los valores de similitud son mayores que los del grupo sinapomórficos.

8 Conclusiones

Se constató que los bivalvos son buenos candidatos para ser usados como organismos de estudio en los análisis biogeográficos, debido a que son animales sensibles a las presiones ambientales y que aunado a su registro fósil, reflejan de forma exitosa la dinámica histórica y ecológica del Golfo de México, ya que los patrones encontrados en cada uno de los análisis tienen un significado histórico en los niveles de género y familia, y ecológico en el nivel de especie

Se observó que los análisis de PAE y CADE presentaron dos tipos de agrupaciones: aquellas con sinapomorfías y aquellas sin sinapomorfías. Las primeras tienen un significado histórico y ecológico, mientras que las segundas son formadas por ausencias compartidas de taxa y que son influenciadas por las vertientes de los ríos en México y Estados Unidos. Se necesitan otro tipo de estudios para saber con seguridad que tipo de interacción responde a estos agrupamientos.

Se encontró un grupo sinapomorfo localizado principalmente en la parte norte del Golfo de México, el cual corresponde a la parte Neoártica del mismo, según las ecorregiones marinas de Wilkinson (2009). Además se encontró la posibilidad de que el grupo azul (presente en la península de Yucatán) corresponda a otra área sinapomorfo, debido a que otros taxa como las macroalgas responden al mismo patrón que el de los bivalvos en esta área (Vilchis Alfaro 2015; Nuñez Resendiz *et al.* 2016). Dicho grupo se encontraría en la parte Neotropical del Golfo de México.

Finalmente el análisis de similitud de Sørensen-Dice mostró que las áreas que probablemente tienen una historia geológica en común de acuerdo a los análisis biogeográficos, tienen además índice de similitud más alto que las demás áreas. Es decir que la composición de especies tiende a ser la misma, lo que refuerza aún más las hipótesis de relaciones históricas planteadas anteriormente.

9 Recomendaciones

El estudio espacial y temporal de los seres vivos ha comenzado a realizarse a fechas recientes y es por ello que ahora más que nunca resalta la importancia del uso de las bases de datos colaborativas, las cuales permiten obtener información “confiable” de los organismos de estudio. Por esto mismo, es de suma importancia la curación, captura y digitalización de datos existentes en las colecciones biológicas, esto permitirá la optimización de tiempo y recursos para los investigadores a la vez que permitirá realizar estudios más detallados por parte de los mismos.

Una de las finalidades de realizar estudios biogeográficos es generar hipótesis de áreas de endemismo, mismas que una vez confirmadas por estudios paleontológicos y moleculares en distintos taxa, permitirán crear las políticas de protección, aprovechamiento y sustentabilidad adecuadas para cada zona, con la finalidad de preservar y aprovechar los recursos naturales del Golfo de México.

A diferencia de la biogeografía terrestre, la biogeografía marina debería diferenciarse en tres tipos, como algunos autores han sugerido, estas diferenciaciones serían la biogeografía marina superficial, biogeografía marina nerítica y biogeografía marina bentónica, debido a que cada una de ellas es afectada de distinta forma por los procesos oceanográficos, poseen diferente tipo de biota y sus condiciones históricas son igualmente distintas.

Finalmente se recomienda utilizar nuevamente los análisis aquí realizados pero con otros organismos, ya que de esta manera se corroborará qué las áreas formadas con los bivalvos son compartidas por otros grupos no relacionados. De esta forma las hipótesis de áreas creadas con un solo grupo tendrán mayor peso al ser compartidas por distintos taxa. Este conocimiento proporcionará un mejor entendimiento de las interacciones espaciales, temporales y ecológicas en los organismos marinos.

10 Apéndices

10.1 Apéndice 1

Lista de Familias, Géneros y Especies de bivalvos registrados en el Golfo de México vigentes según WoRMS 2016	
Familias	Anomiidae, Arcidae, Astartidae, Basterotiidae, Cardiidae, Carditidae, Cetoconchidae, Chamidae, Condyllocardiidae, Corbulidae, Crassatellidae, Cuspidariidae, Cyrenidae, Cyrenoididae, Dimyidae, Donacidae, Dreissenidae, Entoliidae, Euciroidae, Galeommatidae, Gastrochaenoidea, Glycymerididae, Gryphaeidae, Halonymphidae, Hiatellidae, Kelliellidae, Kelliidae, Lasaeidae, Limidae, Limopsidae, Lucinidae, Lyonsiellidae, Lyonsiidae, Mactridae, Malleidae, Mallettiidae, Mesodesmatidae, Montacutidae, Myidae, Mytilidae, Neilonellidae, Noetiidae, Nuculanidae, Nuculidae, Ostreidae, Pandoridae, Pectinidae, Periplomatidae, Petricolinae, Pharidae, Philobryidae, Pholadidae, Pinnidae, Plicatulidae, Poromyidae, Propeamussiidae, Psammobiidae, Pteriidae, Sareptidae, Semelidae, Solecurtidae, Solemyidae, Solenidae, Sphaeriidae, Spondylidae, Tellinidae, Teredinidae, Thraciidae, Thracioidea, Thyasiridae, Tindariidae, Trapezidae, Ungulinidae, Veneridae, Verticordiidae, Vesicomysidae, Xylophagidae, Yoldiidae
Géneros	<i>Abra, Acar, Acesta, Acharax, Aclistothyra, Acrosterigma, Aequipecten, Agriopoma, Aligena, Americardia, Amphichama, Amygdalum, Anadara, Anatina, Anisodonta, Anodontia, Anomalocardia, Anomia, Antigona, Antillipecten, Apolymetis, Arca, Arcinella, Arcopagia, Arcopsis, Arcuatula, Argopecten, Asaphis, Astarte, Asthenothaerus, Atrina, Axinus, Bankia, Barbatia, Barnea, Basterotia, Bathyarca, Bathymodiolus, Bentharca, Botula, Brachidontes, Brevinucula, Bushia, Callista, Callocardia, Callpita, Callucina, Calyptogena, Cardiomysia, Cardita, Cardites, Carditopsis, Cardium, Caribachlamys, Caryocorbula, Cavilinga, Cetoconcha, Cetomya, Chama, Chione, Chioneryx, Chlamys, Choristodon, Clathrolucina, Clausinella, Cochloidesma, Codakia, Conchocele, Cooperella, Coralliophaga, Corbicula, Corbula, Crassatella, Crassinella, Crassostrea, Cratis, Crenella, Cryptopecten, Cryptostrea, Ctena, Ctenoides, Cucullaearca, Cumingia, Cuspidaria, Cyathodonta, Cyclinella, Cyclopecten, Cymatoica, Cyrenoida, Cyrtopleura, Dacrydium, Dallocardia, Dendostrea, Dimya, Dinocardium, Diplodonta, Diplothyra, Divalinga, Divaricella, Divarilima, Donax, Dosina, Dosinia, Dreissena, Ennucula, Ensis, Ensitellops, Entodesma, Eontia, Ervilia, Erycina, Euciroa, Eucrassatella, Euvola, Felaniella, Fugleria, Fulvia, Funafutia, Gafrarium, Gari, Gastrochaena, Gemma, Geukensia, Glans, Globivenus, Glossocardia, Glycymeris, Goniocuna, Gouldia, Gregariella, Haliris, Halonympha, Hiatella, , Hyalopecten, Hyotissa, Hysteroconcha, Idas, Iphigenia, Ischadium, Isognomon, Jorgenia, Jouannetia, Juliacorbula, Katadesmia, Kellia, Kurtiella, Laevicardium, Laevichlamys, Lamelliconcha, Lamychaena, Lasaea, Ledella, Leiosolenus, Lepton, Leptopecten, Lima, Limaria, Limatula, Limea, Limopsis, Lindapecten, Lioberus, Lirophora, Lithophaga, Loripes, Loripinus, Lucina, Lucinisca, Lucinoma, Lunarca, Lyonsia, Lyrodus, Macoma, Macrocallista, Mactra, Mactrotoma, Malletia, Malleus, Marcia, Martesia, Mendicula, Mercenaria, Meretrix, Microcardium, Microgloma, Mimachlamys, Modiolus, Montacuta, Mulinia, Musculium,</i>

