

VARIACIÓN ESPACIAL DE LA COMPOSICIÓN DE MICROALGAS EPIFITAS DE *Ulva* spp. (CHLOROPHYTA: ULVACEAE) EN LA BAHÍA DE SANTIAGO DE CUBA

Gómez Luna, L.¹, R. Fernández¹, A. Jover Capote² & L. Delgado Cobas²

Laboratorio de Ecotoxicología. Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Avenida de las Américas s/n. Santiago de Cuba. CP: 90900 Departamento de Biología. Universidad de Oriente. Patricio Lumumba s/n. Santiago de Cuba. CP: 90500. email: lilianag@cnea.uo.edu.cu, abdiel@cnt.uo.edu.cu

RESUMEN. Se determinó la composición florística de microalgas epifitas sobre *Ulva* spp. en la Bahía de Santiago de Cuba. Para ello, se hicieron muestreos en cinco localidades (Alameda, Punta Sal, Belmare, Caracoles, Cayo Granma) ubicadas según el gradiente de contaminación del ecosistema, de febrero a mayo de 2007. Se identificaron 27 especies de microalgas pertenecientes a 24 géneros y 3 divisiones sobre *Ulva lactuca*, *U. fasciata*, *U. flexuosa* y *U. rigida*. La taxocenosis de microalgas epifitas estuvo dominada por cinco especies de diatomeas (*Cocconeis pinnata*, *Eunotia* sp., *Licmophora lyngbyei*, *Pinnularia* sp., *Navicula* sp.) y dos de cianofíceas (*Anabaena lemmermannii* y *Oscillatoria limosa*). La mayor riqueza de especies epifitas se observó en febrero y marzo; su distribución parece condicionada por la abundancia y distribución del sustrato, la forma del talo, y el nivel de contaminación. En la bahía, la menor riqueza de microalgas epifitas se presentó en el lóbulo interior (Alameda y Punta Sal), y la mayor hacia el lóbulo exterior (Belmare, Caracoles y Cayo Granma).

Palabras clave: Bahía de Santiago de Cuba, cianofíceas, diatomeas, epifitas, *Ulva*.

Spatial variation of epiphytic microalgae composition in *Ulva* spp. (Chlorophyta: Ulvaceae) in the Santiago de Cuba bay

Abstract. The floristic composition of epiphytic microalgae on *Ulva* spp. in the bay of Santiago de Cuba was determined. Sampling was carried out in five locations (Alameda, Punta Sal, Belmare, Cayo Caracoles and Granma) located according to a pollution gradient, from February to May 2007. We identified 27 species belonging to 24 genera and 3 divisions, on *Ulva lactuca*, *U. fasciata*, *U. flexuosa* and *U. rigida*. The taxocenosis of epiphytic microalgae was dominated by five species of diatoms (*Cocconeis pinnata*, *Eunotia* sp., *Licmophora lyngbyei*, *Pinnularia* sp., *Navicula* sp.) and two of the blue-green algae (*Anabaena lemmermannii* and *Oscillatoria limosa*). The greatest richness of epiphytic species was recorded on February and March. Their distribution seems to be conditioned by abundance and distribution of the substrate, thallus shape and contamination level. The lowest richness of epiphytic microalgae was observed in Alameda and Punta Sal (the interior lobe of the bay), which are more contaminated, and a higher richness was observed in healthier localities: Belmare, Cayo Caracoles and Granma, from the outer lobe.

Keywords: cyanophytes, diatoms, epiphytes, *Ulva*, Santiago de Cuba Bay

Gómez Luna, L., R. Fernández, A. Jover Capote & L. Delgado Cobas. 2012. Variación espacial de la composición de microalgas epifitas de *Ulva* spp. (Chlorophyta: Ulvaceae) en la Bahía de Santiago de Cuba. *CICIMAR Oceánides*, 27(1): 1-9.

