

Similitud de la ficoflora marina en zonas del Atlántico Occidental Tropical y Subtropical

Similarity of the marine phycoflora in zones of the Tropical and Subtropical Western Atlantic

Ana M. Suárez * | Beatriz Martínez-Daranas 

- Recibido: 22/ago/2018
- Aceptado: 26/ago/2019
- Publicado en línea: 4/sep/2019

Citación: Suárez AM, Martínez-Daranas B. 2020. Similitud de la ficoflora marina en zonas del Atlántico Occidental Tropical y Subtropical. *Caldasia* 42(1):85-95. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.73372>.

ABSTRACT

Macroalgae are an important component of marine biodiversity for its role in coastal-marine ecosystems as primary producers, competitors for resources, and bioindicators of environmental problems. Knowing native taxa allows watching on foreigner and invasive species. This work arises from the need of updating the similarities of marine macroalgae of the Tropical and Subtropical Western Atlantic, due to the advances in the knowledge of new taxa in the last years. For this analysis, the Tropical and Subtropical Western Atlantic was subdivided into 17 zones. A total of 1615 infrageneric taxa were inventoried so far, of which 368 belong to the phylum Chlorophyta, 1050 to Rhodophyta, and 197 to the class Phaeophyceae of the phylum Ochrophyta. From them, only 65 were found in all zones, while 516 were registered in only one. Multivariate analyses with all the species indicate the separation of North Carolina + South Carolina + Georgia zone from the rest; rhodophyceans present the lower similarity among zones, being Bermuda, Northern Gulf of Mexico, Bahamas, and Brazil more separated individually, while Jamaica, Hispaniola, and Dutch Antilles + Trinidad-Tobago from a distanced group. The region has a high similarity in the composition of macroalgae, mainly from a central core that includes the whole Caribbean, the south of the Gulf of Mexico and Florida.

Keywords. Biogeography, Chlorophyta, macroalgae, Ochrophyta, Phycology, Rhodophyta

Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Cuba. amisa@cim.uh.cu*, beatriz@cim.uh.cu
* Autor para correspondencia



RESUMEN

Las macroalgas constituyen un componente muy importante de la biodiversidad marina por su papel en los ecosistemas marino-costeros como productores primarios, competidores por recursos y bioindicadores de problemas ambientales. El conocimiento de los taxones autóctonos permite vigilar la entrada de especies exóticas e invasoras. Este trabajo surge de la necesidad de actualizar las similitudes de la ficoflora marina, del Atlántico Occidental Tropical y Subtropical, ante los avances del conocimiento de nuevos taxones en los últimos años. Para analizar las diferencias en el área, el Atlántico Occidental Tropical y Subtropical se subdividió en 17 zonas. Hasta el momento, se inventariaron 1615 taxones infragénicos, de los cuales, 368 pertenecen al phylum Chlorophyta, 1050 a Rhodophyta y 197 a la clase Phaeophyceae del phylum Ochrophyta. De ellos, solo 65 se encontraron en las 17 zonas, mientras que 516 fueron registradas en una sola. Los análisis multivariados realizados con todas las especies separan la zona compuesta por Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia de las demás; las rodofíceas presentan el menor grado de similitud entre las zonas, de modo que quedan más alejadas Bermudas, el Norte del Golfo, Bahamas y Brasil de forma individual, mientras que Jamaica, la Española y Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago forman un grupo separado. La región presenta en general una alta similitud en la composición de macroalgas, fundamentalmente en un núcleo central que incluye todo el Caribe, el sur del golfo de México y la Florida.

Palabras clave. Biogeografía, Chlorophyta, ficología, macroalgas, Ochrophyta, Rhodophyta

INTRODUCCIÓN

En un análisis fitogeográfico anterior basado en la distribución de las macroalgas marinas, se constató que Cuba pertenece a la región Antillana, que incluye a Bahamas y llega hasta Bermudas (zona de transición) (Suárez 1989). Como resultado del mismo se llegó a la conclusión de que en el caso de macroalgas marinas no se puede hablar de endemismo por países, pues la distribución de las especies es a nivel regional, del Caribe y golfo de México; así mismo los análisis de similitud determinaron tres grandes zonas: 1- Continental Norte, desde Carolina del Norte hasta Yucatán con una zona transicional de Carolina del Norte a Jacksonville; 2- el archipiélago de las Antillas, que incluye Islas Vírgenes, Bahamas y Bermudas, que llega hasta una segunda zona transicional en Bermudas; 3- Continental Sur, desde Yucatán a Recife, Brasil, con una zona transicional en las islas del Caribe sur (Antillas Holandesas y Trinidad-Tobago) y la zona del delta del Orinoco (Fig. 1) (Suárez 1989).

Veinte años después de la regionalización fitogeográfica de Suárez (1989) se realizó un nuevo análisis sobre el estado

del conocimiento de la distribución de las macroalgas en la América Latina y el Caribe, incluyendo el Pacífico hasta México y la zona templada del Atlántico Sur (citado en Suárez *et al.* 2015), de donde se obtuvieron nuevos resultados para Cuba, el Caribe Occidental y el Golfo de México. En ese momento ya se habían publicado nuevas listas y libros, tanto generales (Littler y Littler 2000, Wynne 2005) como de zonas particulares del Atlántico de México (Ortega *et al.* 2001, Garduño-S *et al.* 2005, González-Gándara *et al.* 2007), Colombia (Díaz-Pulido y Díaz-Ruíz 2003) y Cuba (Suárez 2005). En esa ocasión, el resultado principal fue una similitud mayor del 70 % entre Cuba, el Caribe Occidental (México caribeño, Centroamérica y Colombia) y el suroeste del Golfo de México; la similitud con Florida fue baja y el norte del Golfo de México se separaba sustancialmente. La ficoflora del Pacífico (Ecuador, Centroamérica y México) y de Suramérica (Uruguay, Argentina, Chile, Perú y el Pacífico colombiano) formaron dos grupos separados con similitudes muy bajas, de alrededor del 20 %, con el Atlántico Occidental Tropical y Subtropical (Suárez *et al.* 2015). Estos grupos coincidían en parte con los dominios (realms), provincias (provinces) y ecorregiones (ecoregions) definidas por Spalding *et al.*