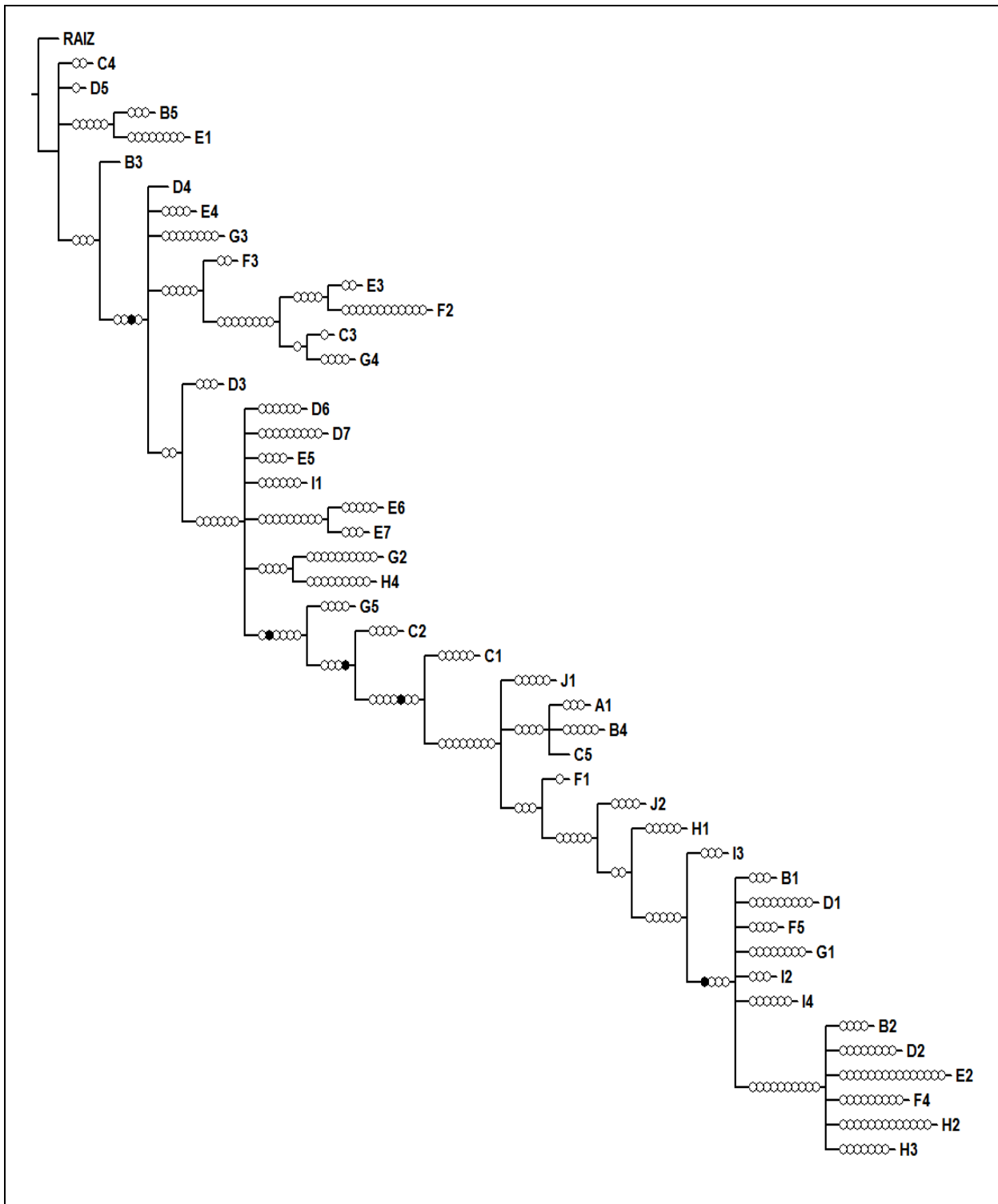
<p>Géneros</p>	<p><i>Musculus, Myonera, Myrtea, Myrtina, Mysella, Mytilopsis, Mytilus, Nausitora, Neilonella, Nemocardium, Neopycnodonte, Nodipecten, Nototeredo, Nucula, Nuculana, Orobittella, Orthoyoldia, Ostrea, Palliolum, Pandora, Panopea, Papyridea, Parabornia, Paraborniola, Paramya, Parastarte, Parvamussium, Parvilucina, Pecten, Pectinella, Pegophysema, Periglypta, Periploma, Perna, Petrasma, Petricola, Petricolaria, Phacoides, Phlyctiderma, Pholas, Pinctada, Pinna, Pitar, Pitarenus, Planktomya, Plectodon, Pleurolucina, Pleuromeris, Plicatula, Pliocardia, Pododesmus, Policordia, Polymesoda, Poromya, Portlandia, Pristigloma, Pronucula, Propeamussium, Propeleda, Psammotella, Psammotreta, Pseudochama, Pteria, Pteromeris, Puberella, Pythinella, Radiolucina, Raeta, Rangia, Rocellaria, Sanguinolaria, Saxicavella, Semele, Semelina, Similipecten, Solecurtus, Solemya, Solen, Spathochlamys, Spengleria, Sphaerella, Sphaerium, Sphenia, Spinosipella, Spisula, Spondylus, Stewartia, Strigilla, Tagelus, Talochlamys, Tamu, Taras, Tellidora, Tellina, Teredo, Teredora, Tereidothyra, Teskeyostrea, Thracia, Thyasira, Tindaria, Tivela, Trachycardium, Transennella, Trigoniocardia, Trigonulina, Tucetona, Uperotus, Varicorbula, Vasticardium, Venus, Verticordia, Vesicomya, Xylophaga, Yoldiella</i></p>
<p>Especies</p>	<p><i>Abra aequalis, Abra lioica, Abra longicallus, Acar domingensis, Acesta bullisi, Acharax caribbaea, Aclistothyra atlántica, Acrosterigma magnum, Aequipecten glyptus, Aequipecten heliacus, Aequipecten lineolaris, Agriopoma texasianum, Aligena texasiana, Americardia columbella, Americardia guppyi, Americardia lightbourni, Americardia media, Amphichama inezae, Amygdalum dendriticum, Amygdalum politum, Amygdalum sagittatum, Anadara brasiliiana, Anadara chemnitzii, Anadara floridana, Anadara lienosa, Anadara notabilis, Anadara secernenda, Anadara transversa, Anadara tuberculosa, Anatina anatina, Anodontia alba, Anomalocardia flexuosa, Anomalocardia puella, Anomia simplex, Antillipecten antillarum, Arca imbricata, Arca reticulata, Arca zebra, Arcinella arcinella, Arcinella cornuta, Arcopagia fausta, Arcopsis adamsi, Arcuatula papyria, Argopecten gibbus, Argopecten irradians, Argopecten nucleus, Asaphis deflorata, Asperarca sagrinata, Astarte concha, Astarte crenata, Astarte globula, Astarte smithii, Asthenothaerus hemphilli, Atrina rigida, Atrina seminuda, Atrina serrata, Axinus grandis, Bankia carinata, Bankia fosteri, Bankia gouldi, Barbatia barbata, Barbatia cancellaria, Barbatia candida, Barnea truncata, Basterotia elliptica, Basterotia quadrata, Bathyarca glomerula, Bathyarca grandis, Bathyarca orbiculata, Bathymodiolus brooksi, Bathymodiolus childressi, Bathymodiolus heckerae, Bentharca asperula, Botula fusca, Brachidontes domingensis, Brachidontes exustus, Brachidontes modiolus, Brevinucula verrilli, Bushia elegans, Callista maculata, Callpita eucymata, Callucina keenae, Cardiomya costellata, Cardiomya ornatissima, Cardiomya perrostrata, Cardiomya striata, Cardites floridanus, Carditopsis smithii, Caribachlamys mildredae, Caribachlamys ornata, Caribachlamys pellucens, Caribachlamys sentis, Caryocorbula chittyana, Caryocorbula contracta, Caryocorbula cymella, Caryocorbula dietziana, Caryocorbula swiftiana, Cavilinga blanda, Cetoconcha bulla, Cetoconcha margarita, Cetomya albida, Cetomya elongata, Cetomya tornata, Chama congregata, Chama florida, Chama lactuca, Chama macerophylla, Chama pellucida, Chama sarda, Chama sinuosa, Chione cancellata, Chione elevata, Chione mazyckii, Chione paphia, Chioneryx grus, Chioneryx pygmaea, Chlamys imbricata, Chlamys munda, Chlamys ornata,</i></p>