INTRODUCCIÓN

En las comunidades marinas los sustratos vegetales con mayor número de especies epifitas son las angiospermas marinas y las macroalgas, pues estos ofrecen espacio, refugio y alimento; aún así, pocos autores han tratado el tema de las macroalgas epifitas (Buschmann *et al.*, 1997; Sánchez-Lizaso & Riosmena-Rodríguez, 1997; Ortuño-Aguirre & Riosmena-Rodríguez, 2007) y en el caso específico de Cuba, Vinogradova y Sosa (1977), Suárez *et al.* (1989) y Zayas *et al.* (2006), siendo aún más escasos los estudios sobre microalgas epifitas (Conde *et al.*, 1999; Siqueiros-Beltrones *et al.*, 2002; Siqueiros-Beltrones & Hernández-Almeida, 2006; Delgado *et al.*, 2006; Hernández-Almeida & Siqueiros-Beltrones, 2008).

En general, existen estudios que consideran la talla y aspectos taxonómicos de las

microalgas epifitas, confiriéndole valor a dichas especies como indicadores biológicos de factores ecotoxicológicos en sistemas acuáticos (Cattaneo *et al.*, 1995). Conde *et al.* (1999) abordan aspectos relacionados con la estructura y funciones de las microalgas asociadas a diferentes sustratos, concluyendo que la mayor biomasa de microalgas epifitas se puede esperar cuando cantidades importantes de nutrientes son liberados por el huésped, en especial los individuos senescentes, durante otoño o invierno.

Actualmente, los estudios de microalgas epifitas sobre macroalgas no han sido suficientemente tratados ni en el Caribe ni en Cuba ni a nivel local; de aquí que el presente trabajo privilegie un ecosistema de la costa suroriental, la que, desde el punto de vista florístico y ecológico, es la menos estudiada de la plataforma cubana (Suárez, 2005). El objetivo es

determinar la variación espacial de microalgas epifitas sobre cuatro especies de *Ulva*, la riqueza y afinidad de dichas especies por el sustrato y su relación con el gradiente de contaminación existente en la Bahía de Santiago de Cuba. *Ulva* spp. constituyen un sustrato propicio para el desarrollo de microalgas epifitas, cuya riqueza y distribución depende de factores como la disponibilidad y característica del sustrato, y el nivel de contaminación. Así, la hipótesis de este estudio fue que la flora epifítica sobre *Ulva* spp. mostraría diferencias debido a la especie de *Ulva*, así como por el grado de contaminación registrado para la localidad correspondiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Bahía de Santiago de Cuba es una bahía de bolsa ubicada en la costa sur de la región oriental de la isla, en la parte central de la cuenca de Santiago de Cuba, bien estudiada desde el punto de la calidad química del agua, lo que permite establecer cinco localidades de estudio: Alameda (20°1'10.35" N, 75°50'14.5" W), Punta Sal (20°0'31.75" N, 75°51'10.35" W), Belmare (20°0'7.23" N, 75°51'9.81" W), Caracoles (19°58'40.02" N, 75°52'47.84" W) y Cayo Gramma (19°58'33.84" N, 75°52'29.99" W; Fig. 1) utilizando como criterio base, el gradiente de calidad de las aguas existente en el ecosistema (Gómez *et al.*, 2001).

La recolecta se realizó entre febrero y mayo de 2007, período que corresponde a la temporada de seca (febrero-abril) y a la transición

(mayo). La extracción de los especímenes de *Ulva* fue aleatoria en una línea paralela a la costa, a 2 m de distancia a partir de la línea baja de marea en cada una de las localidades; en esta área prevalecen los fondos arenosos, el oleaje es de mínimo a moderado y se encuentran las mayores coberturas de los mantos de macroalgas objeto de estudio. Se utilizó como unidad de muestreo un cuadrado metálico de 25 x 25 cm, realizando seis repeticiones en todas las localidades. Cada muestra fue colocada de forma independiente en bolsas plásticas resellables, debidamente rotuladas, previa identificación de la especie.

Para la determinación e identificación de epifitas, cada espécimen de *Ulva* (N=196) [*U. lactuca* Linnaeus (n=62), *U. fasciata* Delile (n=51), *U. flexuosa* Wulfen (n=55) y *U. rigida* (C. Agardh) Thuret (n=28)], fue escurrido y sometido a tres lavados sucesivos con agua de mar filtrada, para lo que se utilizó una jeringa plástica de 20 cc. Se consideraron epifitas solamente aquellas especies asentadas en el talo.

Las observaciones al microscopio óptico se realizaron en cuadrados del talo, seleccionados al azar, con un área de 0.25 mm² cada uno, para un total de 980 muestras.