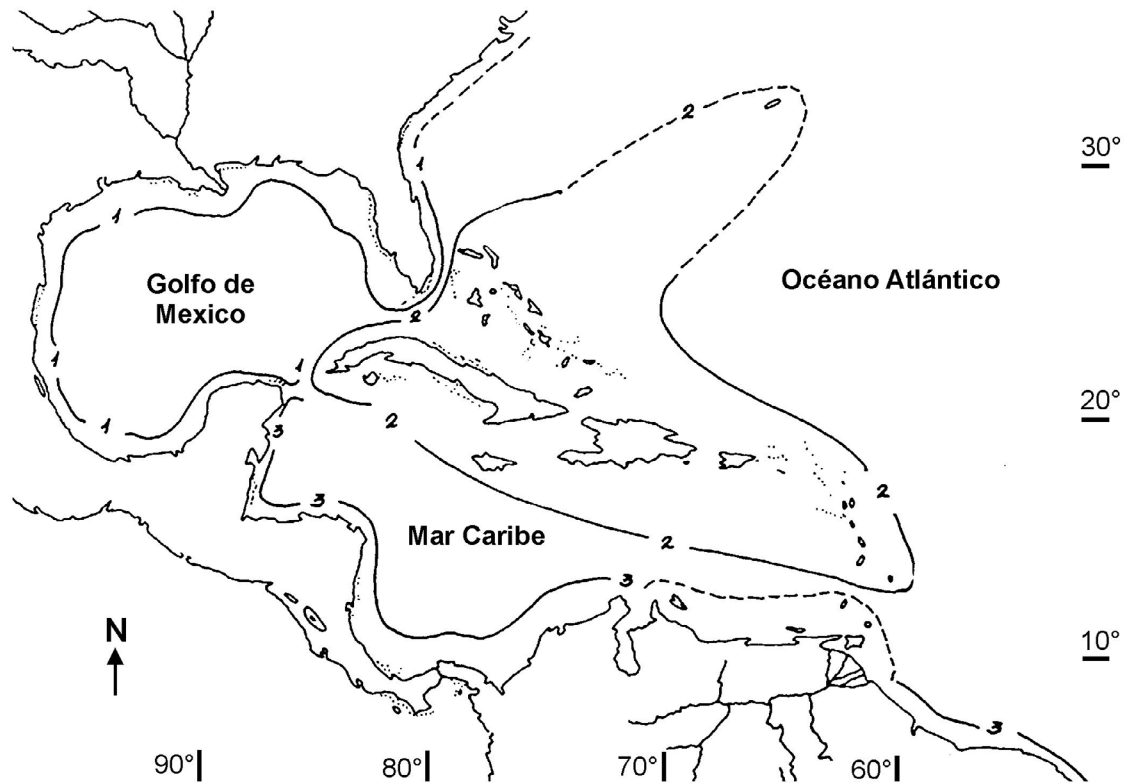


Figura 1. Regionalización fitogeográfica del Mediterráneo Americano según Suárez (1989). 1- Continental Norte, desde Carolina del Norte hasta Yucatán; 2- el archipiélago de las Antillas, que llega hasta Bermudas; 3- Continental Sur, desde Yucatán a Recife, Brasil. Las líneas punteadas señalan zonas de transición en la distribución de especies.

(2007). Estos autores consideran como una provincia al Atlántico Tropical Noroccidental con varias ecorregiones, y separan el norte del Golfo de México y las Carolinas, incluyendo el norte de la Florida, como una provincia cálidotemplada. Hacia el sur, el Atlántico Tropical Noroccidental llega hasta la desembocadura del Orinoco, seguida por la provincia del Norte de Brasil, que incluye la Guayana y la Amazonia. El resto del Brasil forma parte de la provincia del Atlántico Tropical Suroccidental.

En los últimos años se han publicado nuevas listas del Atlántico Occidental Tropical y Subtropical (Wynne 2011, 2017), estudios de grupos taxonómicos (Won *et al.* 2009, Mamoozadeh y Freshwater 2011) y regionales, fundamentalmente de Cuba (Suárez *et al.* 2015), México (Cetz-Navarro *et al.* 2008, Mendoza-Gonzalez *et al.* 2009, Mateo-Cid *et al.* 2012), América Central (Bernecker 2009, Bernecker y Wehrmann 2009), Colombia (Albis-Salas y Gavio 2011, Ortiz y Gavio 2012), Florida (Dawes y Mathieson 2008, Littler *et al.* 2008), golfo de México (Fredericq *et al.* 2009) y Venezuela (Web Ficoflora Venezuela 2016). Por ello, se trazó como objetivo hacer un nuevo análisis de las zonas

fitogeográficas que habían sido analizadas anteriormente (Suárez 1989, Suárez *et al.* 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para comparar la flora de macroalgas marinas entre zonas del Atlántico Occidental Tropical y Subtropical, se dividió la región en 17 zonas: Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia (CAG), Bermuda (BER), Bahamas + Turks y Caicos (BH), Florida (FLA), costa norte del golfo de México (NG), costa mexicana del golfo de México (MG), costa mexicana del Caribe (MC), Centroamérica (CA), Colombia (CO), Venezuela y Guayanas (VEN), Cuba (CU), Española (ES), Puerto Rico (PR), Jamaica + Islas Caimán (JA), Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago (AHTT), Antillas Menores + Islas Vírgenes (AMV) y Brasil (BRA). Estas zonas fueron seleccionadas teniendo en cuenta las ecorregiones propuestas por Spalding *et al.* (2007), de modo general, aunque en ocasiones se unen varias de ellas debido a que muchas de las listas se refieren a un país, sin especificar la zona estudiada.

Los datos de presencia de taxones infragenéricos en las diferentes zonas del AOTS se obtuvieron de la literatura científica y bases de datos, en especial la monografía de Taylor (1960) y las listas de Wynne (1986, 1998, 2005, 2011, 2017), así como la base de datos en línea Algaebase (Guiry y Guiry 2018); los artículos más recientes, después del 2008 a los que se ha hecho referencia aparecen en las listas de Wynne y en Algaebase (Bernecker 2009, Bernecker y Wehrmann 2009, Fredericq *et al.* 2009, Mendoza-Gonzalez *et al.* 2009, Won *et al.* 2009, Albis-Salas y Gavio 2011, Mamoozadeh y Freshwater 2011, Mateo-Cid *et al.* 2012, Ortiz y Gavio 2012, Suárez *et al.* 2015, Web Ficoflora Venezuela 2016). Los nombres específicos aceptados en la actualidad fueron actualizados según Algaebase. Se excluyeron 35 nombres de especies cuyas localidades no fue posible precisar. Los registros se ordenaron en una hoja de cálculo en Microsoft Office Excel 2010 por phylum y por zonas.

Para conocer las semejanzas entre las zonas se hizo una matriz de similitud con el índice binario de Sørensen (Sørensen 1948). Con esta matriz se realizó un análisis de agrupamiento (CLUSTER) con el método de ligamiento por promedio de grupos (UPGMA) y se aplicó la prueba de significación SIMPROF. Esta prueba busca evidencia estadísticamente significativa de la similitud entre muestras y grupos (Clarke y Gorley 2006). También se realizó un escalado multidimensional no métrico (MDS). Estos cálculos se hicieron para el total de especies de macroalgas, así como para cada phylum, con el programa Primer 6.1.6 (Primer-E, Ltd.) (Clarke y Warwick 2001).