<p>Especies</p>	<p><i>Choristodon robustus, Clathrolucina costata, Clausinella fasciata, Cochloidesma tenerum, Codakia orbicularis, Conchocele bisecta, Cooperella atlántica, Coralliophaga coralliophaga, Corbicula fluminea, Corbula barrattiana, Corbula operculata, Crassinella dupliniana, Crassinella lunulata, Crassinella martinicensis, Crassostrea rhizophorae, Crassostrea virginica, Cratis antillensis, Crenella decusata, Crenella divaricata, Cryptopecten phrygium, Cryptostrea permollis, Ctena orbiculata, Ctenoides mitis, Ctenoides scaber, Cucullaearca candida, Cumingia lamellosa, Cumingia tellinoides, Cuspidaria arcuata, Cuspidaria glacialis, Cuspidaria jeffreysi, Cuspidaria media, Cuspidaria microrrhina, Cuspidaria obesa, Cuspidaria rostrata, Cyathodonta rugosa, Cyclinella tenuis, Cyclopecten reticulus, Cyclopecten strigillatus, Cyclopecten thalassinus, Cymatoica orientalis, Cyrenoida floridana, Cyrtopleura costata, Dacrydium elegantulum, Dacrydium vitreum, Dallocardia muricata, Dendostrea frons, Dimya argénteá, Dimya tigrina, Dinocardium robustum, Diplodonta notata, Diplodonta nucleiformis, Diplodonta punctata, Diplodonta soror, Diplothyra curta, Divalinga dentata, Divalinga quadrisulcata, Divarilima albicoma, Donax denticulatus, Donax gemmula, Donax lucidus, Donax texasianus, Donax variabilis, Dosinia discus, Dosinia elegans, Ennucula aegeensis, Ennucula pernambucensis, Ennucula tenuis, Ensis directus, Ensis megistus, Ensis minor, Ensitellops protexta, Entodesma brasiliense, Eontia ponderosa, Ervilia concéntrica, Ervilia nitens, Erycina floridana, Erycina linella, Erycina periscopiana, Euciroa elegantissima, Eucrassatella speciosa, Euvola chazaliei, Euvola laurenti, Euvola raveneli, Euvola ziczac, Felaniella candeana, Fugleria tenera, Fulvia laevigata, Funafutia levukana, Gari circe, Gastrochaena ovata, Gemma gemma, Geukensia demissa, Geukensia , granosissima, Glans dominguensis, Globivenus listeroides, Globivenus rigida, Globivenus rugatina, Globivenus strigillina, Glossocardia agassizii, Glycymeris americana, Glycymeris decusata, Glycymeris spectralis, Glycymeris undata, Goniocuna dalli, Gouldia cerina, Gouldia insularis, Gregariella coralliophaga, Gregariella petagnae, Haliris fischeriana, Halonympha claviculata, Hiatella arctica, Hiatella azaria, Hyalopecten strigillatus, Hyotissa hyotis, Hyotissa mcgintyi, Hysteroconcha dione, Idas macdonaldi, Iphigenia brasiliensis, Ischadium recurvum, Isognomon alatus, Isognomon bicolor, Isognomon radiatus, Jorgenia compressa, Jorgenia louisiana, Jouannetia quillingi, Juliacorbula , aequivalvis, Katadesmia polita, Kellia suborbicularis, Kurtiella umbonata, Laevicardium brasilianum, Laevicardium mortoni, Laevicardium pictum, Laevicardium serratum, Laevicardium sybariticum, Laevichlamys multisquamata, Lamelliconcha circinata, Lamychaena hians, Lasaea adansoni, Ledella messanensis, Ledella solidula, Ledella sublevis, Leiosolenus appendiculatus, Lepton lepidum, Leptopecten linki, Lima caribaea, Lima lima, Limaria hemphilli, Limaria hians, Limaria hialina, Limaria locklini, Limaria pellucida, Limaria tuberculata, Limatula confusa, Limatula regularis, Limatula setifera, Limatula subauriculata, Limea bronniiana, Limopsis cristata, Limopsis galathea, Limopsis minuta, Limopsis paucidentata, Limopsis sulcata, Limopsis tenella, Lindapecten exasperatus, Lindapecten muscosus, Lioberus castaneus, Lioberus ligneus, Lirophora latilirata, Lirophora obliterated, Lirophora paphia, Lithophaga aristata, Lithophaga corrugata, Lithophaga teres, Lucina muricata, Lucina pensylvanica, Lucinisca muricata, Lucinisca nassula, Lucinoma atlantis, Lucinoma filosa, Lucinoma filosum, Lunarca ovalis, Lyonsia floridana, Lyonsia hialina, Lyrodus ,</i></p>
------------------------	---