Para la identificación de las macroalgas se usaron claves y esquemas de varios autores (Littler & Littler, 2000; Littler *et al.*, 2008; Dawes & Mathieson, 2008); como criterios

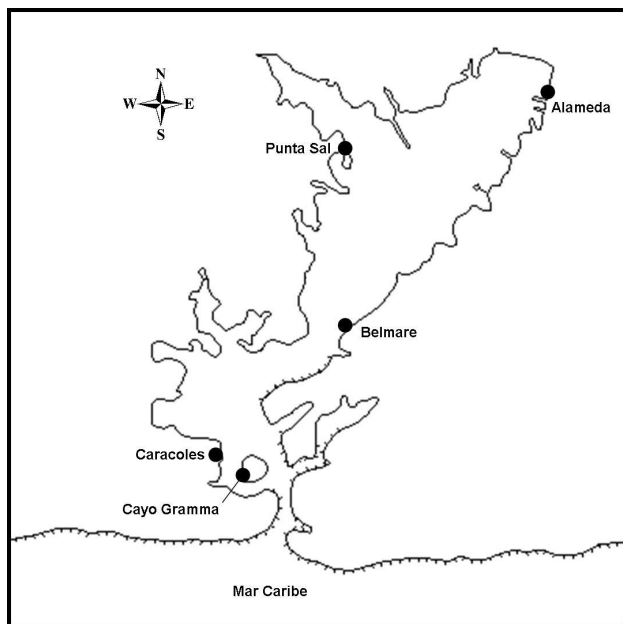


Figura 1. Localización de las localidades de muestreo en la Bahía de Santiago de Cuba.
Figure 1. Location of sampling sites inside Santiago de Cuba bay

taxonómicos se consideraron los de Wynne (2011). Las microalgas fueron identificadas a partir de muestras frescas, utilizando los criterios taxonómicos de (Desikachary, 1959; Crayton, 1993; Balech, 1988; Moreno *et al.*, 1996; Tomas, 1997), así como claves dicotómicas (Wher & Sheath, 2003) y trabajos científicos (Moreira *et al.*, 2007).

Como indicador de riqueza se utilizó el total de especies epifitas presentes en cada localidad. Para determinar las variaciones espaciales se utilizaron datos cualitativos de presencia y ausencia de dichas especies epifitas. Con estos datos se calculó el grado de similitud tanto entre ambientes como entre sustratos; para ello se utilizó el Coeficiente de Similitud de Jaccard: $I_j = C/(A+B-C)$ (Jaccard, 1901); donde I_j es el valor de similitud; C, número de especies presentes en ambos sitios; A, especies presentes en el sitio A; y B, especies presentes en el sitio B. Con la matriz de similitud resultante, se realizó un análisis de agrupamiento (Cluster Analysis), para el cual se utilizó el programa PRIMER 5 (Clarke & Gorley, 2001).

RESULTADOS

Se examinaron cuatro especies de *Ulva* (N=196) [*U. lactuca* Linnaeus (n=62), *U. fasciata* Delile (n=51), *U. flexuosa* Wulfen (n=55) y *U. rigida* (C. Agardh) Thuret (n=28)]. De los 196 especímenes, 48 se recolectaron en Cayo Granma, 43 en Caracoles, 38 en Punta Sal, 34 en Belmare y 33 en La Alameda (Tabla 1). Como epifitas, se identificaron un total de 27 especies de microalgas pertenecientes a 24 géneros y 3 divisiones. La mayor riqueza de microalgas corresponde a la división Heterokontophyta con 21 especies (78%), seguida por porcentajes equivalentes (11%) de las divisiones Chlorophyta y Cyanophyta, con 3 especies cada una (Tabla 2).

La mayor riqueza de especies epifitas se observó en febrero y marzo, disminuyendo en abril hasta ser minoritarias en mayo y si bien las comparaciones no son estadísticamente acertadas atendiendo a las diferencias en cu-

anto al tamaño de muestra, las especies de *Ulva* con mayor número de epifitas fueron *U. fasciata* (27 especies) y *U. lactuca* (13 especies) (Fig. 2).