RESULTADOS

Se obtuvo una lista con 1615 taxones infragenéricos (Anexo 1 en material suplementario). De ellos, 368 pertenecen al phylum Chlorophyta, 1050 a Rhodophyta y 197 a la clase Phaeophyceae del phylum Ochrophyta; solo 65 se encontraron en todas las zonas (Tabla 1), 136 en al menos el 94 % de estas (16 y 17 zonas), mientras que 516 fueron registradas en una sola.

El mayor número de taxones se encontró en Brasil (890) y representa más del doble de las zonas menos ricas (registrados en Jamaica + Islas Caimán, la Española y Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago) (Tabla 2). En todos los casos, el phylum Rhodophyta fue más rico en taxones y

Tabla 1. Lista de taxones infragenéricos de macroalgas comunes para las 17 zonas en que se dividió el Atlántico Occidental Tropical y Subtropical.

Chlorophyta

Avrainvillea longicaulis (Kützinger) Murray & Boodle

Bryopsis pennata J.V. Lamouroux

Caulerpa chemnitzia (Esper) J.V. Lamouroux

Caulerpa mexicana Sonder ex Kützinger

Caulerpa prolifera (Forsskål) J.V. Lamouroux

Caulerpa racemosa (Forsskål) J. Agardh

Chaetomorpha brachygona Harvey

Chaetomorpha linum (Müller) Kützinger

Cladophora prolifera (Roth) Kützinger

Cladophora vagabunda (Linnaeus) Hoek

Cladophoropsis membranacea (C. Agardh) Børgesen

Codium isthmocladum Vickers

Codium taylorii Silva

Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey

Udotea cyathiformis Decaisne

Udotea flabellum (Ellis & Solander) M. Howe

Ulva clathrata (Roth) C. Agardh

Ulva flexuosa Wulfen

Ulva flexuosa subsp. *paradoxa* (C. Agardh) M.J. Wynne

Ulva lactuca Linnaeus

Ulva rigida C. Agardh

Willeella brachyclados (Montagne) M.J. Wynne

Ochrophyta

Clase Phaeophyceae

Canistrocarpus cervicornis (Kützinger) De Paula & De Clerck

Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbes & Solier

Dictyopteris delicatula J.V. Lamouroux

Dictyota ciliolata Kützinger

Dictyota pulchella Hörnig & Schnetter

Lobophora variegata (J.V. Lamouroux) Womersley ex Oliveira

Padina gymnospora (Kützinger) Sonder

Sargassum filipendula C. Agardh

Sargassum vulgare C. Agardh

Spatoglossum schroederi (C. Agardh) Kützinger

Sphacelaria tribuloides Meneghini

Rhodophyta

| |
|--|
| <i>Acanthophora spicifera</i> (Vahl) Børgesen |
| <i>Agardhiella subulata</i> (C. Agardh) Kraft & Wynne |
| <i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux |
| <i>Anotrichium tenue</i> (C. Agardh) Nägeli |
| <i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan |
| <i>Ceramium cimbricum</i> Petersen |
| <i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh |
| <i>Dasya pedicellata</i> (C. Agardh) C. Agardh |
| <i>Dasya rigidula</i> (Kützinger) Ardissonne |
| <i>Dichotomaria obtusata</i> (J. Ellis & Solander) Lamarck |
| <i>Gayliella transversalis</i> (Collins & Hervey) T.O. Cho & Fredericq |
| <i>Gracilaria cornea</i> J. Agardh |
| <i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh) Ambronn |
| <i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V. Lamouroux) Penrose & Y.M. Chamberlain |
| <i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux |
| <i>Hypoglossum tenuifolium</i> (Harvey) J. Agardh |
| <i>Jania adhaerens</i> J.V. Lamouroux |
| <i>Jania capillacea</i> Harvey |
| <i>Jania cubensis</i> Montagne ex Kützinger |
| <i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux |
| <i>Melanothamnus ferulaceus</i> (Surh ex J. Agardh) Díaz-Tapia & Maggs |
| <i>Palisada corallopsis</i> (Montagne) Nam |
| <i>Pneophyllum fragile</i> Kützinger |
| <i>Polysiphonia atlantica</i> Kapraun & Norris |
| <i>Polysiphonia havanensis</i> Montagne |
| <i>Polysiphonia howeii</i> Hollenberg |
| <i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey |
| <i>Spyridia hypnoides</i> (Bory) Papenfuss |
| <i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) Drew |
| <i>Taenioma nanum</i> (Kützinger) Papenfuss |
| <i>Wurdemannia miniata</i> (Sprengel) Feldman & Hamel |
| <i>Yuzurua poiteaui</i> var. <i>gemmifera</i> (Harvey) M.J. Wynne |

Ochrophyta, menos. La similitud entre las zonas estudiadas varió entre 36,1 y 76 % (Tabla 3).

La prueba de significación SIMPROF del análisis de agrupamiento CLUSTER con todos los taxones mostró que no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) entre Cuba

y las costas de México cercanas al golfo homónimo y al Caribe, así como entre la Española y Jamaica. Las demás zonas presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) (Fig. 2a). Cuando se realiza este análisis con el phylum Chlorophyta solamente, se aprecia semejanza de la fitoflora entre Florida y México Golfo, Cuba y México Caribe, Colombia y Centroamérica, Puerto Rico y Jamaica, así como entre Venezuela, el Norte del Golfo de México y Bermudas ($P > 0,05$) (Fig. 2b). En el análisis realizado con el phylum Ochrophyta, las mayores similitudes están entre Venezuela y Colombia, Cuba, Centroamérica y Puerto Rico, México Golfo y México Caribe, Antillas Holandesas + Trinidad Tobago y Jamaica, así como entre Florida y el Norte del Golfo ($P > 0,05$) (Fig. 2c). En el phylum Rhodophyta, fueron similares Florida y Cuba, México Golfo y México Caribe, Colombia y Venezuela, así como la Española y Jamaica ($P > 0,05$) (Fig. 2d). En los cuatro análisis de agrupamiento, Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia es la zona que tiene menor similitud con el resto.

El escalado multidimensional no métrico corroboró la separación de Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia de las demás zonas con todas las especies (Fig. 3a) y por Phylum (Fig. 3b-d). La similitud de las Chlorophyta (Fig. 3b) y las Ochrophyta (Fig. 3c) en las restantes zonas es mayor, con excepción de Brasil con menos del 60 % de similitud. Las Rhodophyta presentan menor grado de similitud entre las zonas, quedando más alejadas Bermudas, el Norte del golfo, Bahamas y Brasil de forma individual, mientras que Jamaica, la Española y Antillas Holandesas + Trinidad Tobago forman un solo grupo que se separa del resto (Fig. 3d).

