

MACROALGAS CHLOROPHYCEAE ASOCIADAS AL LITORAL ROCO SO DEL CABO DE LA VELA, CARIBE COLOMBIANO

CHLOROPHYCEAE MACROALGAE ASSOCIATED TO THE ROCKY SHORE OF CABO DE LA VELA, COLOMBIAN CARIBBEAN

Yaritza Loendy Mendoza Castro & Amilkar De Jesús Suarez Acuña

1. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad de La Guajira.
yaritza@uniguajira.edu.co adejessusuarz@uniguajira.edu.co

Recibido: Marzo 15 de 2017 Aceptado: Octubre 20 de 2017

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la composición y abundancia de macroalgas pertenecientes a la clase Chlorophyceae asociadas al litoral rocoso, en la zona Ojo de Agua del Cabo de La Vela, departamento de La Guajira, Colombia, con el fin de conocer y ampliar la información sobre este recurso en el Caribe colombiano. La metodología consistió en tomar ocho muestras de macroalgas a lo largo de un transecto de 5 m en tres estaciones de muestreo, por medio de cuadrantes de 25 x 25 cm. En el laboratorio se identificaron las macroalgas hasta el nivel taxonómico más bajo posible y se determinó su peso seco como medida de abundancia (biomasa). Se encontró un total de 4 especies de macroalgas Chlorophyceae, específicamente *Caulerpa racemosa*, *C. sertularioides*, *Ulva fasciata* y *U. lactuca*. La mayor biomasa promedio obtenida correspondió a *U. fasciata* (109 g/m²), con los mayores valores promedios en la zona media del transecto (107,2 g/m²). La clase Chlorophyceae con una riqueza de 4 especies para el momento del estudio, se encuentra representada principalmente por el género *Ulva* en la zona Ojo de Agua, del Cabo de La Vela, y constituye un componente ecológico importante, por su mayor abundancia y a la vez un recurso potencial para uso biotecnológico.

Palabras claves: Macroalgas verdes, *Caulerpa*, *Ulva lactuca*, *Ulva fasciata*.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the composition and abundance of macroalgae belonging to the Chlorophyceae class associated with the rocky coast, in the Ojo de Agua area of Cabo de La Vela, department of La Guajira, Colombia, in order to know and expand the information about this resource in the Colombian Caribbean. The methodology consisted of taking eight samples of macroalgae along a 5 m transect in three sampling stations, by means of quadrants of 25 x 25 cm. In the laboratory, macroalgae were identified to the lowest possible taxonomic level and their dry weight was determined as a measure of abundance (biomass). A total of 4 species of macroalgae Chlorophyceae were found, specifically *Caulerpa racemosa*, *C. sertularioides*, *Ulva fasciata* and *U. lactuca*. The highest average biomass obtained corresponded to *U. fasciata* (109 g / m²), with the highest average values in the middle zone of transect (107.2 g / m²). The class Chlorophyceae with a richness of 4 species at the time of the study, is represented mainly by the genus *Ulva* in the area Ojo de Agua, Cabo de La Vela, and is an important ecological component, for its greater abundance and at the same time a potential resource for biotechnological use.

Keywords: green macroalgae, *Caulerpa*, *Ulva lactuca*, *Ulva fasciata*.

1. INTRODUCCIÓN

Las macroalgas marinas son de gran relevancia debido al papel que desempeñan como productores primarios y su influencia en la formación y funcionamiento de los ecosistemas costeros (Tasende, & Peteiro, 2015), además que presentan una importancia económica, ecológica y social por los servicios especiales que brindan a los ecosistemas, entre los que destacan el reciclaje de nutrientes, la producción de oxígeno, y construcción de hábitats para una gran variedad de organismos a los que a su vez proporcionan alimento (Torres *et al.*, 2015).

Las algas de la clase Chlorophyceae poseen, entre otras propiedades, la presencia de compuestos antibacterianos, destacando el género *Ulva* como materia prima para el desarrollo de biomateriales funcionales en aplicaciones biotecnológicas (Troncoso *et al.*, 2015). Sin embargo, de 5000 especies de algas, solo 221 son utilizadas en la industria y de estas, 32 son de la clase Chlorophyceae, además que cerca de 145 especies son consumidas como alimentos y 12 de ellas son cultivadas en agricultura marítima (Cuesta, 2018). Dada su abundancia, estos organismos representan un recurso marino potencialmente renovable, representando una importante fuente de nuevos compuestos bioactivos para la industria farmacéutica y alimentaria (Rodríguez, 2014).