La riqueza de cianofíceas presentó variaciones mínimas en las diferentes especies de *Ulva*. *Anabaena lemmermannii* y *Oscillatoria limosa* fueron las especies más frecuentes sobre *U. fasciata*, *U. flexuosa* y *U. lactuca*. En *U. rigida*, se identificó *Merismopedia punctata*; sin embargo, en este caso la riqueza de diatomeas es mayor (Tabla 2).

Las clorofíceas no mostraron un patrón definido, pero destaca que las tres especies identificadas (*Ulothrix* sp., *Characiopsis* sp. y *Gonatozigon* sp.) se observaron en la estación de Punta Sal sobre *U. flexuosa*, *U. fasciata* y *U. lactuca*, solo en febrero y marzo, y de forma aislada en Cayo Granma sobre *U. fasciata* (Tabla 2). Cabe destacar que para *U. fasciata* y *U. flexuosa* la riqueza de microalgas epifitas disminuyó de febrero a mayo, mientras que en *U. lactuca* aumentó (Fig. 2). *Anabaena lemmermannii*, *Oscillatoria limosa*, *Cocconeis pinnata*, *Eunotia* sp., *Licmophora lyngbyei*, *Pinnularia* sp. y *Navicula* sp. se encontraron en todos los meses y localidades, excepto en la Alameda. Sin embargo, *Ulothrix* sp., *Amphora exigua* y *Grammatophora oceanica* solo aparecen asociadas a *U. flexuosa*.

Con la técnica de agrupamiento entre las macroalgas y sus epifitas se observó la formación de tres grupos (Fig. 3). En el grupo A se incluyen *U. lactuca* y *U. fasciata* con la mayor riqueza de especies epifitas, macroalgas que se encuentran mejor distribuidas en la bahía y además las que poseen mayor superficie del talo; el grupo B incluye a *U. flexuosa*, con 13 especies epifitas; y por último, el grupo C que incluye solo a *U. rigida* que es el sustrato menos epifitado con solo 6 especies y el de menor distribución en el área.

En el análisis de agrupamiento entre las microalgas epifitas y las localidades de muestreo se observó la formación de dos grupos (Fig. 4).

Tabla 1. Distribución de especies de *Ulva* por mes [febrero (1), marzo (2), abril (3) y mayo (4)] y localidad de muestreo

Table 1. Distribution of *Ulva* species by month [February (1), March (2), April (3) and May (4), and sampling sites

| Localidades | Alameda | | | | Belmare | | | | Punta Sal | | | | Caracoles | | | | Cayo Granma | | | | Total | |
|----------------------------|---------|----|----|---|---------|----|---|----|-----------|---|---|---|-----------|---|----|---|-------------|----|----|---|-------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| <i>U. lactuca</i> | | | | | 3 | 2 | 2 | 10 | 3 | 2 | 8 | 4 | 3 | 1 | 10 | 9 | 5 | | | | | 62 |
| <i>U. flexuosa</i> | 13 | 10 | 10 | 0 | 13 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | 55 | |
| <i>U. fasciata</i> | | | | | 2 | 1 | 1 | 1 | 7 | 5 | | | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 | 8 | 4 | 2 | 51 | |
| <i>U. rigida</i> | | | | | | | | | 11 | | | | 17 | | | | | | | | 28 | |
| Total por mes | 13 | 10 | 10 | 0 | 18 | 10 | 3 | 3 | 28 | 5 | 3 | 2 | 29 | 7 | 5 | 2 | 10 | 18 | 13 | 7 | 196 | |
| Total por localidad | 33 | | | | 34 | | | | 38 | | | | 43 | | | | 48 | | | | | |