DISCUSIÓN

La acusada diferencia en el número de especies entre las zonas puede deberse a la variedad de ambientes en las zonas de mayor extensión, como las Antillas Mayores y las zonas continentales. Pero también pudiera indicar que no todos los inventarios tuvieron el mismo esfuerzo de muestreo, como los casos de Jamaica, la Española y Antillas Holandesas + Trinidad Tobago, donde pudiera esperarse un mayor número de especies, fundamentalmente de Rhodophyta. Esto pudiera incidir en la alta semejanza entre estas zonas (Fig. 4) por la cantidad de ausencias comunes en la matriz de datos (Anexo 1 en material suplementario).

Tabla 2. Cantidad de taxones infragenéricos por phylum y total encontrados en las zonas en que se dividió el Atlántico occidental tropical y subtropical.

| Phylum | CAG | BER | BH | FLA | NG | MG | MC | CA | CO | VEN | CU | ES | PR | JA | AHTT | AMV | BRA |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| Chlorophyta | 75 | 151 | 163 | 223 | 125 | 192 | 210 | 166 | 159 | 155 | 206 | 116 | 155 | 131 | 100 | 211 | 201 |
| Ochrophyta | 61 | 74 | 50 | 103 | 61 | 85 | 74 | 60 | 69 | 78 | 75 | 46 | 63 | 46 | 52 | 92 | 113 |
| Rhodophyta | 269 | 309 | 224 | 417 | 271 | 368 | 357 | 303 | 341 | 356 | 314 | 200 | 349 | 182 | 224 | 449 | 576 |
| Total | 405 | 534 | 437 | 743 | 457 | 645 | 641 | 529 | 569 | 589 | 595 | 362 | 567 | 359 | 376 | 752 | 890 |

CAG: Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia; BER: Bermuda; BH: Bahamas + Turks & Caicos; FLA: Florida; NG: costa norte del golfo de México; MG: costa mexicana del golfo de México; MC: costa mexicana del Caribe; CA: Centroamérica; CO: Colombia; VEN: Venezuela + Guayanas; CU: Cuba; ES: Española; PR: Puerto Rico; JA: Jamaica + Islas Caimán; AHTT: Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago; AMV: Antillas Menores + Islas Vírgenes; BRA: Brasil. Holandesas + Trinidad-Tobago; AMV: Antillas Menores + Islas Vírgenes; BRA: Brasil.

Los índices de similitud se emplean para identificar bio-regiones y patrones de beta biodiversidad y se basan en los números de especies compartidas entre las localidades, pero no tienen en cuenta la proximidad espacial o ambiental. Esto puede deberse a muestreo insuficiente, a que sean especies con distribuciones limitadas, difíciles de observar, o difíciles de identificar, lo que conllevaría a falsas ausencias (Barbosa 2015). Por ello, se eligió el índice de Sørensen o Dice, que duplica la importancia de los atributos compartidos por lo que es útil para lograr

comparaciones más efectivas entre colecciones ricas y pobres en condiciones de gran heterogeneidad de la matriz de datos cualitativos (Herrera 2000).

Otro problema es la correcta determinación de las especies. Los métodos de filogenia molecular están dando lugar a nuevas especies y combinaciones en muchos taxones. Como ejemplos tenemos el complejo *Laurencia* (i.e. Machín-S *et al.* 2014, Senties *et al.* 2015, Fujii *et al.* 2016), la especie conocida como *Lobophora variegata* (J.V. La-

Tabla 3. Similitud (%) según el índice de Sørensen entre las zonas en que se dividió el Atlántico Occidental tropical y Subtropical.

| | CAG | FLA | NG | MG | MC | CA | CO | VEN | AHTT | BRA | AMV | BH | PR | ES | JA | BER |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| FLA | 55,6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| NG | 55,9 | 67,3 | | | | | | | | | | | | | | |
| MG | 49,1 | 72,8 | 65,2 | | | | | | | | | | | | | |
| MC | 46,1 | 70,4 | 60,8 | 76,0 | | | | | | | | | | | | |
| CA | 41,5 | 65,6 | 56,0 | 66,8 | 70,1 | | | | | | | | | | | |
| CO | 47,0 | 68,3 | 58,1 | 70,0 | 69,3 | 70,1 | | | | | | | | | | |
| VEN | 45,1 | 64,0 | 59,3 | 65,6 | 66,2 | 64,9 | 69,8 | | | | | | | | | |
| AHTT | 43,5 | 55,9 | 57,4 | 57,0 | 56,8 | 63,4 | 61,6 | 63,8 | | | | | | | | |
| BRA | 42,9 | 60,4 | 49,1 | 61,1 | 60,7 | 55,5 | 58,0 | 61,7 | 49,0 | | | | | | | |
| AMV | 42,4 | 68,9 | 58,2 | 69,1 | 69,2 | 67,0 | 66,3 | 64,7 | 56,6 | 58,7 | | | | | | |
| BH | 38,7 | 61,9 | 57,3 | 61,4 | 64,2 | 63,8 | 60,6 | 54,4 | 55,1 | 46,1 | 59,9 | | | | | |
| PR | 42,8 | 64,9 | 59,8 | 64,0 | 68,2 | 69,0 | 66,9 | 65,2 | 61,7 | 54,2 | 67,3 | 64,3 | | | | |
| ES | 38,6 | 57,0 | 57,4 | 59,4 | 62,4 | 66,2 | 62,1 | 59,5 | 64,5 | 46,5 | 58,3 | 62,1 | 65,2 | | | |
| JA | 36,1 | 57,0 | 55,4 | 59,4 | 60,8 | 65,8 | 60,3 | 57,4 | 65,3 | 46,8 | 59,0 | 63,8 | 64,6 | 70,7 | | |
| BER | 50,3 | 64,7 | 58,7 | 61,7 | 62,0 | 58,9 | 60,4 | 57,0 | 54,7 | 52,4 | 58,0 | 59,3 | 58,7 | 55,8 | 54,9 | |
| CU | 45,4 | 73,8 | 62,9 | 73,9 | 75,7 | 73,7 | 70,3 | 69,8 | 62,2 | 59,7 | 70,4 | 68,6 | 70,2 | 65,8 | 65,2 | 62,7 |

CAG: Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia; FLA: Florida; NG: costa norte del Golfo de México; MG: costa mexicana del golfo de México; MC: costa mexicana del Caribe; CA: Centroamérica; CO: Colombia; VEN: Venezuela + Guayanas; AHTT: Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago; BRA: Brasil; AMV: Antillas Menores + Islas Vírgenes; BH: Bahamas + Turks & Caicos; PR: Puerto Rico; ES: Española; JA: Jamaica + Islas Caimán; BER: Bermuda; CU: Cuba.