En Colombia el desarrollo biotecnológico por medio de macroalgas no ha recibido el interés necesario para lograr su utilización y aprovechamiento, aun con su reconocida viabilidad productiva y amplios usos (Bula-Meyer, 1989a; Bula-Meyer, 1989b; Gao & McKinley, 1994; cremades *et al.* 2015). En el Cabo de La Vela, La Guajira, Rincones & Gallo (2004), cultivaron el alga roja *Kappaphycus alvarezii*, una especie introducida de origen filipino, con excelentes perspectivas, pero que no tuvo continuidad debido a problemas con los requerimientos legales para la utilización de esta especie en aguas colombianas. En años posteriores en la región de Santa Marta, Delgadillo *et al.* (2005), y Montaña (2006), realizaron experimentos para el cultivo de las algas rojas *Gracilaria cervicornis*, *G. blodgettii*, *G. mamillaris* e *Hypnea musciformis* obteniendo resultados importantes para el avance de esta actividad en Colombia. Lo anterior hace necesario conocer los recursos vivos, en este caso macroalgas locales, para de ser posible, emplearlas en el ámbito económico y/o biotecnológico de manera sustentable.

Aunque estos aspectos tecnológicos son importantes, también lo es el conocimiento de la diversidad macroalgal, que conlleva a la obtención de una línea base para el conocimiento de este grupo en particular, en el Caribe colombiano (Díaz Pulido & Díaz 2003), y a partir de los inventarios conocer los recursos que pueden o no aprovecharse. El estudio de la variación espacial y composición de la comunidad ayuda a tener una visión más amplia de la interacción con otros organismos (Mansilla, 2013). Al ser las algas organismos bioindicadores, requieren la acción de ciertos factores bióticos y abióticos para cumplir con su buen desarrollo y función ecológica, como el tipo de sustrato, las mareas o acción hidráulica y factores fisicoquímicos (incidencia de luz solar, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, y turbidez); de esta manera se determina la distribución espacial, la forma de colonizar los ambientes, diversidad y abundancia de especies (Murillo, 2014).

En ciertas zonas de la costa de la península del departamento de La Guajira hay un aumento de la productividad debido a la influencia del fenómeno de surgencia (Andrade & Barton, 2005); este aumento de los nutrientes en la zona estimula el crecimiento

biológico, principalmente la biomasa fitoplanctónica y de macroalgas asociadas a los arrecifes coralinos de la región (Díaz-Pulido & Garzón-Ferreira, 2002).

Por lo anterior, se planteó como objetivo estudiar la composición y abundancia de las macroalgas de la clase Chlorophyceae en la zona Ojo de Agua, del Cabo de La Vela, departamento de La Guajira; lo cual genera información de la rentabilidad o disponibilidad de estas como recurso para organismos de otros niveles tróficos (Torres *et al.* 2015), además de su posible explotación económica (Bula-Meyer, 1988).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área de estudio

La zona de estudio está ubicada en el municipio de Uribia, subregión alta del departamento de La Guajira, Colombia; Se ubica al extremo más septentrional de América del Sur, entre los 12° 27' y 11° 30,6' N, y los 72° 22.9' y 71° 6,6' W (POT Uribia, 2001). Corresponde a una zona árida, cuya principal característica, es la influencia de los vientos alisios y las corrientes del Caribe, que generan a lo largo de la península el fenómeno de surgencia, el cual arrastra consigo gran cantidad de nutrientes a la superficie, lo que implica la fertilización de las aguas y por lo tanto el incremento de la actividad biológica (Negri, 2000); la temperatura media anual supera los 24°C y posee un régimen de lluvias biestacionario de corta duración durante el año, el cual caracteriza las zonas desérticas y semidesérticas, expuestas con escasa vegetación en La Guajira (POT Uribia 2001).

2.2. Actividad de campo

La metodología empleada corresponde a una investigación experimental, llevada a cabo durante el mes de septiembre de 2018, para la cual se establecieron tres estaciones de muestreo sobre el mesolitoral rocoso del Cabo de La Vela (Figura 1), clasificándolas como estación 1, ubicada al oeste del Faro (12° 12'45'' N - 75° 10'36'' W); estación 2 ubicada en el borde de piedra tortuga (12° 12'53,7'' N - 72° 10'38,1'' W) y estación 3, ubicada al este de la playa Ojo de Agua (12° 12'56,1'' N - 72° 10'36,8'' W).

En cada una se ubicó un (1) transecto de 5 metros perpendicular a la costa, desde la rompiente de olas con sentido mar adentro. A lo largo del transecto se establecieron tres secciones identificadas como A (0-1m), B (1-2m) y C (2-5m), en las cuales se tomaron 2, 4 y 2 muestras respectivamente, para un total de 8 muestras por estación (García, 2014). *In Situ* se determinó visualmente el área de cobertura macroalgal (%) dentro de cuadrantes de 25 x 25 cm (0,0625 m²), y luego se procedió a extraer manualmente las macroalgas, para así colocarlas en bolsas de cierre hermético y preservarlas por refrigeración (aproximadamente a 4°C), para su posterior traslado al laboratorio.