Tabla 2. Distribución de epifitas por sustrato, mes y localidad en la Bahía de Santiago de Cuba. Febrero (1), marzo (2), abril (3) y mayo (4).**Table 2.** Distribution of epiphytes by substrate, month and locality in Santiago de Cuba bay. February (1), March (2), April (3) and May (4)

| Especies | Alameda | | | | Punta Sal | | | | Belmare | | | | | | | |
|--|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|-------------------|---|------------------|---|--------------------|---|-------------------|---|---|---|
| | <i>U. flexuosa</i> | | <i>U. flexuosa</i> | | <i>U. fasciata</i> | | <i>U. lactuca</i> | | <i>U. rigida</i> | | <i>U. fasciata</i> | | <i>U. lactuca</i> | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Chlorophyta | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Characiopsis</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gonatozigon</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulothrix</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyanophyta | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anabaena lemmermannii</i> | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Merismopedia punctata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Oscillatoria limosa</i> | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| Heterokontophyta | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amphora exigua</i> W. Greg. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amphora laevis</i> Gregory | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cerataulina</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cocconeis pinnata</i> Gregory | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehr. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cylindrotheca</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Diatoma</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eunotia</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fragilaria</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Frustulia romboides</i> (Ehrenberg) De Toni | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Licmophora lyngbyei</i> (Kützting) Grunow ex Van Heurck | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Navicula</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Ralfs | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia pelagica</i> G.Karst. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Mastogloia</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pleurosigma</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pinnularia</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Synedra</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalasiothrix nitzschioides</i> Grun. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalasiothrix elongata</i> Grun. | | | | | | | | | | | | | | | | |

El grupo A incluye las localidades de muestreo más cercanas a la entrada de la bahía, las que reciben la influencia del agua oceánica por el canal de entrada y las de la zona media (Cayo Granma, Caracoles, Belmare y Punta de Sal) y el grupo B, la localidad de la Alameda, ubicada en la zona interior, más contaminada (Gómez *et al.*, 2001), en la que los valores de pH son menores en comparación con el resto (Tabla 3). La comunidad de microalgas epifitas sobre *Ulva* spp. en la Bahía de Santiago de Cuba presentó variación espacial, entre las diferentes especies de *Ulva* y entre las localidades de muestreo en los meses estudiados.

DISCUSIÓN

El género *Ulva* está muy bien representado y es abundante en la Bahía de Santiago de Cuba, lo que es característico de ambientes enriquecidos (Jover *et al.*, 2009). De forma general se describen cuatro especies, las que han sido consideradas en este estudio por ser abundantes en el litoral de Santiago de Cuba con alto nivel de eutrofización: *U. flexuosa*, *U. lactuca* y *U. fasciata* y *U. rigida* (Jover *et al.*, 2009).

Los valores de riqueza de las Heterokontophyta asociadas a especies del género *Ulva*

Tabla 2. Continuación. Febrero (1), marzo (2), abril (3) y mayo (4).

Table 2. Continued. February (1), March (2), April (3) and May (4).

| Especies | <i>U. rigida</i> | | | | Caracoles <i>U. fasciata</i> | | | | <i>U. lactuca</i> | | | | Cayo Granma <i>U. fasciata</i> <i>U. lactuca</i> | | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---------------------------------|---|---|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Chlorophyta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Characiopsis</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| <i>Gonatozigon</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulothrix</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyanophyta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anabaena lemmermannii</i> | | | | | x | x | x | | x | x | | | | x | | | | | | |
| <i>Merismopedia punctata</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| <i>Oscillatoria limosa</i> | | | | | | x | | | x | x | | | | | | | | x | x | |
| Heterokontophyta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amphora exigua</i> W. Greg. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amphora laevis</i> Gregory | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cerataulina</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cocconeis pinnata</i> Gregory | | x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| <i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehr. | | | | | | x | | | | | | | | x | | | | | | |
| <i>Cylindrotheca</i> sp. | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Diatoma</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eunotia</i> sp. | | | | | x | | | | x | | | | x | x | | | | | | x |
| <i>Fragilaria</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Licmophora lyngbyei</i> (Kützting) Grunow ex Van Heurck | | x | | | | x | x | x | | x | x | x | | | | | | | | x |
| <i>Navicula</i> sp. | | | | | | x | x | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia longissima</i> (Bréb.) Ralfs | | | | | | x | | | | x | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia pelagica</i> G.Karst. | | | | | | x | | | | x | | | | | | | | | | |
| <i>Mastogloia</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | x | | x | | | x | x |
| <i>Pleurosigma</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pinnularia</i> sp. | | | | | | | | | x | x | | | x | x | x | x | x | | x | x |
| <i>Synedra</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| <i>Thalasiothrix nitzschioides</i> Grun. | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | x |
| <i>Thalasiothrix elongata</i> Grun. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

en la Bahía de Santiago de Cuba pueden deberse a que estas son los componentes más conspicuos y abundantes en las comunidades epifitas de las macroalgas marinas (Hernández-Almeida & Siqueiros-Beltrones, 2008). Resultados semejantes fueron encontrados por Conde *et al.* (1999), Siqueiros-Beltrones *et al.* (2002), Siqueiros-Beltrones y Hernández-Almeida (2006) y Hernández-Almeida y Siqueiros-Beltrones (2008).