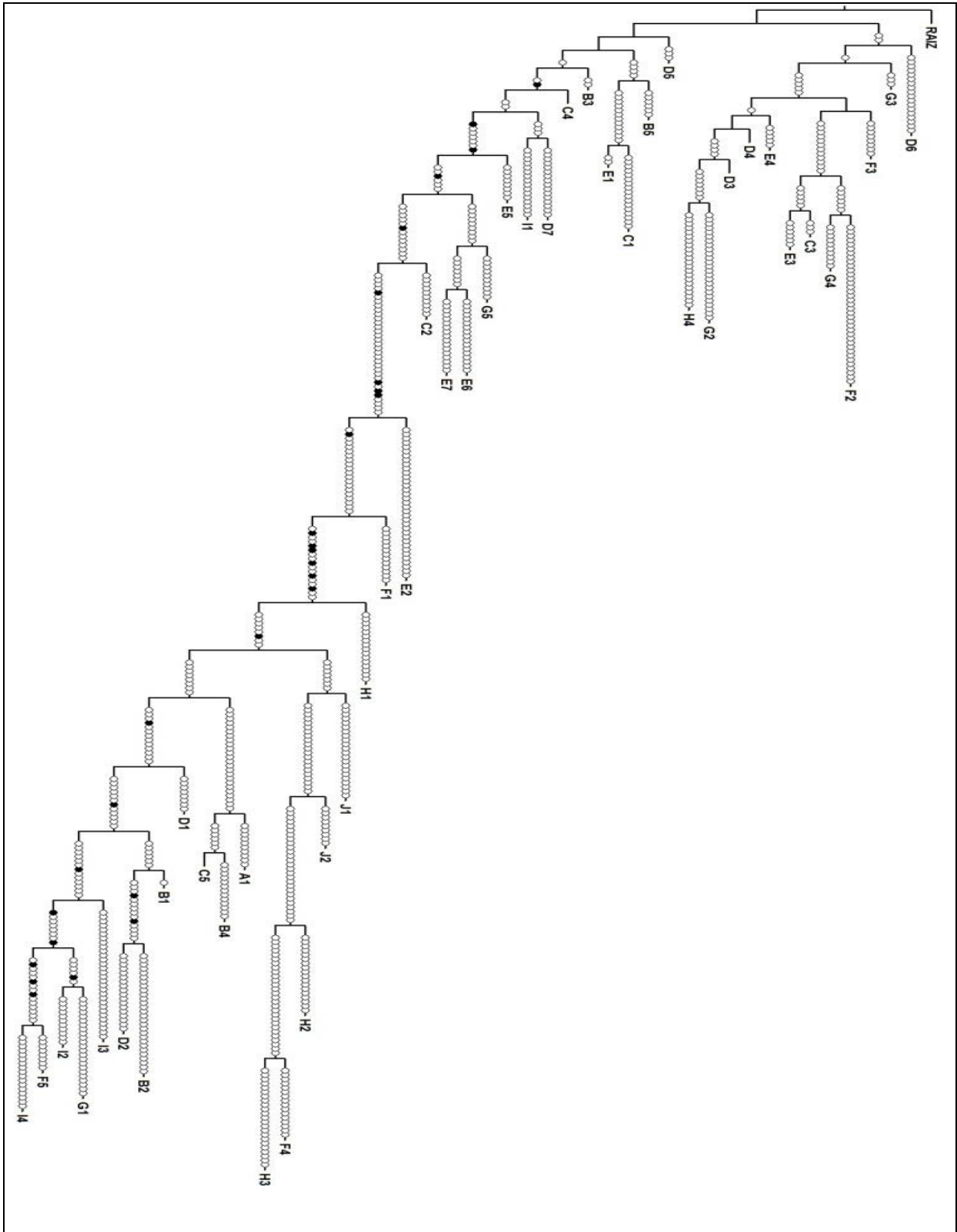
<p>Especies</p>	<p><i>loridanus, Lyrodus pedicellatus, Macoma carlottensis, Macoma cerina, Macoma onstricta, Macoma extenuata, Macoma limula, Macoma mitchelli, Macoma pseudomera, Macoma pulleyi, Macoma tageliformis, Macoma tenta, Macrocallista maculata, Macrocallista nimbose, Mactrotoma fragilis, Malleus candeanus, Martesia cuneiformis, Martesia fragilis, Martesia striata, Mendicula pygmaea, Mercenaria campechiensis, Mercenaria mercenaria, Microcardium peramabile, Microcardium tinctum, Microgloma mirmidina, Mimachlamys munda, Modiolus americanus, Modiolus modiolus, Modiolus squamosus, Mulinia lateralis, Mulinia pontchartrainensis, Musculium partumeium, Musculus lateralis, Myonera gigantea, Myonera lamellifera, Myonera limatula, Myonera paucistriata, Myrtea sagrinata, Myrtina pristiphora, Mysella planata, Mysella planulata, Mytilopsis leucophaeata, Nausitora fusticulus, Neilonella corpulenta, Neilonella pusio, Neilonella quadrangularis, Neilonella salicensis, Neopycnodonte cochlear, Nodipecten fragosus, Nodipecten nodosus, Nototeredo knoxi, Nucula calcicola, Nucula callicredemna, Nucula crenulata, Nucula próxima, Nuculana acuta, Nuculana bipennis, Nuculana concéntrica, Nuculana conceptionis, Nuculana hebes, Nuculana jamaicensis, Nuculana semen, Nuculana solida, Nuculana verrilliana, Nuculana vítrea, Oorbitella , lorida, Oorbitella límpida, Orthoyoldia liorhina, Orthoyoldia solenoides, Ostrea edulis, Ostrea equestris, Pandora arenosa, Pandora bushiana, Pandora glacialis, Pandora inflata, Pandora trilineata, Panopea bitruncata, Papyridea lata, Papyridea semisulcata, Papyridea soleniformis, Parabornia squillina, Paramya subovata, Parastarte triquetra, Parvamussium cancellatum, Parvamussium marmoratum, Parvamussium pourtalesianum, Parvamussium thalassinum, Parvilucina crenella, Parvilucina pectinella, Pectinella sigsbeeii, Pegophysema philippiana, Pegophysema schrammi, Periglypta listeri, Periploma margaritaceum, Periploma orbiculare, Perna perna, Perna viridis, Petrasma occidentalis, Petricola lapicida, Petricolaria pholadiformis, Phacoides pectinatus, Phlyctiderma semiaspera, Pholas campechiensis, Pinctada imbricata, Pinctada longisquamosa, Pinctada margaritifera, Pinna carnea, Pinna rudis, Pitar albidus, Pitar arestus, Pitar fulminatus, Pitar morrhuanus, Pitar pilula, Pitar simpsoni, Pitar zonatus, Pitareus cordatus, Planktomya henseni, Plectodon granulatus, Pleurolucina leucocyma, Pleurolucina sombrerensis, Pleuromeris armilla, Pleuromeris tridentata, Plicatula gibbosa, Pliocardia cordata, Pliocardia ponderosa, Pododesmus macrochisma, Pododesmus rudis, Polymesoda caroliniana, Polymesoda floridana, Poromya granulata, Poromya rostrata, Portlandia pachia, Pristigloma nitens, Propeamussium cancellatum, Propeamussium dalli, Propeamussium lucidum, Propeleda carpenteri, Propeleda platessa, Psammotella cruenta, Psammotreta aurora, Psammotreta brevifrons, Psammotreta intastriata, Pseudochama cristella, Pteria colymbus, Pteria hirundo, Pteromeris perplana, Puberella crenata, Puberella intapurpurea, Pythinella cuneata, Radiolucina amianta, Raeta plicatella, Rangia cuneata, Rangia flexuosa, Rocellaria stimpsonii, Sanguinolaria sanguinolenta, Saxicavella sagrinata, Semele bellastrata, Semele proficua, Semele purpurascens, Semelina nuculoides, Similipecten nanus, Solecurtus cumingianus, Solecurtus sanctaemarthae, Solemya occidentalis, Solemya velum, Solen viridis, Spathochlamys benedicti, Spengleria rostrata, Sphaerella verrilli, Sphenia fragilis, Sphenia tumida, Spinosipella acuticostata, Spisula raveneli, Spisula solidissima, Spondylus</i></p>
------------------------	--

<p>Especies</p>	<p><i>americanus, Spondylus gussonii, Spondylus tenuis, Stewartia floridana, Strigilla carnaria, Strigilla gabbi, Strigilla mirabilis, Strigilla pisiformis, Strigilla urinamensis, Tagelus divisus, Tagelus plebeius, Talochlamys gemmulata, Tamu fisheri, Tellidora cristata, Tellina aequistriata, Tellina agilis, Tellina alternata, Tellina americana, Tellina angulosa, Tellina candeana, Tellina consobrina, Tellina cristallina, Tellina cumingii, Tellina gouldii, Tellina iris, Tellina laevigata, Tellina lineata, Tellina listeri, Tellina magna, Tellina martinicensis, Tellina mera, Tellina nitens, Tellina paramera, Tellina pérsica, Tellina pretium, Tellina probina, Tellina punicea, Tellina radiata, Tellina similis, Tellina squamifera, Tellina sybaritica, Tellina tampaensis, Tellina tenella, Tellina texana, Tellina versicolor, Teredo bartschi, Teredo clappi, Teredo navalis, Teredo somersi, Teredora malleolus, Teredothyra dominicensis, Teskeyostrea weberi, Thracia conradi, Thracia morrisoni, Thracia stimpsoni, Thyasira trisinuata, Tindaria aeolata, Tindaria agathida, Tindaria amabilis, Tindaria cytherea, Tindaria smithii, Tivela mactroides, Tivela trigonella, Trachycardium egmontianum, Trachycardium isocardia, Transennella conradina, Transennella cubaniana, Transennella culebrana, Transennella stimpsoni, Trigoniocardia antillarum, Trigonulina ornata, Tucetona pectinata, Tucetona subtilis, Uperotus panamensis, Varicorbula krebsiana, Varicorbula limatula, Varicorbula philippii, Vasticardium mindanense, Verticordia seguenzae, Vesicomya pilula, Vesicomya venusta, Vesicomya vesica</i></p>
------------------------	--