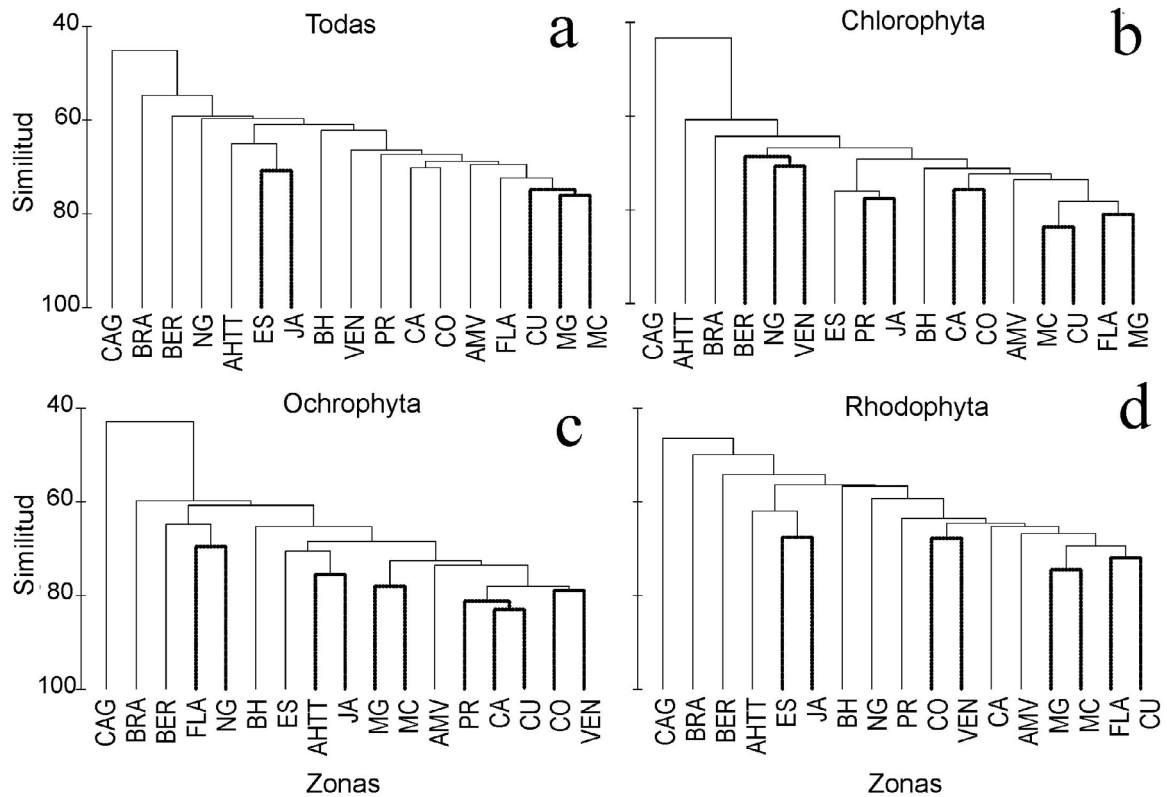


Figura 2. Agrupamiento formado a partir del análisis de conglomerados de las zonas en que se dividió el Atlántico Occidental tropical y Subtropical, con todas las especies de macroalgas y por phylum. Las líneas gruesas muestran aquellas que no presentaron diferencias significativas, según la prueba SIMPROF ($P > 0,05$). CAG: Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia; FLA: Florida; NG: costa norte del golfo de México; MG: costa mexicana del golfo de México; MC: costa mexicana del Caribe; CA: Centroamérica; CO: Colombia; VEN: Venezuela + Guayanas; AHTT: Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago; BRA: Brasil; AMV: Antillas Menores + Islas Vírgenes; BH: Bahamas + Turks & Caicos; PR: Puerto Rico; ES: Española; JA: Jamaica + Islas Caimán; BER: Bermuda; CU: Cuba.

mouroux) que ha dado lugar a varias especies (Schultz *et al.* 2015) y lo mismo sucede con *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux (Nauer *et al.* 2015). Otro caso es el de *Centroceras clavulatum* (C. Agardh) Montagne, cuya distribución está restringida al Océano Pacífico (Won *et al.* 2009) y son otras las especies que se encuentran en el Océano Atlántico (Barros-Barreto *et al.* 2006, Won *et al.* 2009, Ramos-Romero y Suárez 2016). Por estos problemas, sería necesario completar estos estudios que permitan unificar los criterios taxonómicos en la región, lo que disminuiría la cantidad de falsas ausencias.

A pesar de lo descrito anteriormente, se observó una similitud de más del 60 % de toda la zona tropical y la separación de la zona subtropical Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia con menos del 40 % de similitud. Brasil, Bermudas y el Norte del golfo tienen una similitud del 50 % con las demás zonas tropicales (Fig. 4). Esta separación se hace más evidente en las Rhodophyta.

Los resultados del presente trabajo coinciden en general con lo planteado por Spalding *et al.* (2007), al obtener una mayor similitud entre las ecorregiones de la provincia Atlántico Noroccidental Tropical, aunque Bermuda queda un tanto separada del resto (Bahamas, el Mar Caribe, el sur del golfo de México y la Florida). Las dos ecorregiones que integran la provincia Atlántico Occidental Templado Cálido, de acuerdo con estos autores (Golfo de México y las Carolinas) aunque están más próximas según el MDS, poseen una similitud menor del 50 %. Para la costa de las Guayanas-Brasil; estos autores la separan en dos provincias, Plataforma Norte de Brasil y el Atlántico Suroccidental Tropical, pero en el presente trabajo se unieron los inventarios de Brasil, mientras que las Guayanas se unieron a Venezuela. Por otro lado, la ecorregión Virginia es colocada por Spalding *et al.* (2007) en la provincia Atlántico Occidental Templado Frío.