Por otra parte, la presencia de cianofíceas ha sido registrada por Gómez *et al.* (2001) quienes califican al ecosistema como muy contaminado; de aquí su presencia sobre macroalgas del género *Ulva*.

La poca riqueza de microalgas epifitas en abril y mayo sobre *U. flexuosa* y *U. fasciata*, sustratos más abundantes en el ecosistema, pudiera estar asociada a que el mes de abril

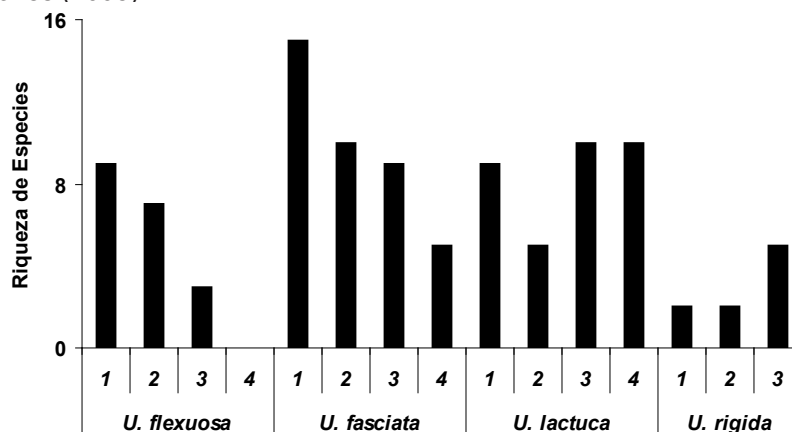
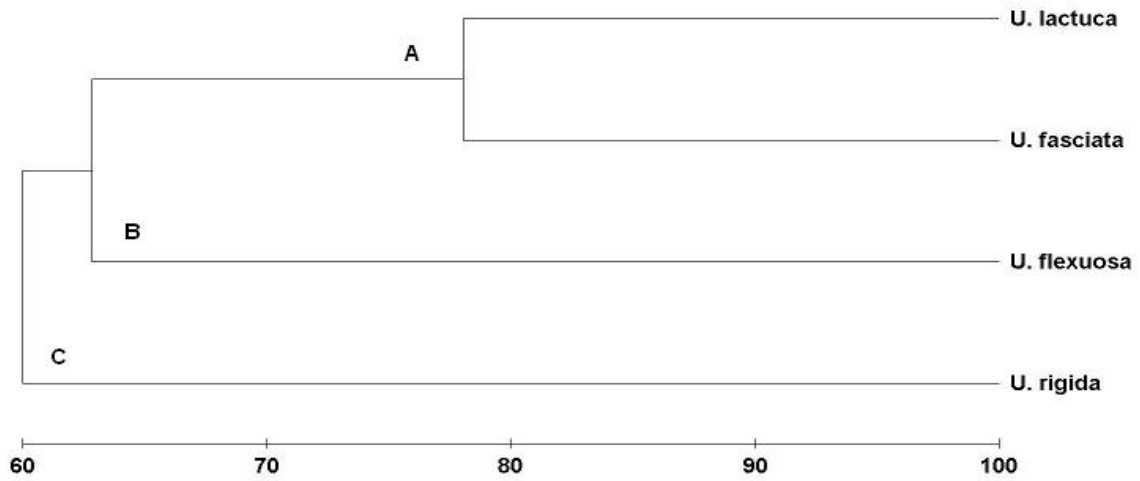


Figura 2. Variación de la riqueza de especies de microalgas epifitas sobre distintas especies de *Ulva* spp. en la Bahía de Santiago de Cuba. Febrero (1), marzo (2), abril (3) y mayo (4).