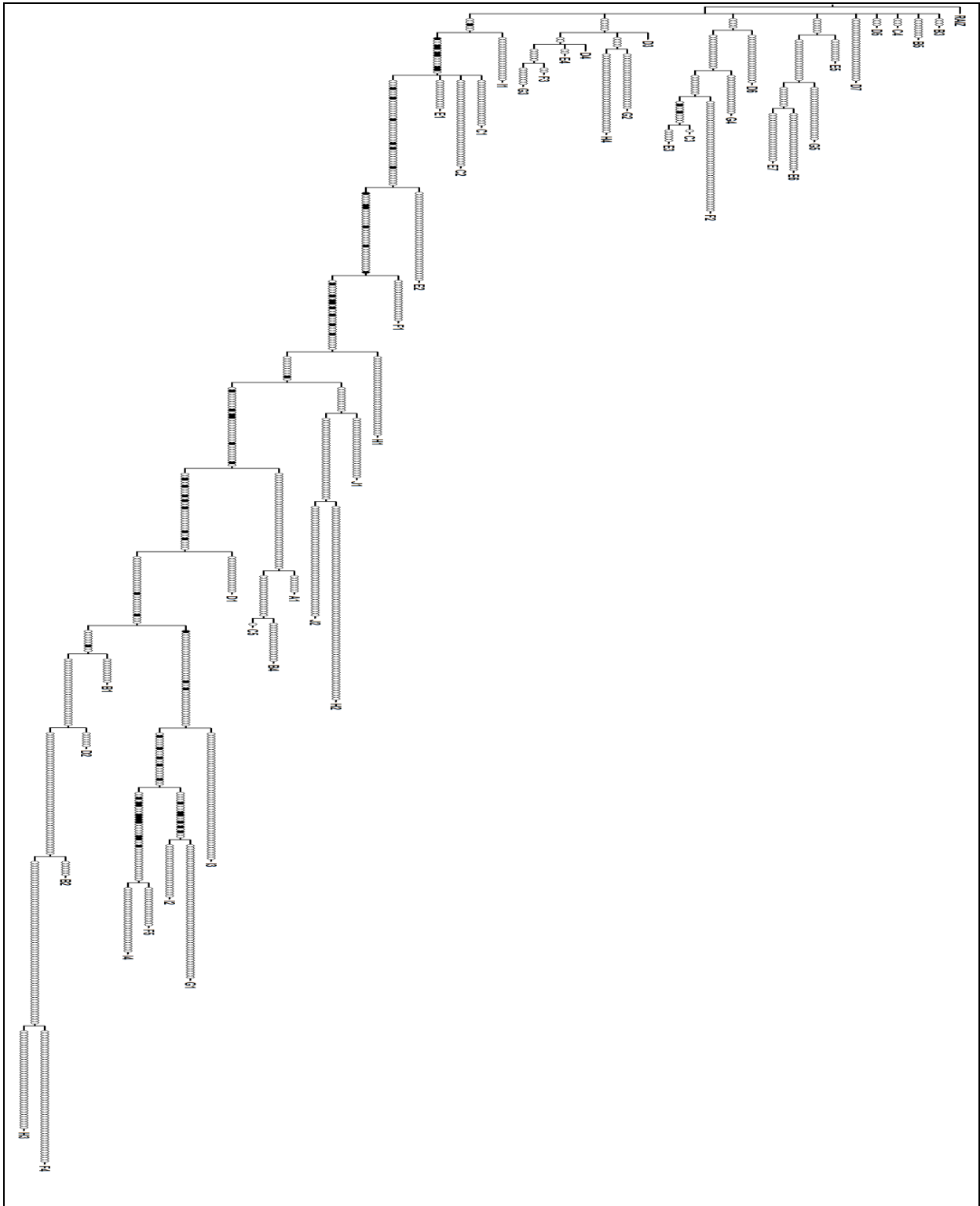
10.2 Apéndice 2: Cladogramas del análisis PAE



Cladograma que muestra las sinapomorfías obtenidas mediante el análisis PAE con los datos de familia, los círculos negros representan sinapomorfías.