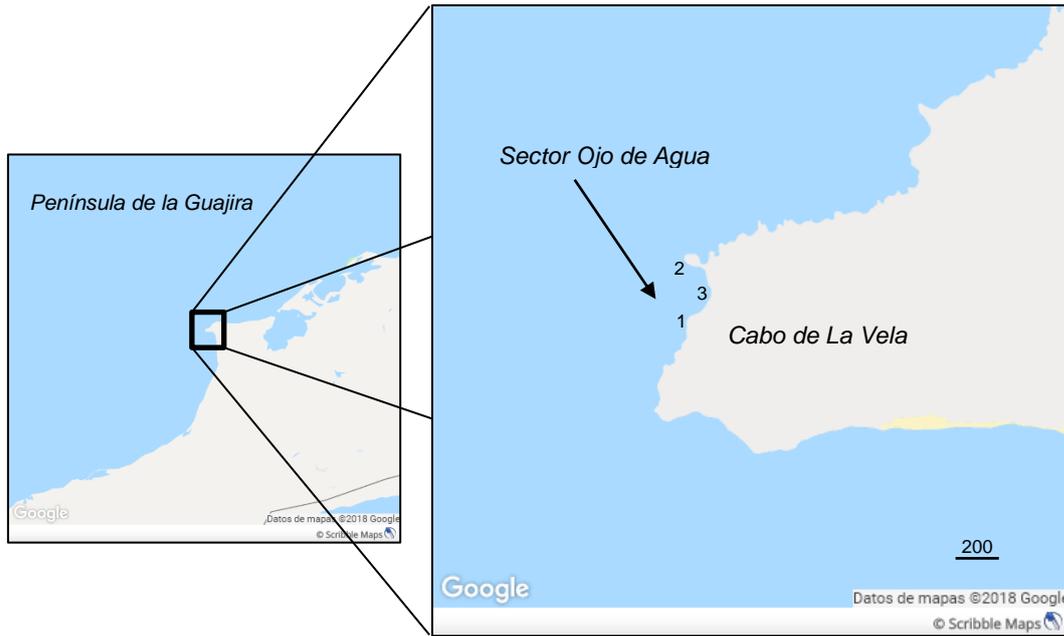


Figura 1. Ubicación relativa regional y local de las estaciones de muestreo en el sector Ojo de Agua del Cabo de La Vela, departamento de La Guajira, Colombia.

2.3. Actividad de laboratorio

En el laboratorio las macroalgas fueron identificadas hasta nivel de especie, por medio de observaciones en el estereoscopio y una clave taxonómica (Littler *et al.* 1989). Las muestras fueron desecadas en un horno a 60° C durante 72h, y posteriormente se obtuvo el peso seco en una balanza semianalítica ($\pm 0,1$ g de precisión). Para el cálculo de la biomasa se utilizó la metodología establecida por Peña (1998), para la conversión a g/m^2 por medio de la siguiente fórmula:

$$B=A/C$$

Donde B representa la Biomasa (g/m^2), C es el peso seco (g) y A es el área muestreada.

2.4. Análisis de datos

Para el análisis estadístico de los datos se empleó como medida de tendencia central la media, y se determinó si existen diferencias significativas en biomasa de Chlorophyceae entre las estaciones estudiadas por medio de una prueba de Kruskal-Wallis, en vista de que los datos no cumplen los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk $P < 0,05$) y homogeneidad de varianza (Levene $P < 0,05$); Todos los análisis fueron realizados con el software IBM SPSS versión 22.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró un total de 4 especies (S) de macroalgas verdes (Chlorophyceae) asociadas al mesolitoral rocoso, representadas por dos géneros (*Caulerpa* y *Ulva*) y dos familias taxonómicas (Caulerpaceae y Ulvaceae). Aunque las Chlorophyceae son el segundo grupo en importancia numérica de especies de macroalgas, de la zona del Caribe colombiano (Díaz Pulido & Díaz, 2003), se considera una riqueza baja con respecto a otras zonas del área, como la región de Córdoba, donde se han reportado hasta 17 especies de Chlorophyceae (Quirós-Rodríguez *et al.* 2010), destacando que el esfuerzo de muestreo es bajo (24 muestras / 1 muestreo) en el presente estudio, producto de no contemplar el aspecto temporal.