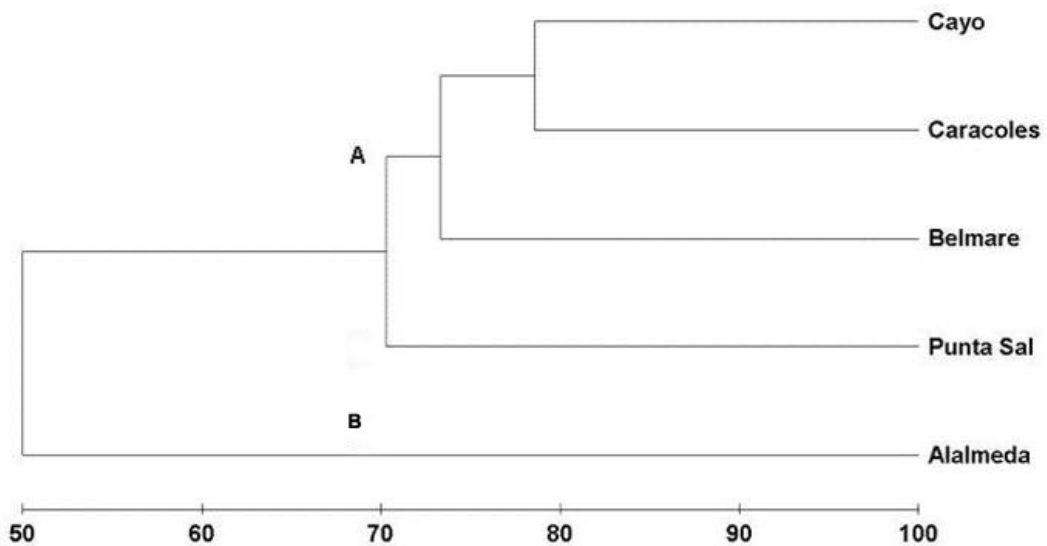
Figure 2. Variation in species richness from epiphytic microalgae over *Ulva* spp. species in Santiago de Cuba Bay. February (1), March (2), April (3) and May (4)



Similitud de Jaccard

Figura 3. Similitud de Jaccard para asociaciones de microalgas epifitas en distintas especies de *Ulva* spp. en la Bahía de Santiago de Cuba.

Figure 3. Jaccard's similarity index for epiphytic microalgae associations over different *Ulva* spp. species in Santiago de Cuba bay.



Similitud de Jaccard

Figura 4. Similitud de Jaccard para asociaciones de diatomeas epifitas sobre *Ulva* spp. en distintas localidades de muestreo en la Bahía de Santiago de Cuba.

Figure 4. Jaccard's Similarity index for the epiphytic diatoms over *Ulva* spp. in different sampling localities in Santiago de Cuba bay.

Tabla 3. Variación del pH en las localidades de muestreo (Gómez *et al.* 2001).**Table 3.** pH Variations in the sampling localities (Gómez *et al.* 2001).

| Localidades | pH | | | |
|-------------|---------|-------|-------|------|
| | Febrero | Marzo | Abril | Mayo |
| Alameda | 6.97 | 6.98 | 6.95 | 6.93 |
| Punta Sal | 7.36 | 7.39 | 7.30 | 7.30 |
| Belmare | 8.00 | 8.11 | 7.98 | 7.90 |
| Caracoles | 8.24 | 8.20 | 7.96 | 7.90 |
| Cayo Granma | 8.06 | 8.00 | 8.02 | 8.00 |

es considerado de transición del período de seca al lluvioso, que comienza en mayo (Lecha & Chugaev, 1989). Esta época se caracteriza por el aumento de los vientos del norte y frecuentes lluvias, factores que desfavorecen el crecimiento de especies epifitas (Cattaneo *et al.*, 1995). Siqueiros-Beltrones *et al.* (2002) distinguen diferencias en la estructura y composición de especies de la asociación de diatomeas epifitas en las láminas de *Macrocystis pyrifera*, lo que depende de la estacionalidad. Estos autores definen como periodo de transición, aquel donde se dan cambios en el patrón de epifitismo, destacando la dinámica en los meses de febrero a junio. En el presente trabajo se confirman cambios en dicho patrón, en abril y mayo en la Bahía de Santiago de Cuba. Las evidencias apuntan hacia una dinámica espacio-temporal de las microalgas epifitas sobre *Ulva* spp., con variaciones intraespecíficas.