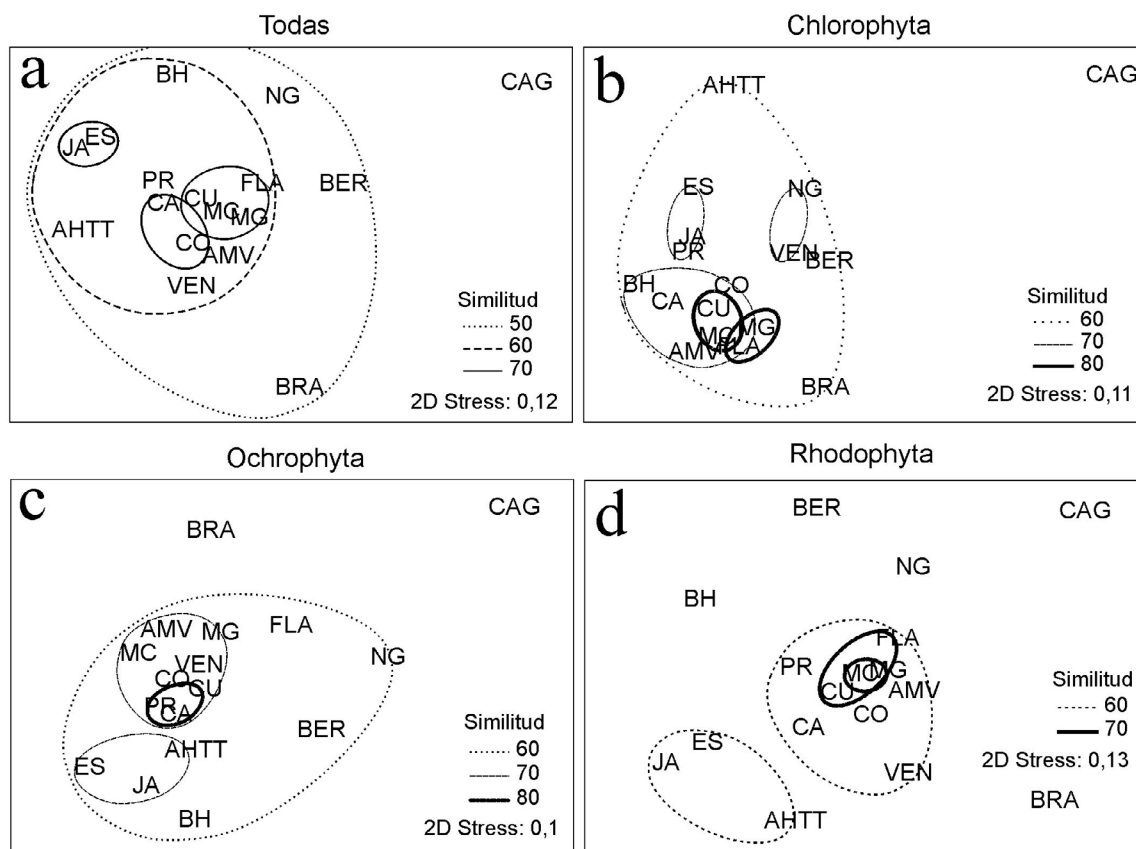


Figura 3. Escalado multidimensional no métrico con las zonas en que se dividió el Atlántico Occidental tropical y Subtropical con todas las especies de macroalgas y por phylum. Las distintas líneas muestran la similitud obtenida con el índice de Sørensen. CAG: Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia; FLA: Florida; NG: costa norte del golfo de México; MG: costa mexicana del golfo de México; MC: costa mexicana del Caribe; CA: Centroamérica; CO: Colombia; VEN: Venezuela + Guayanas; AHTT: Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago; BRA: Brasil; AMV: Antillas Menores + Islas Vírgenes; BH: Bahamas + Turks & Caicos; PR: Puerto Rico; ES: Española; JA: Jamaica + Islas Caimán; BER: Bermuda; CU: Cuba.

No obstante, Cuba que forma parte de la ecorregión denominada Antillas Mayores por estos autores, mostró una similitud de su ficoflora mayor al 70 % con algunas de las ecorregiones de la provincia del Atlántico Tropical Noroccidental, como son la Florida, el Sur del golfo de México, el Caribe Occidental y el Caribe Suroccidental. Esto ha de deberse a la ubicación de Cuba en el centro de la región analizada.

Al comparar los resultados con Suárez (1989) y Suárez *et al.* (2015), se evidencia, de modo general, que a medida que aumentan los inventarios, va cambiando el panorama de similitudes entre las distintas ecorregiones. Esto pudiera deberse al aumento de información sobre las especies de macroalgas en las diferentes zonas, pero también pudiera haber cambios en la ficoflora regional debido a la dispersión de diásporas dentro de una misma provincia fitogeográfica, gracias a la conectividad de las aguas oceánicas o por causas antrópicas como tráfico naval y acuarios.

También pudiera presentarse cambios en la composición ficoflorística de algunas zonas debido a los efectos del cambio climático (Díaz-Pulido *et al.* 2007). El alto número de taxones (516) que aparecen en una sola zona, pudiera deberse en parte a nombres de especies mal aplicados o a la segregación de nuevos taxones que aún no se han encontrado en otras zonas.

De acuerdo con los datos compilados, el Atlántico occidental tropical y subtropical tiene en general una alta similitud en la composición de macroalgas si se toma como límite el 50 % (Fig. 4), ya que este límite sólo excluye Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia, considerada también por Spalding *et al.* (2007) como cálido templada; sin embargo la similitud del 60 % lo forma un núcleo central que incluye todo el Caribe, el sur del golfo de México y la Florida y profundizando en este dato, vemos que también queda fuera Brasil. Según el análisis que había hecho Suárez (1989) las características oceanográficas