Las especies presentes en el área de estudio fueron *Ulva lactuca*, *U. fasciata*, *Caulerpa racemosa* y *C. sertularioides*. Las mayores coberturas promedio se encontraron en las especies del género *Ulva* en todas las estaciones estudiadas, observando una disminución de *U. lactuca* de la estación 1 a la estación 3, mientras que *U. fasciata* presentó una mayor cobertura (22%) en la Estación 2 (Figura 2). En el departamento de Córdoba en el Caribe colombiano, se reporta 15 % de coberturas promedio de Chlorophyceae, además que no se encontró la presencia del género *Ulva* (Quirós-Rodríguez *et al.* 2010), presentándose coberturas similares a las del presente estudio. Con respecto a la distribución de las macroalgas Chlorophyceae a lo largo del transecto estudiado, las especies del género *Caulerpa* presentaron una notable disminución de la cobertura al alejarse de la costa, mientras que el género *Ulva* presentó coberturas similares a lo largo de las tres zonas (A, B y C). La especie *U. fasciata* obtuvo el mayor porcentaje de cobertura, entre los 2 y 5 m de distancia de la rompiente (Zona C), con un 17,5% de área de cobertura (Figura 3).

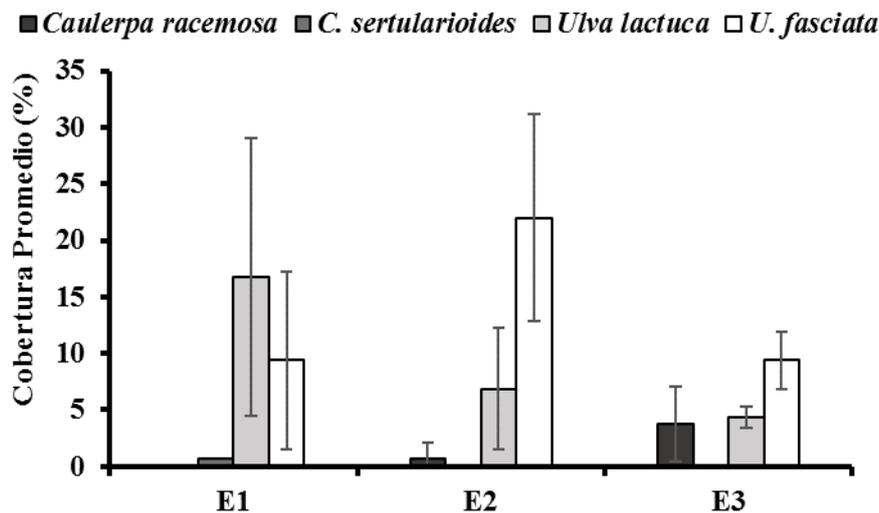


Figura 2. Cobertura promedio (n= 8) de las especies de macroalgas de la división Chlorophyceae por estación (E) de muestreo en el litoral rocoso de la Playa Ojo de Agua en el Cabo de La Vela, La Guajira.

La biomasa de Chlorophyceae no presentó diferencias significativas entre las estaciones estudiadas (H= 5,31; P= 0,07), lo que permite inferir que las condiciones ambientales

son similares, partiendo del principio ecológico de la heterogeneidad ambiental, y su influyente cambio de composición y abundancia de especies (Begon *et al.*, 2006), por lo que no existe una clara variabilidad espacial para la biomasa de macroalgas verdes entre las estaciones del área de estudio.

Las especies del genero *Ulva*, presentaron mayores biomásas en las estaciones 1 y 2, mientras que *C. racemosa* solo mostró una biomasa representativa en la estación 3, aunque *U. fasciata* fue mayor en biomasa (Figura 4). La especie con mayor biomasa promedio fue *U. fasciata* con 109 g/m², destacando el género *Ulva* por ser común en ambientes costeros con cambios en la concentración de nutrientes y salinidades (Moreira *et al.* 2006), tal como lo es la costa de La Guajira, la cual presenta ciclos de surgencia a lo largo de ella (Andrade & Barton, 2005; Arévalo & Herrera, 2008), lo cual es muy influyente en la dinámica de las macroalgas, ya que estimula el aumento en abundancia durante febrero, y entre julio y agosto (Díaz-Pulido & Garzón-Ferreira, 2002); de lo anterior cabe destacar que el periodo del presente estudio (septiembre 2018), fue coincidente con las lluvias, época que se ha evidenciado menos favorable para el crecimiento macroalgal en algunas zonas costeras de La Guajira, en comparación con las épocas de surgencia, la cual provee de aguas con mayores concentraciones de nutrientes (Díaz-Pulido & Garzón-Ferreira, 2002).