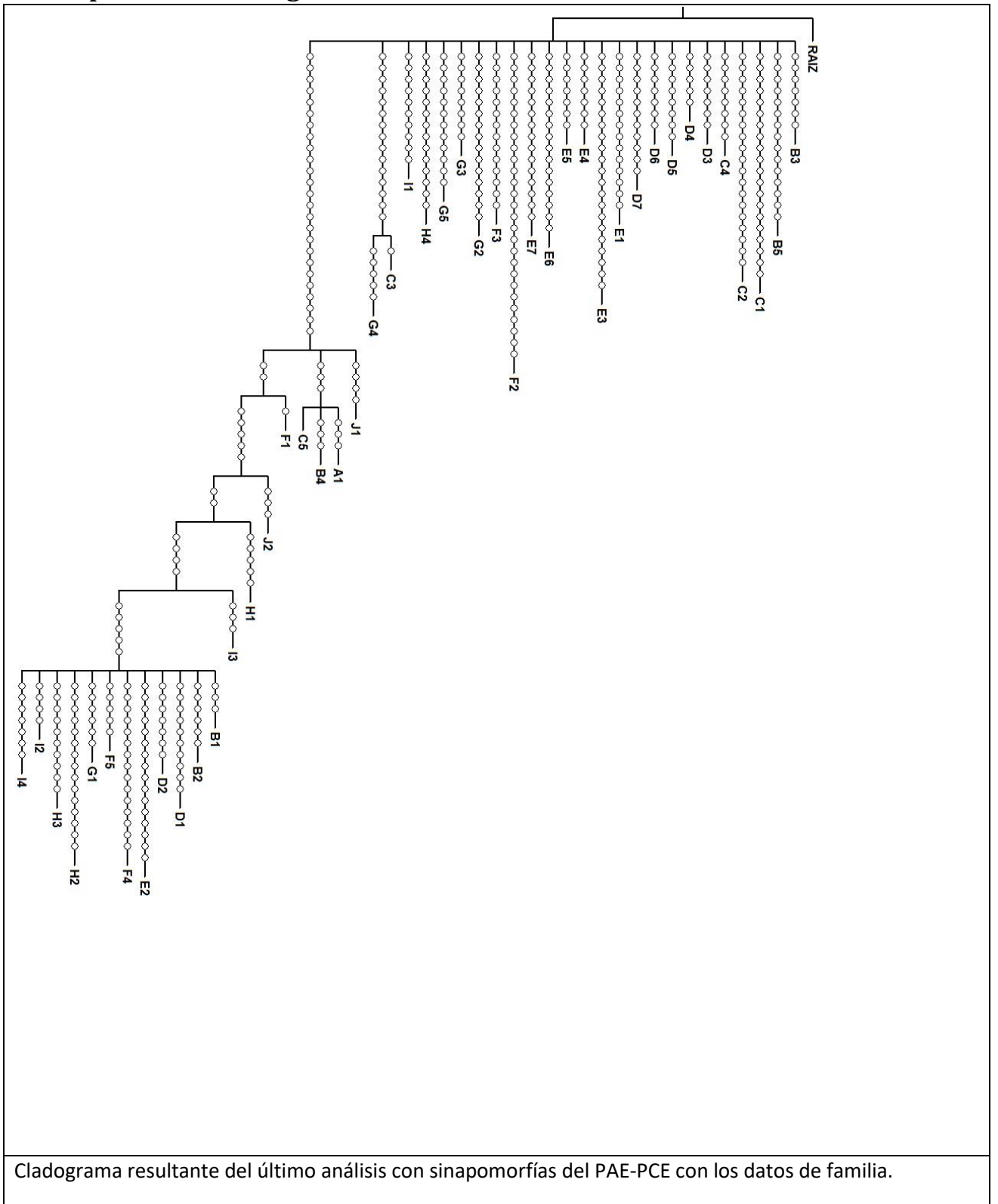


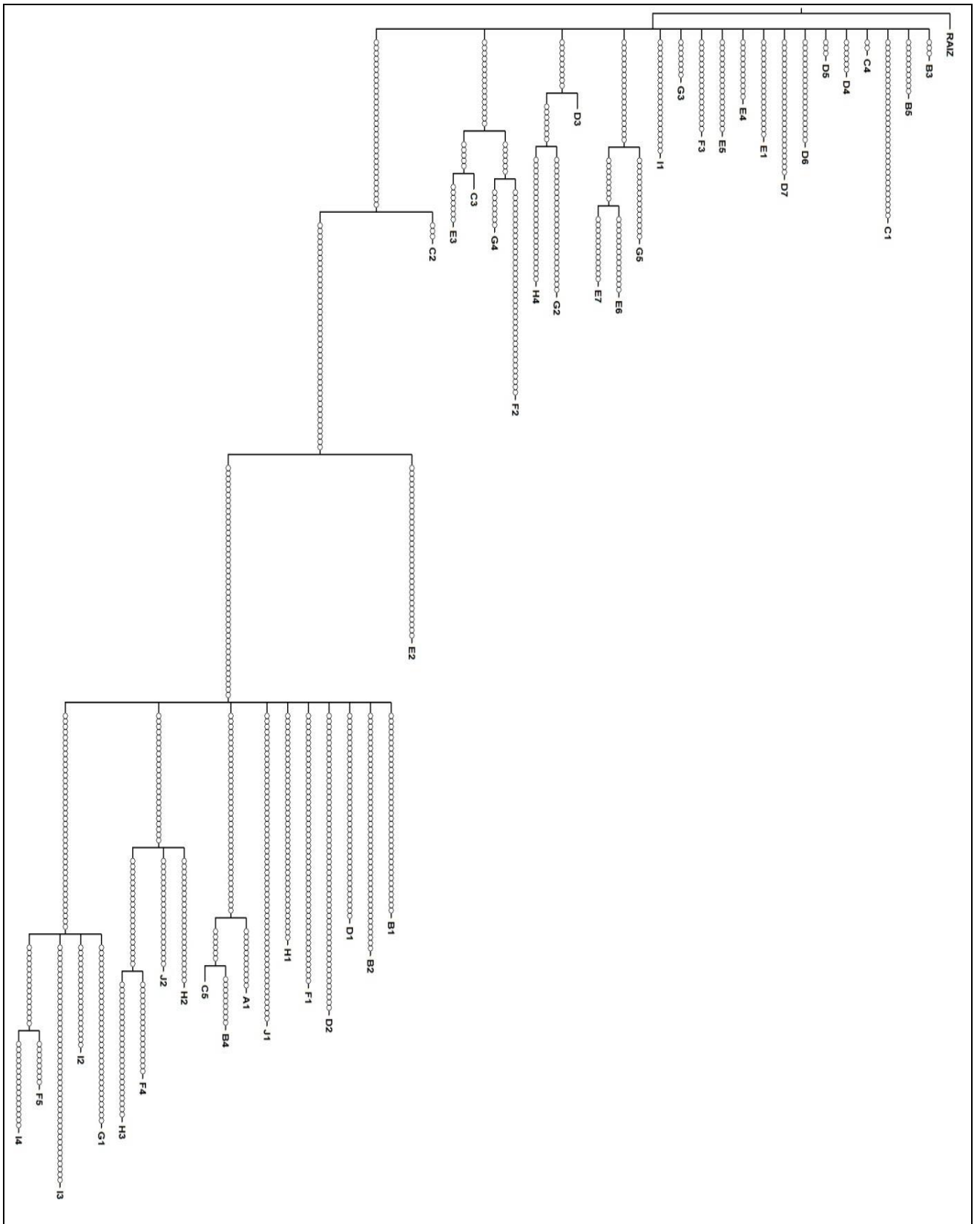
Cladograma que muestra las sinapomorfías obtenidas mediante el análisis PAE con los datos de género, los círculos negros representan sinapomorfías.



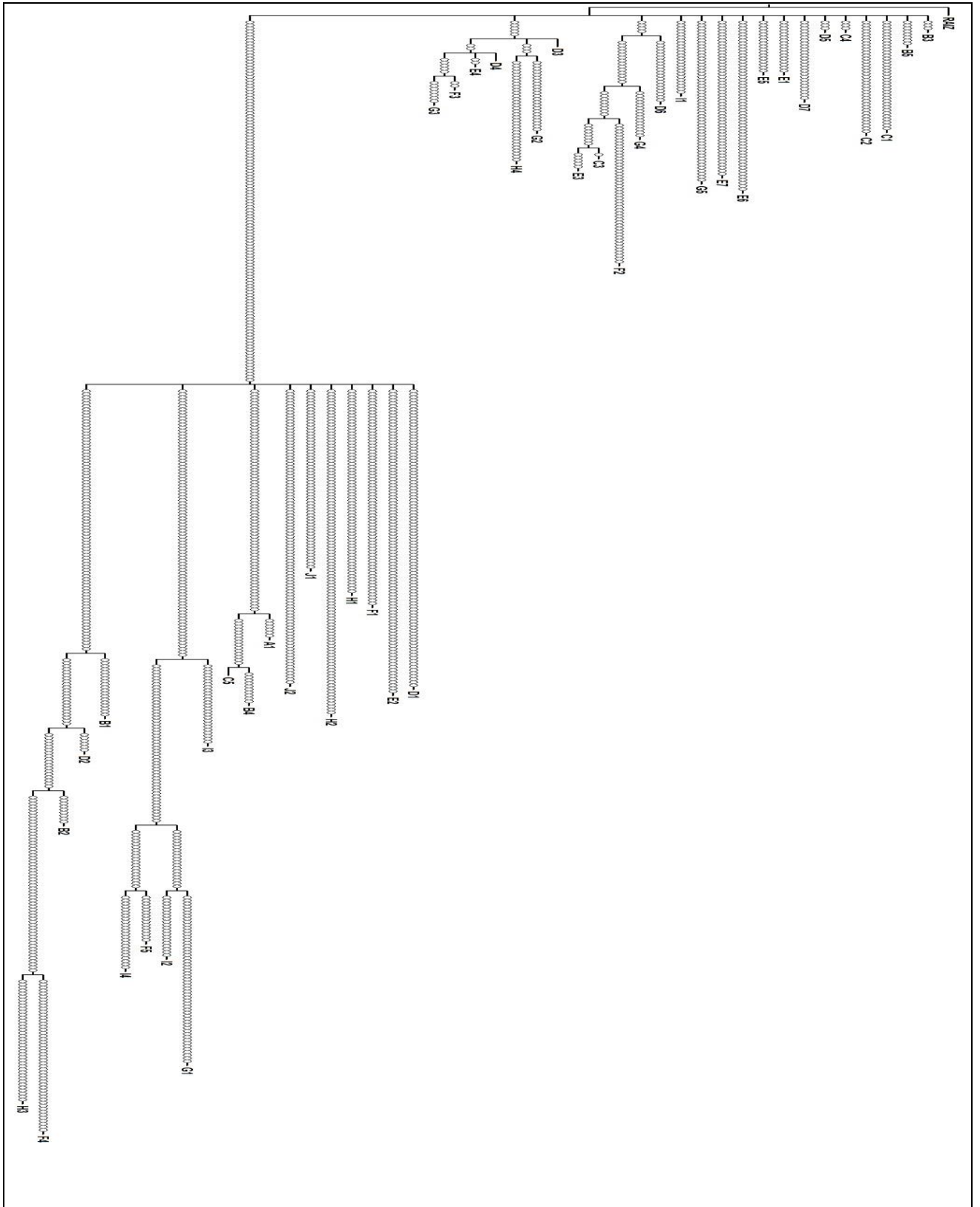
Cladograma que muestra las sinapomorfías obtenidas mediante el análisis PAE con los datos de especie. los círculos negros representan sinapomorfías.,

10.3 Apéndice 3: Cladogramas Finales del PAE-PCE





Cladograma resultante del último análisis con sinapomorfías del PAE-PCE con los datos de género



Cladograma resultante del último análisis con sinapomorfías del PAE-PCE con los datos de especie.