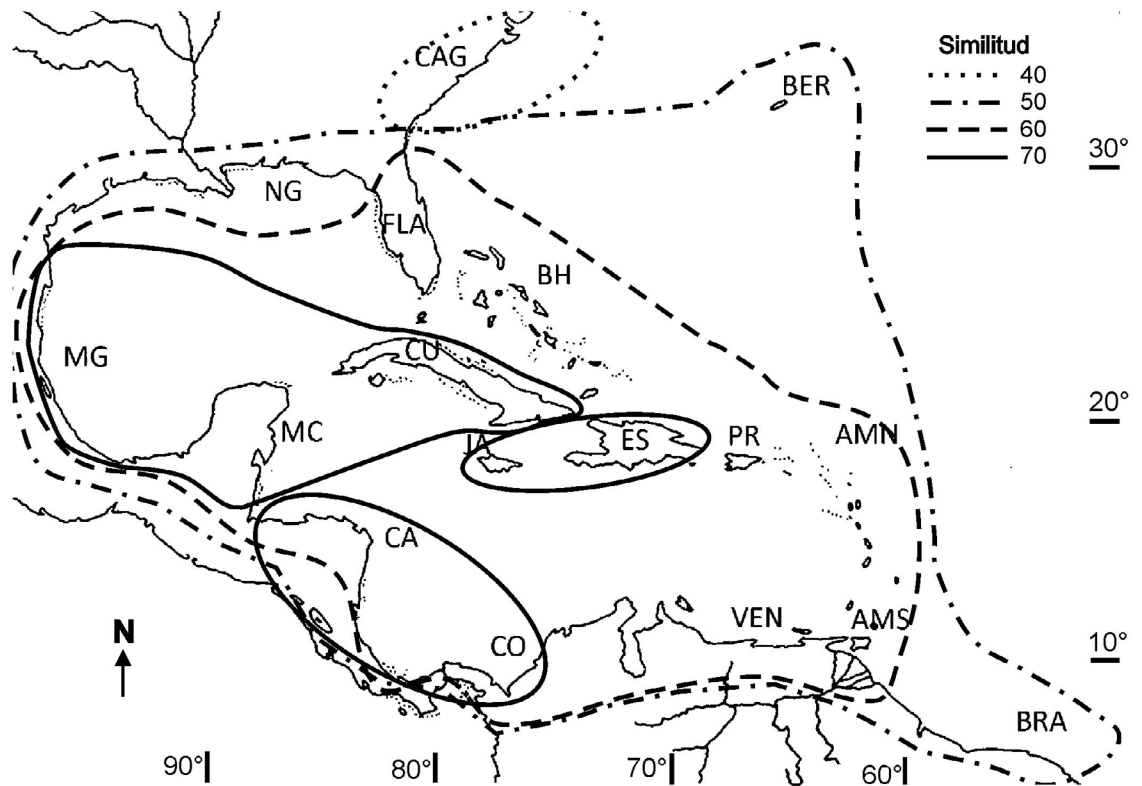


Figura 4. Representación geográfica de la similitud entre las zonas en que se dividió el Atlántico occidental tropical y subtropical con todas las especies de macroalgas marinas. CAG: Carolina del Norte + Carolina del Sur + Georgia; FLA: Florida; NG: costa norte del golfo de México; MG: costa mexicana del golfo de México; MC: costa mexicana del Caribe; CA: Centroamérica; CO: Colombia; VEN: Venezuela + Guayanas; AHTT: Antillas Holandesas + Trinidad-Tobago; BRA: Brasil; AMV: Antillas Menores + Islas Vírgenes; BH: Bahamas + Turks & Caicos; PR: Puerto Rico; ES: Española; JA: Jamaica + Islas Caimán; BER: Bermuda; CU: Cuba.

de la región muestran que la Corriente Ecuatorial en su paso por las Antillas Menores separa a Brasil del núcleo central mencionado y la zona de transición del sur, se debe a la disminución de la salinidad en la desembocadura del Orinoco, que actúa como una barrera a la dispersión; en el caso de las dos zonas de transición posibles en el norte se debe a la temperatura, ya que el paso de la Corriente del Golfo hacia el norte, después de pasar por el estrecho de la Florida, sigue llevando aguas de temperaturas cálidas

y con ellas diásporas del fitobentos que pueden alejarse y llegar con estas aguas hasta Carolina del Norte y Bermudas y seguir hasta la costa atlántica europea, penetrando algunas en el Mediterráneo.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

El anexo 1 se presenta como material suplementario bajo el doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldas.v42n1.81953>.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

AMS concibió el trabajo y su diseño, recopiló los datos y participó en la escritura del documento. BMD realizó los análisis de los datos y participó en la búsqueda de información, en la escritura del documento y en la elaboración de las tablas y figuras.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a Michael J. Wynne por su valiosa y constante colaboración en el esclarecimiento de muchas dudas que nos surgieron durante la compilación de los datos. Asimismo, queremos reconocer a los dos revisores anónimos y el editor quienes contribuyeron al mejoramiento del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Albis-Salas MR, Gavio B. 2011. Notes on marine algae in the International Biosphere Reserve Seaflower, Caribbean Colombian I: New records of macroalgal epiphytes on the seagrass *Thalassia testudinum*. *Bot. Mar.* 54(6):537–543. doi: <https://doi.org/10.1515/BOT.2011.069>
- Barbosa AM. 2015. Fuzzy Sim: applying fuzzy logic to binary similarity indices in ecology. *Methods Ecol. Evol.* 6(7):853–858. doi: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12372>.
- Barros-Barreto MB, McIvor LJ, Maggs CA, Ferreira PCG. 2006. Molecular Systematics of *Ceramium* and *Centroceras* (Ceramiales, Rhodophyta) from Brazil. *J. Phycol.* 42(4):905–921. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2006.00237.x>.
- Bernecker A. 2009. Marine benthic algae. En: Wehrtmann IS, Cortés J, editores. *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America. Monographiae Biologicae 86*. Dordrecht, Netherlands: Springer. p. 109–117.
- Bernecker A, Wehrtmann IS. 2009. New records of benthic marine algae and Cyanobacteria for Costa Rica, and a comparison with other Central American countries. *Helgol. Mar. Res.* 63(3):219–229. doi: <https://doi.org/10.1007/s10152-009-0151-1>.
- Clarke KR, Gorley RN. 2006. *PRIMER v. 6: User Manual/Tutorial*. Plymouth: Primer-E Ltd.
- Clarke KR, Warwick RM. 2001. *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- Cetz-Navarro NP, Espinoza-Avalos J, Senties-Granados A, Quang-Young LI. 2008. Nuevos registros de macroalgas para el Atlántico Mexicano y riqueza florística del Caribe mexicano. *Hidrobiológica*, 18(1):11–19.
- Dawes CJ, Mathieson AC. 2008. *The seaweeds of Florida*. Gainesville: University Press of Florida.
- Díaz-Pulido G, Díaz-Ruiz M. 2003. Diversity of benthic marine algae of the Colombian Atlantic. *Biota Colomb.* 4(2):203–246.
- Díaz-Pulido G, McCook LJ, Larkum AWD, Lotze HK, Raven JA, Schaffelke B, Smith JE, Steneck RS. 2007. Vulnerability of macroalgae of the Great Barrier Reef to climate change. En: Johnson JE, Marshall PA, editores. *Climate Change and the Great Barrier Reef*. Townsville, Australia: Great Barrier Reef Marine Park Authority & Australian Greenhouse Office. p. 153–192.
- Fredericq S, Cho TO, Earle SA, Gurgel CF, Kravesky DM, Mateo-C LE, Mendoza-G AC, Norris JN, Suárez AM. 2009. Seaweeds (Rhodophyta, Chlorophyta, and Phaeophyceae) of the Gulf of Mexico. En: Felder DL, Camp DK, Editores. *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota: Biodiversity*. Texas: University of Corpus Christy. p. 187–209.
- Fujii MT, Senties A, Jover CA, Díaz-L J, Areces A. 2016. Morphological and molecular evidence for *Osmundea coelenterata* comb. nov. (Ceramiales, Rhodophyta) from the tropical Atlantic Ocean. *Hidrobiológica* 26(2):203–211. doi: <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcb/hidro/2016v26n2/Tafoya>.
- Garduño-S G, Godínez-O JL, Ortega MM. 2005. Distribución geográfica y afinidad por el sustrato de las algas verdes (Chlorophyceae) bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 76:61–78.
- González-Gándara C, Cruz-Arellano M, Domínguez-Barradas C, Serrano-Solís A, Basañez-Muñoz AJ. 2007. Macroalgas asociadas a cuatro hábitats del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *UDO Agrícola* 7(1):252–257.
- Guiry MD, Guiry GM. 2018. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. [Revisado en: 19 Ene 2018]. <http://www.algaebase.org>
- Herrera A. 2000. *La clasificación numérica y su aplicación en la Ecología*. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Littler DS, Littler MM. 2000. *Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Washington, D.C.: Offshore Graphics.
- Littler DS, Littler MM, Hanisak MD. 2008. *Submersed Plants of the Indian River Lagoon*. Washington, D. C.: Offshore Graphics.
- Machín-S M, Gall LL, Neto AI, Rousseau F, Cassano V, Senties A, Fujii MT, Díaz-L J, Prud'homme van Reine WF, Bonillo C, Gil-R MC. 2014. A combined barcode and morphological approach to the systematics and biogeography of *Laurencia pyramidalis* and *Laurenciella marilzae* (Rhodophyta). *Eur. J. Phycol.* 49(1):115–127. doi: <https://doi.org/10.1080/09670262.2014.893017>.
- Mamoozadeh NR, Freshwater DW. 2011. Taxonomic notes on Caribbean *Neosiphonia* and *Polysiphonia* (Ceramiales, Floridophyceae): Five species from Florida, USA and Mexico. *Bot. Mar.* 54:269–292. doi: <https://doi.org/10.1515/bot.2011.036>.
- Mateo-Cid LE, Mendoza-González AC, Ávila-Ortiz AG, Díaz-Martínez S, Hernández-C K. 2012. Algas marinas y estuarinas de la costa de Campeche y Yucatán. En: Sánchez AJ, Chiappa-C X, Pérez B, editores. *Recursos acuáticos costeros del Sureste: Tendencias actuales en investigación y estado del arte*. Sisal, Yucatán, México: CONCYTEY, UNACAR, UJAT, ECOSUR. p. 201–223.
- Mendoza-González C, Pedroche FF, Mateo-Cid LE. 2009. The genus *Hydrolython* Foslie (Corallinales, Rhodophyta) along the Atlantic and the Caribbean coasts of Mexico. *Gayana Bot.* 66(2):218–238. doi: <https://doi.org/10.4067/S0717-66432009000200008>.
- Nauer F, Cassano V, Oliveira MC. 2015. Description of *Hypnea pseudomusciformis* sp. nov., a new species based on molecular and morphological analyses, in the context of the *H. musciformis* complex (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 27(6):2405–2417. doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0488-y>.
- Ortega MM, Godínez JL, Garduño-Solorzano G. 2001. *Catálogo de algas bentónicas de las costas mexicanas del Golfo de México y el Mar Caribe*. México, D.F.: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ortiz JF, Gavio B. 2012. Notes on the marine algae of the International Biosphere Reserve Seaflower, Caribbean Colombia II. Diversity of drift algae in San Andrés Island, Caribbean Colombia. *Carib. J. Sci.* 46(2–3): 313–321. doi: <https://doi.org/10.18475/cjos.v46i2.a19>.