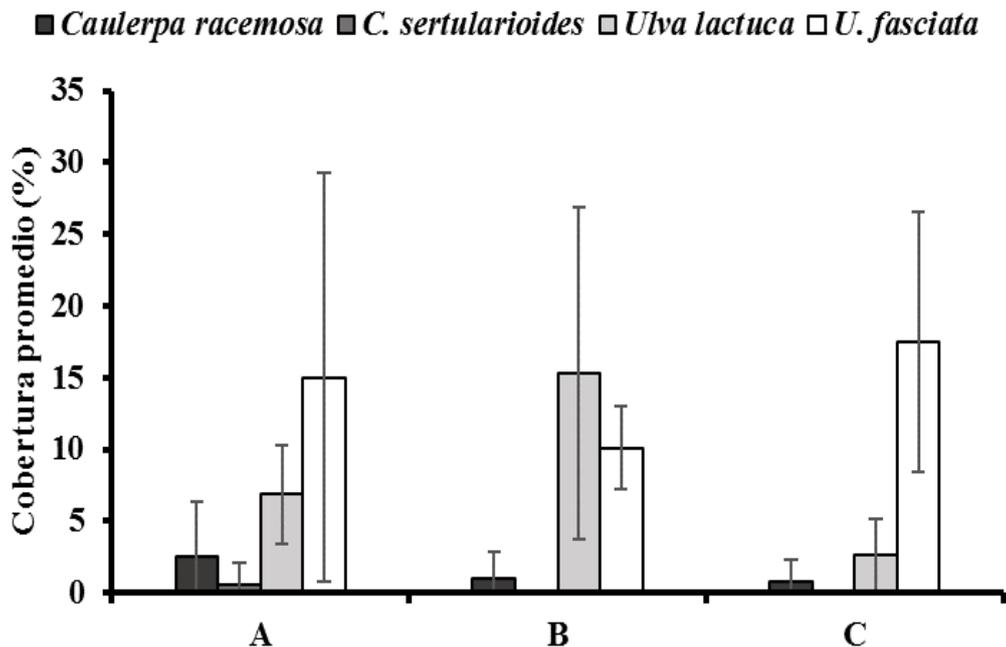


Figura 3. Cobertura promedio (A y C n= 6 / B n= 12) de las especies de macroalgas Chlorophyceae a lo largo de las zonas del transecto (A: 0-1 m, B: 1-2 m, C: 2-5 m) sobre el litoral rocoso, de la playa Ojo de Agua en el Cabo de La Vela, La Guajira.

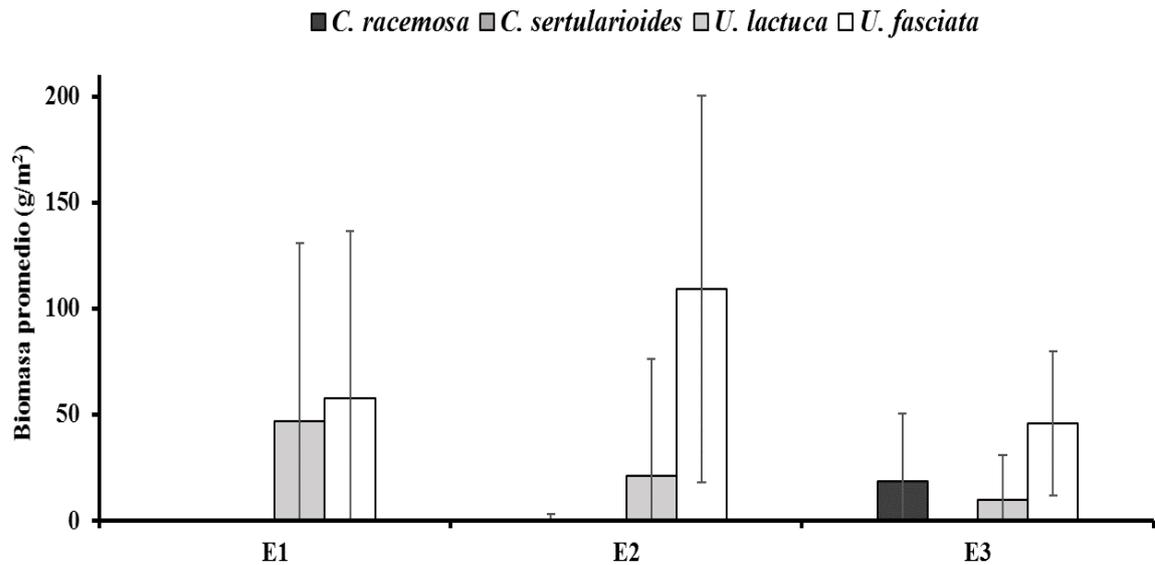


Figura 4. Biomasa promedio (n= 8) de las especies de macroalgas de la clase Chlorophyceae en las tres estaciones (E) de muestreo sobre el litoral rocoso de la Playa Ojo de Agua en el Cabo de La Vela, La Guajira.