11 Referencias

- Anderson, S., 1994. Area and Endemism. *The Quarterly Review of Biology*, 69(4), pp.451–471.
- Baqueiro Cárdenas, E. & Aldana Aranda, D., 2003. Patrones en la biología poblacional de moluscos de importancia comercial en México. *Revista de Biología Tropical*, 51(4), pp.97–107.
- Barnwell, F.H. & Thurman, C.L., 1984. Taxonomy and biogeography of the fiddler crabs (Ocypodidae: Genus Uca) of the Atlantic and Gulf coasts of eastern North America. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 81(1), pp.23–87. Available at: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.1984.tb02558.x>.
- Biggs, D.C., 1992. Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 97(C2), p.2143.
- Bird, D.E. et al., 2005. Gulf of Mexico tectonic history: Hotspot tracks, crustal boundaries, and early salt distribution. *AAPG Bulletin*, 89(3), pp.311–328.
- Broom, M.J., 1985. *The Biology and Culture of Marine Bivalve Molluscs of the Genus Anadara* ICLARM Stu., Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Managemen.
- Cake, E.W.J., 1983. *Habitat suitability index models: Gulf of Mexico American Oyster*, U.S. Dept. Int. Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.57.
- Castillo-Rodríguez, Z.G., 2014. Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85, pp.S419–S430.
- Charrid, R.J., De Souza, E. & Salomão, L.C., 2007. The Effect of Temperature and Salinity on the Physiological Rates of the Mussel *Perna perna* (Linnaeus 1758). *Brazilian archives of biology and technology*, 50(3), pp.543–556.
- Clarke, A. et al., 2007. How well do we know the Antarctic marine fauna? A preliminary study of macroecological and biogeographical patterns in Southern Ocean gastropod and bivalve molluscs. *Diversity and Distributions*, 13(1), pp.620–632.
- Claus N., S. et al., 2016. [Marineregions.org](http://www.marineregions.org), (5-06–2016). Available at: <http://www.marineregions.org>.
- CONAPESCA, 2013. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*, México: CONAPESCA.
- Corgos, A. et al., 2013. Moluscos bentónicos del submareal de la bahía de Navidad, Jalisco. In M. del C. Franco-Gordo, ed. *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima*. Jalisco, México: Universidad de Guadalajara, pp. 33–45.
- Cornell, H. V. & Lawton, J.H., 1992. Species Interactions, Local and Regional Processes, and Limits to the Richness of Ecological Communities: A Theoretical Perspective. *The Journal of Animal Ecology*, 61(1), p.1. Available at: <http://www.jstor.org/stable/5503?origin=crossref> [Accessed September 14, 2016].
- Correa-Sandoval, A. & Rodríguez-Castro, J.H., 2013. Zoogeografía de los bivalvos marinos de la costa de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(3), pp.565–584.
- Cracraft, J., 1991. Patterns of Diversification Within Continental Biotas: Hierarchical Congruence

- Among the Areas of Endemism of Australian Vertebrates. *Aust. Syst. Bot.*, 4, pp.211–227.
- Crisci, J. V., Katinas, L. & Posadas, P., 2000. *Introducción a la Teoría y Práctica de la Biogeografía Histórica*, Buenos Aires: Sociedad Argentina de Botánica.
- Crother, B.I. & Murray, C.M., 2013. Parsimony analysis of endemism under the “areas of endemism as individuals” thesis. *Cladistics*, 29, pp.571–573.
- Damborenea, S.E., 2010. Paleobiogeografía de Bivalvos marinos Jurásicos. In *Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires*. Buenos Aires: Instituto de Investigación y Desarrollo, pp. 3–23.
- Donato, M. & Miranda-Esquivel, D.R., 2012. Respuesta a Escalante (2011) “de cómo el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) tampoco explica la selección natural.” *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), pp.892–896.
- Engle, V.D. & Summers, J.K., 2000. Biogeography of benthic macroinvertebrates in estuaries along the Gulf of Mexico and western Atlantic coasts. *Hydrobiologia*, 436, pp.17–33.
- Escalante, T., 2011. De cómo el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) tampoco explica la selección natural. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3), pp.1057–1059.
- Escalante, T., Szumik, C. & Morrone, J.J., 2009. Areas of endemism of Mexican mammals: Reanalysis applying the optimality criterion. *Biological Journal of the Linnean Society*, 98(2), pp.468–478.
- Fenner, D., 2001. Biogeography of three Caribbean corals (Scleractinia) and the invasion of *Tubastraea coccinea* into the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 69(3), pp.1175–1189.
- García-Barros, E., 2003. Mariposas diurnas endémicas de la región paleártica occidental: Patrones de distribución y su análisis mediante parsimonia (Lepidoptera, Papilionoidea). *Graellsia*, 59(2–3), pp.233–258.
- García-Barros, E. et al., 2002. Parsimony analysis of endemism and its application to animal and plant geographical distributions in the Ibero-Balearic region (western Mediterranean). *Journal of Biogeography*, 29, pp.109–124.
- GBIF, 2016. Global Biodiversity Information Facility. Available at: www.gbif.org [Accessed June 20, 2016].
- Golikov, A.N. et al., 1990. Theoretical approaches to marine biogeography. *Marine Ecology Progress Series*, 63, pp.289–301.
- Goloboff, P.A., 1999. NONA. Available at: <http://www.cladistics.com>.
- Gosling, E., 2004. Bivalve Molluscs. *Biology, Ecology and Culture*, p.455.
- Guentzel, J.L. et al., 2011. *The alvarado lagoon - environment, impact, and conservation*.
- Harold, A.S. & Mooi, R.D., 1994. Areas of Endemism: Definition and Recognition Criteria. *Systematic Biology*, 43(2), pp.261–266.
- Hausdorf, B., 2002a. Phylogeny and biogeography of the Vitrinidae (Gastropoda: Stylomatophora). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 134(3), pp.347–358.

- Hausdorf, B., 2002b. Units in Biogeography. *Systematic Biology*, 51(4), pp.648–652.
- INEGI, 2016. Hidrología. Available at: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccat/hidrologia/> [Accessed August 20, 2016].
- Linse, K. et al., 2006. Biodiversity and biogeography of Antarctic and sub-Antarctic mollusca. *Deep-Sea Research*, 53(2), pp.985–1008.
- Luna-Vega, I. et al., 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions*, 6, pp.137–143.
- Maeda-Martínez, A.N., 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. In A. Lovatelli & I. Uriarte, eds. *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO*. Puerto Montt, Chile: FAO Actas de Pesca y Acuicultura, pp. 91–100.
- Martínez-Melo, A. et al., 2014. Taxonomía y biogeografía ecológica de los equinoideos irregulares (Echinoidea: Irregularia) de México. *Revista de Biología Tropical*, 63(Suppl. 2), pp.59–75.
- Mast, A.R. & Nyffeler, R., 2003. Using a Null Model to Recognize Significant Co-Occurrence Prior to Identifying Candidate Areas of Endemism. *Systematic Biology*, 52(2), pp.271–280. Available at: <http://sysbio.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1080/10635150390192799> [Accessed September 13, 2016].
- Moretzsohn, F., Sánchez Chávez, J.A. & Tunnell Editors, J.W., 2002. GulfBase: Resource Database for Gulf of Mexico Research. , 2014(31 October). Available at: <http://www.gulfbase.org>.
- Morrone, J.J., 2014a. Cladistic biogeography of the Neotropical region: identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. *Cladistics*, 30(2), pp.202–214.
- Morrone, J.J., 2010. Fundamental biogeographic patterns across the Mexican transition zone: An evolutionary approach. *Ecography*, 33(2), pp.355–361.
- Morrone, J.J., 2000. La importancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad. In F. Martín-Piera, J. J. Morrone, & A. Melic, eds. *Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000*. México: Monografías Tercer Milenio.
- Morrone, J.J., 2004. La zona de transición sudamericana: caracterización y relevancia evolutiva. *Acta Entomológica chilena*, 28(1), pp.41–50.
- Morrone, J.J., 2014b. On biotas and their names. *Systematic Biology*, 12(4), pp.386–392.
- Morrone, J.J., 1994. On the Identification of Areas of Endemism. *Syst. Biol.*, 43(3), pp.438–441.
- Morrone, J.J., 2014c. Parsimony analysis of endemism (PAE) revisited M. Ebach, ed. *Journal of Biogeography*, (2013), p.n/a-n/a. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/jbi.12251> [Accessed January 28, 2014].
- Morrone, J.J. & Márquez, J., 2008. Biodiversity of Mexican terrestrial arthropods (Arachnida and Hexapoda): a biogeographical puzzle. *Acta zoológica mexicana*, 24(1), pp.15–41.
- Morrone, J.J. & Márquez, J., 2001. Halffter's Mexican Transition Zone, beetle generalized tracks, and geographical homology. *Journal of Biogeography*, 28(5), pp.635–650. Available at:

<http://www.jstor.org/stable/827516>.