- Ramos-Romero A, Suárez AM. 2016. Revisión del género *Centroceras* Kützing, 1841 (Rhodophyta, Ceramiales) en Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 36(1):20–33.
- Schultz NE, Lane CE, Le Gall L, Gey D, Bigney AR, De Reviere B, Rousseau F, Schneider CW. 2015. A barcode analysis of the genus *Lobophora* (Dictyotales, Phaeophyceae) in the western Atlantic Ocean with four novel species and the epitypification of *L. variegata* (J.V. Lamouroux) E.C. Oliveira. *Eur. J. Phycol.* 50(4):481–500. doi: <https://doi.org/10.1080/09670262.2015.1078500>.
- Sentías A, Wynne MJ, Cassano V, Díaz-Larrea J, Gil-Rodríguez MC, Fujii MT. 2015. *Yuzurua iridescens* (MJ Wynne & DL Ballantine) comb. nov. (Ceramiales, Rhodophyta) from the Caribbean Sea: morphological and molecular evidence. *Braz. J. Bot.* 38(3):605–613. doi: <https://doi.org/10.1007/s40415-015-0154-x>.
- Sørensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.* 5:1–34.
- Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, Mcmanus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. 2007. Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience* 57(7):573–583. doi: <https://doi.org/10.1641/B570707>.
- Suárez AM. 1989. Fitogeografía del macrofitobentos de la plataforma de Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 10(2):103–116.
- Suárez AM. 2005. Lista de las macroalgas marinas cubanas. *Rev. Invest. Mar.* 26(2):93–148.
- Suárez AM, Martínez-Daranas B, Alfonso Y. 2015. *Macroalgas marinas de Cuba*. La Habana, Cuba: Editorial UH.
- Taylor WR. 1960. *Marine algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas*. Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan Press.
- Web Ficoflora Venezuela. c2016. Catálogo de la Ficoflora de Venezuela. Carballo Y, Gómez S, García M, Gil N, editores. Publicación electrónica. Universidad Central de Venezuela, Caracas. [Revisada en: 17 May 2016]. <http://www.ciens.ucv.ve/ficoflora-venezuela>
- Won BY, Cho TO, Fredericq S. 2009. Morphological and molecular characterization of species of the genus *Centroceras* (Ceramiales, Ceramiales), including two new species. *J. Phycol.* 45(1):227–250. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2008.00620.x>.
- Wynne MJ. 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Can. J. Bot.* 64(10):2239–2281. doi: <https://doi.org/10.1139/b86-298>.
- Wynne MJ. 1998. Checklist of Benthic Marine Algae of the Tropical and Subtropical Western Atlantic: First Revision. *Nova Hedwig. Beih.* 116:1–155.
- Wynne MJ. 2005. A Checklist of Benthic Marine Algae of the Tropical and Subtropical Western Atlantic: Second Revision. *Nova Hedwig. Beih.* 129:1–152.
- Wynne MJ. 2011. A Checklist of Benthic Marine Algae of the Tropical and Subtropical Western Atlantic: Third Revision. *Nova Hedwig. Beih.* 140:1–166. doi: <https://doi.org/10.4490/algae.2011.26.2.109>.
- Wynne MJ. 2017. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: Fourth revision. *Nova Hedwig. Beih.* 145:1–202.