A lo largo de las transectas, *U. fasciata* presentó una biomasa promedio de 107,2 g/m² en la zona B (1-2m), para ser la especie con mayor biomasa en las tres zonas estudiadas. La especie *U. lactuca* presenta un pico de 52,3 g/m² en su biomasa en la zona B, mientras que *C. racemosa* fue mayor en la zona A y *C. sertularioides* se presentó en muy baja biomasa (Figura 5). No se observa un patrón claro en la biomasa de Chlorophyceae a lo largo de las zonas estudiadas, quizás por la poca distancia empleada (5 m), ya que es común encontrar una disminución de biomasa de macroalgas a medida que se aleja de la costa, explicado principalmente por aumentos de profundidad del suelo, cambios del tipo de sustrato, así como disponibilidad de luz (Cabrera *et al.* 2011).

Por otra parte, no puede realizarse una comparación de la biomasa de Chlorophytes entre el presente estudio en el Cabo de La Vela y otras zonas del Caribe en general, en vista de que unos trabajos en macroalgas no reportan biomasa, concentrándose solo en la diversidad (Díaz-Pulido & Díaz, 2003), mientras que otros reportan valores de biomasa general que incluye todas las divisiones o clases (Cabrera *et al.*, 2011), y otros solo se basan en la cobertura (Quirós-Rodríguez *et al.*, 2010).

Las especies de Chlorophyceae encontradas en este estudio son comunes del área del Caribe colombiano, así como del Atlántico tropical (Díaz-Pulido & Díaz, 2003), destacando la importancia ecológica de las especies más abundantes correspondientes al género *Ulva* como soportes alimenticios de herbívoros y/o refugio de invertebrados en los sistemas acuáticos (Christie *et al.*, 2009; García *et al.* 2013; Guidone *et al.*, 2015). Es de mencionar el potencial uso biotecnológico que presenta *U. lactuca* (por su alta productividad en biomasa), propuesta para ser cruzada genéticamente con *U. reticulata*, y crear cultivos desérticos, que pueden mejorar las condiciones climáticas en zonas áridas (Van Ginneken, 2018); además de su uso como biofiltros en la acuicultura (Cremades *et al.*, 2015).

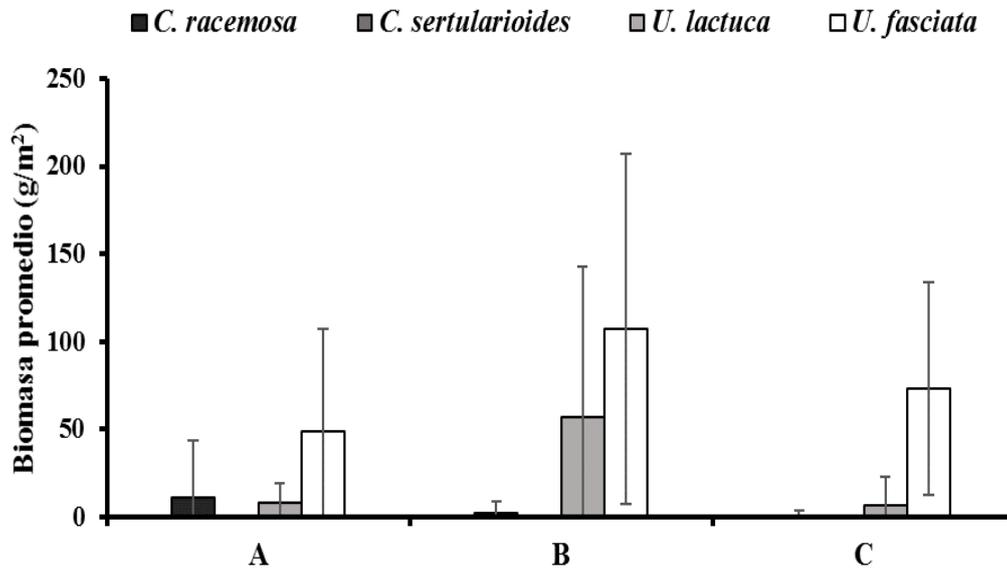


Figura 5. Biomasa promedio (A y C n= 6 / B n= 12) de las especies de macroalgas de la clase Chlorophyceae a lo largo de las zonas del transecto (A: 0-1 m, B: 1-2 m, C: 2-5 m) sobre el litoral rocoso, de la playa Ojo de Agua en el Cabo de La Vela, La Guajira.