- Morrone, J.J. & Ruggiero, A., 2000. Cómo planificar un análisis biogeográfico. *Dugesiana*, 7(2), pp.1–8.
- Murguía, M. & Villaseñor, J.L., 2003. Estimating the effect of the similarity coefficient and the cluster algorithm on biogeographic classifications. *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*, 40, pp.415–421.
- Nelson, G. & Platnick, N.I., 1981. *Systematics and Biogeography*, New York: Columbia University Press.
- Newell, R.I.E., 2004. Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish Research*, 23(1), pp.51–62.
- Nixon, K.C., 2002. WinClada.
- NOAA, 2015. Personal communication from the National Marine Fisheries Service, Fisheries Statistics Division. , 2015(3 de Septiembre). Available at: http://www.st.nmfs.noaa.gov/pls/webpls/FT_HELP.SPECIES.
- Noguera-Urbano, E.A., 2016. Areas of endemism: travelling through space and the unexplored dimension. *Systematics and Biodiversity*, 14(2), pp.131–139. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14772000.2015.1135196>.
- Núñez Resendiz, M.L. et al., 2016. Phylogeography of *Hydropuntia cornea*/H. *usneoides* complex (Gracilariales, Rhodophyta) in the Yucatan Peninsula. *Phycologia*.
- Núñez-Resendiz, M.L. et al., 2016. Phylogeography of *Hydropuntia cornea*/H. *usneoides* complex (Gracilariales, Rhodophyta) in the Yucatan Peninsula. *Phycologia*, 55(6), pp.522–531.
- OBIS, 2016. Global biodiversity indices from the Ocean Biogeographic Information System. *Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*. Available at: <http://www.iobis.org> [Accessed June 20, 2016].
- Oey, L.Y., Ezer, T. & Lee, H.C., 2005. Loop Current, Rings and Related Circulation in the Gulf of Mexico: A Review of Numerical Models and Future Challenges. In *Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and Models*. pp. 31–56.
- Okolodkov, Y.B., 2010. *Biogeografía Marina* U. A. de Campeche, ed., Universidad Autónoma de Campeche.
- Padilla y Sanchez, R.J., 2007. Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, LIX(1), pp.19–42.
- Page, H.M. & Hubbard, D.M., 1987. Temporal and spatial patterns of growth in mussels *Mytilus edulis* on an offshore platform: relationships to water temperature and food availability. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 111(2), pp.159–179.
- Pindell, J.L. & Kennan, L., 2009. Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. *The Origin and Evolution of the Caribbean Plate*, 328(1), pp.1–55. Available at: <http://sp.lyellcollection.org/cgi/content/abstract/328/1/1>.

- Pipe, R.K. & Coles, J.A., 1995. Environmental contaminants influencing immunefunction in marine bivalve molluscs. *Fish and Shellfish Immunology*, 5(8), pp.581–595.
- Porzecansky, A.L. & Cracraft, J., 2005. Cladistic analysis of distributions and endemism (CADE): using raw distributions of birds to unravel the biogeography of the South American aridlands. *Journal of Biogeography*, 32, pp.261–275.
- Posadas, P. & Miranda-Esquivel, D.R., 1999. El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72, pp.539–546.
- QGIS Development Team, 2016. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Available at: <http://www.qgis.org/>.
- Reuscher, M.G. & Shirley, T.C., 2014. Diversity, distribution, and zoogeography of benthic polychaetes in the Gulf of Mexico. *Marine Biodiversity*, 44(4), pp.519–532. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s12526-014-0222-7>.
- Ron, S.R., 2000. Biogeographic area relationships of lowland Neotropical rainforest based on raw distributions of vertebrate groups. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71, pp.379–402.
- Ruiz Carrasco, V.H., 2014. *Características de los temblores y de la transmisión sísmica en el Golfo de México*. Thesis. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Salas-de-León, D.A. et al., 2004. Anticyclonic-cyclonic eddies and their impact on near-surface chlorophyll stocks and oxygen supersaturation over the Campeche Canyon, Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research C: Oceans*, 109(5).
- Santschi, P.H., 1995. Seasonality in nutrient concentrations in Galveston Bay. *Marine Environmental Research*, 40(4), pp.337–362.
- Sarukhán et al., J., 2009. Capital natural de México. *Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*.
- Seed, R. & Suchanek H., T., 1992. *Population and community ecology of Mytilus*,
- Shurova, N.M., 2001. Influence of Salinity on the Structure and the State of Bivalve *Mytilus galloprovincialis* Populations. *Journal of Marine Biology*, 27(3), p.2001.
- Spalding, M.D. et al., 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience*, 57(7), p.573. Available at: <http://www.jstor.org/stable/4501882>.
- Stern, R.J. & Dickinson, W.R., 2010. The Gulf of Mexico is a Jurassic backarc basin. *Geosphere*, 6(6), pp.739–754.
- Sturges, W. et al., 2000. Frequency of Ring Separations from the Loop Current in the Gulf of Mexico: A Revised Estimate. *Journal of Physical Oceanography*, 30(7), pp.1814–1819. Available at: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0485%282000%29030%3C1814%3AFORSFT%3E2.0.CO%3B2> [Accessed September 13, 2016].
- Suarez-Morales, E. et al., 2004. Historical biogeography and distribution of the freshwater cyclopine copepods (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopinae) of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Biogeography*, 31(7), pp.1051–1063. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2699.2004.01053.x> [Accessed September 13, 2016].

- Szumik, C. a et al., 2002. An Optimality Criterion to Determine Areas of Endemism. *Systematic Biology*, 51(5), pp.806–816. Available at: <http://sysbio.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1080/10635150290102483>.
- Troost, K. et al., 2009. Feeding current characteristics of three morphologically different bivalve suspension feeders, *Crassostrea gigas*, *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule*, in relation to food competition. *Marine Biology*, 156, pp.335–372.
- Tunnell, J.W., Felder, D.L. & Earle, S.A., 2011. Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota: Volume 1, Biodiversity J. W. Tunnell, ed. *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota*, 1.
- Turner, R.E. et al., 2002. Nitrogen loading into an urban estuary: Lake Pontchartrain (Louisiana, U.S.A.). *Hydrobiologia*, 487, pp.137–152.
- Vázquez-Domínguez, E. & Arita, H.T., 2010. The Yucatan peninsula: biogeographical history 65 million years in the making. *Ecography*, p.no-no. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0587.2009.06293.x> [Accessed September 13, 2016].
- Vázquez-Miranda, H., Navarro-Sigüenza, A.G. & Morrone, J.J., 2007. Biogeographical patterns of the avifaunas of the Caribbean Basin Islands: a parsimony perspective. *Cladistics*, 23, pp.180–200.
- de Velasco, G.G. & Winant, C.D., 1996. Seasonal patterns of wind stress and wind stress curl over the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 101(C8), p.18127.
- Vilchis Alfaro, M.I., 2015. *Biogeografía de las Grandes Macroalgas en el Golfo de México y Caribe Mexicano*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Villareal H., M. et al., 2004. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. In *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humbolt. pp. 188–225.
- Wildish, D.J. & Kristmanson, D.D., 1985. Control of suspension feeding bivalve production by current speed. *Helgolander Meeresunters*, 39, pp.237–243.
- Wilhelm, O. & Ewin, M., 1972. Geology and History of the Gulf of Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 83(3), pp.575–600.
- Wilkinson, T. et al., 2009. *Ecorregiones marinas de América del Norte*, Montreal.
- WoRMS, E.B., 2016. World Register of Marine Species. , (Accessed 2015-08-31). Available at: <http://http://www.marinespecies.org> at VLIZ.
- Wright, D.A. et al., 1983. Temperature tolerance of embryos and larvae of five bivalve species under simulated power plant entrainment conditions: a synthesis. *Marine Biology*, 77, pp.271–278.