Igualmente es conocido el uso de *U. fasciata* para la producción de biocombustibles, en pro de combatir los efectos del cambio climático global (Singh *et al.*, 2015); por lo que la presente línea base de Chlorophyceae, presenta especies con usos potenciales, además de biomasa que pueden llegar a ser representativas ($> 100 \text{ g/m}^2$), lo cual puede dar pie al uso sustentable de estos recursos en el departamento de La Guajira.

Por otra parte *C. racemosa* también es una especie con usos biotecnológicos asociados a la industria médica, entre los que destacan la actividad anti-oxidante y anti-inflamatoria de sustancias aisladas de ésta (Shanura Fernando *et al.*, 2018), aunque las especies del género *Caulerpa* se encontraron en bajas biomasa en la playa Ojo de Agua del Cabo de La Vela, representan semilla para producción por medio de cultivos controlados, como se ha propuesto en la zona de La Guajira para otra especie de macroalgas (Rincones & Gallo, 2004).

Por lo anterior es necesario continuar con el estudio de este grupo de organismos cumpliendo periodos de tiempo más largos que permitan observar su variabilidad temporal, para así saber la proporción aprovechable de tan amplio recurso renovable, lo que pondría en marcha nuevos proyectos en pro de crear oportunidades y estrategias sostenibles, que potencialmente podrían mejorar la economía y el desarrollo comercial del departamento de La Guajira, Colombia.

Se concluye que las macroalgas Chlorophyceae en el litoral rocoso de la zona Ojo de Agua del Cabo de La Vela, se encuentran representadas, durante el periodo de estudio, por cuatro especies pertenecientes a dos géneros, de los cuales *Ulva* es el más representativo desde el punto de vista de su biomasa. No se encontraron diferencias significativas en la composición y abundancia de macroalgas verdes entre las estaciones

de muestreo, por lo que se infiere que existen condiciones ambientales similares en el área estudiada.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez-León R., Aguilera-Quiñonez J., Andrade-Amaya C. & P. Nowak. 1995. Caracterización general de la zona de surgencia de La Guajira colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 19: 679-694.
- Andrade C. & E. Barton. 2005. The Guajira upwelling system. *Continental Shelf Research* 25: 1003-1022.
- Andrade C. A., Barton E. D. & C. Mooers. 2003. Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean Coast. *Journal of Geophysical Research* 108: 1-11.
- APHA, AWWA, & WEF. 2012. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, Washington, DC. 1360 pp.
- Arévalo D. L. & A. Franco-Herrera. 2008. Características oceanográficas de la surgencia frente a la ensenada de Gaira, departamento de Magdalena, época seca menor de 2006. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 37: 131-162.
- Begon, M., Townsend, C., & J. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Malden, 738 pp.
- Bula-Meyer G. 1988. Cultivo y utilización comerciales de las algas marinas. *Revista Ingeniería Pesquera*, 6: 6-54.
- Bula-Meyer G. 1989a. Experimental culture in the sea of the red macroalgae *Grateloupia filicina*. 101-104. En: Oliveira, E.C. y N. Kautsky (Eds.). *Workshop: Cultivation of Seaweeds in Latin America*. Sn. Sebastiao, Brasil.
- Bula-Meyer G. 1989b. Las macroalgas bénticas marinas como recurso potencial económico en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 17: 383-387.
- Cabrera R., Moreira Á. & J. Primelles. 2011. Distribución de la biomasa de macroalgas en la Bahía de Nuevitas, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 27: 19-29.
- Christie H., Norderhaug K.M. & S. Fredriksen 2009. Macrophytes as habitat for fauna. *Marine Ecology Progress Series*, 396: 221-233.
- Cremades Ugarte, J., Pintado Valverde, J., Oca Baradad, J., Alamrousi, A., Ruiz, P., Masaló Llorà, I., Reig Puig, L. & Jiménez de Ridder, P. 2015. *Ulva* spp. (Ulvales, Chlorophyta) en sistemas de acuicultura multitrófica integrada en recirculación. In *Actas del XV Congreso Nacional y I Congreso Ibérico de Acuicultura*: 492-493.
- Cuesta R. G. 2018. Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. *Revista de Investigaciones Marinas*, 37: 16-28.
- Delgadillo O., M. Díaz-Ruíz & O. Lara. 2005. Experimentos preliminares en Santa Marta para integrar a las macroalgas *Gracilaria* dentro de un policultivo en la Guajira, Caribe colombiano. Resúmenes VII Congreso Ficología Latinoamérica y Caribe, V Reunión Iberoamericana de Ficología, La Habana.
- Díaz Pulido G., & M. Díaz. 2003. Diversity of benthic marine algae of the Colombian Atlantic. *Biota colombiana*, 4: 203-246.
- Díaz-Pulido G. & J. Garzón-Ferreira. 2002. Seasonality in algal assemblages on upwelling-influenced coral reefs in the Colombian Caribbean. *Botánica Marina*, 45: 284-292.
- Gao K., & K. R. McKinley. 1994. Use of macroalgae for marine biomass production and CO₂ remediation: a review. *Journal of Applied Phycology*, 6: 45-60.
- García D. 2014. Composición y estructura florística del Bosque de Neblina Montano, del sector "San Antonio de la Montaña", cantón Baños, provincia de Tungurahua. Tesis de pregrado. ESPOCH, Riobamba.

- García D., Luis Y., Jover Capote A., Alfonso S., María A., Gómez Luna L. M., & M. T. Fujii. 2013. Distribution of epiphytic macroalgae on the thalli of their hosts in Cuba. *Acta Botanica Brasilica*, 27: 815-826.
- Guidone M., Thornber C. S., & K. L. Van Alstyne. 2015. Herbivore impacts on two morphologically similar bloom-forming *Ulva* species in a eutrophic bay. *Hydrobiologia*, 753: 175-188.
- Mansilla A., & K. Alveal. 2013. Capítulo 16. Generalidades sobre las Macroalgas, 347–362. En *Biología Marina y Oceanografía*. Universidad de Concepción, Concepción.
- Montaño J. 2006. Ensayos de cultivo en medio natural de la macroalga *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux en las áreas de Taganga y Puerto Luz (Santa Marta). Tesis de pregrado, Universidad de Bogotá JorgeTadeo Lozano, Bogotá.
- Moreira M., Gómez A., León, R., Castellanos M., Muñoz, A., & A. Suarez. 2006. Variation of macroalgae biomass in Cienfuegos Bay, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 27: 3-12.
- Murillo Dómen Y. S. 2014. Estado actual de la Biodiversidad y Biomasa de Macroalgas en la playa Chérrepe-Provincia de Chepén, Mayo-Diciembre 2013. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú.
- Peña E. J. 1998. Physiological ecology of mangrove associated macroalgae in a tropical estuary. Doctoral dissertation, University of South Carolina, California.
- POT Uribia. 2001. Plan de Ordenamiento Territorial Uribia - La Guajira.
- Quirós-Rodríguez J. A., Arias-Ríos J. E. & R. R. Vega. 2010. Estructura de las comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de Córdoba, Colombia. *Caldasia*, 32: 339–354.
- Rincones R. & H. Gallo. 2004. Proyecto Jimoula. El cultivo de algas marinas como una alternativa sustentable para las comunidades costeras de la península de la Guajira. Resumen ejecutivo, Biotecnología y acuicultura, BIOTACOL Ltda., Riohacha.
- Rodríguez J. M. 2014. Avaliação do valor nutricional e de propriedades antioxidantes das macroalgas *Chaetomorpha linum*, *Ulva lactuca*, *Gracilaria vermiculophylla* e *Fucus vesiculosus*. Doctoral dissertation, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra.
- Shanura Fernando, I.P., Asamka Sanjeeva, K., Samarakoon, K. W., Woo Lee, W., Kim, H. & Jeon, Y. 2018. Squalene isolated from marine macroalgae *Caulerpa racemosa* and its potent antioxidant and anti-inflammatory activities. *Journal of Food Biochemistry*, 42: 1-10.
- Singh R., Bhaskar T. & Balagurumurthy, B. 2015. Effect of solvent on the hydrothermal liquefaction of macro algae *Ulva fasciata*. *Process Safety and Environmental Protection*, 93: 154-160.
- Torres D., Castro Gálvez J., De la Cruz J., Ramírez Díaz P., Vílchez F., & Y. Céspedes. 2017. Evaluación de macroalgas marinas de importancia comercial en las praderas de Chérrepe. abril y septiembre 2015. *Macroalgas Marinas en Cherrepé*, 44: 421-428.
- Tasende, M. G., & Peteiro, C. (2015). Explotación de las macroalgas marinas: Galicia como caso de estudio hacia una gestión sostenible de los recursos. *Revista Ambienta n*, 111, 116-132.
- Troncoso N., Saavedra R., Olivares A., Farías J., San-Martín S., Urrutia H., & C. Agurto. 2015. Identificación de compuestos antibacterianos en macroalgas presentes en la Región del Biobío, Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, 50: 199-204.
- Van Ginneken, V. 2018. Seaweed Biotechnology to Combat Desertification. *Advances in Biochemistry and Biotechnology*, 2017: 1-5.