La variación espacial de microalgas epifitas en las cuatro especies de *Ulva* parece estar condicionada no solo por la distribución del sustrato, sino también por los niveles de contaminación, que influyen sobre la propia distribución del sustrato; evidencia de ello es la aparición de *U. flexuosa* solamente en las localidades más interiores (Alameda y Belmare).

Los mayores valores de riqueza se obtuvieron en las especies sustrato mejor distribuidas en la bahía (*U. lactuca* y *U. fasciata*) (Figura 2), mientras que los valores más bajos están en *U. rigida*, cuya distribución se limita a las localidades de Belmare y Caracoles, y para *U. flexuosa*, que aparece en la Alameda y Belmare. La distribución de las microalgas epifitas entre las localidades de muestreo parece responder a la distribución y morfología de las macroalgas sustrato y a los niveles de contaminación del agua. La Bahía de Santiago de Cuba es receptora de aguas residuales urbanas y de vertimientos industriales directos que aportan una carga orgánica importante (Gómez *et al.*, 2001) y ha sido clasificado como un ecosistema po-

litrífico (Gómez, 2007; Gómez *et al.*, 2007). La parte interior es la más contaminada debido a las características hidrogeográficas que determinan una lenta velocidad de recambio. Es bien conocido que el fitoplancton es sensible al aumento de la concentración de nutrientes, por lo que la carga orgánica de la bahía tiene un impacto significativo sobre la comunidad fitoplanctónica (Gómez *et al.*, 2001).

Lo anterior ayudaría a explicar porqué la distribución de la riqueza de microalgas epifitas en la Bahía de Santiago de Cuba va desde la zona más contaminada, con acidificación de la columna de agua, ubicada en el lóbulo interior (Alameda), donde esta es menor, a las zonas de mayor riqueza, ubicadas en el lóbulo exterior (Caracoles y Cayo Granma) con mejor calidad de agua, coincidiendo con el gradiente descrito por Gómez *et al.* (2001).

De acuerdo con la explicación anterior, se confirma que *Ulva* spp. constituyen un sustrato propicio para el desarrollo de microalgas epifitas. La disponibilidad del sustrato y el nivel de contaminación influyen sobre la riqueza y distribución de estas, siendo su variación espacial dependiente de la variación del sustrato.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Ecotoxicología Marina de la Universidad de Oriente por proporcionar los recursos para la presente investigación. A los comentarios de David A. Siqueiros-Beltrones y a los árbitros que permitieron mejorar sustancialmente este manuscrito.

REFERENCIAS

- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 1, 310 p.
- Buschmann, A., A. Retamales & C. Figueros. 1997. Ceramialean epiphytism in an intertidal *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) bed in southern Chile. *J. Appl. Phycol.*, 9: 129-135.

- Cattaneo, A., G. Méthot, B. Pinel-Alloul, T. Niyonsenga & L. Lapierre. 1995. Epiphyte size and taxonomy as biological indicators of ecological and toxicological factors in lake Saint-François (Québec). *Environ. Pollut.*, 87: 357-372.
- Clarke, K. R. & R. N. Gorley. 2001. PRIMER v 5.2: User Manual/ Tutorial.
- Conde, D., S. Bonilla, L. Aubriot, R. de Leon & W. Pintos. 1999. Comparison of the areal amount of chlorophyll *a* of planktonic and attached microalgae in a shallow coastal lagoon. *Hydrobiologia*, 409: 285-291.
- Crayton, M. A. 1993. *Toxic Cyanobacteria Blooms: A Field/Laboratory Guide*. Office of Toxic Substances, Washington Department of Health, Olympia, WA. 995 p.
- Dawes, C.J. & A.C. Mathieson. 2008. *The seaweeds of Florida*. University of Florida Press. EUA, 592 p.
- Delgado G., C.H. Lechuga-Devéze, G. Popowski, L. Troccoli, C.A. Salinas. 2006. Epiphytic dinoflagellates associated with ciguatera in the northwestern coast of Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 54: 299-310.
- Desikachary, T.V. 1959. *Cyanophyta*. ICAR, New Delhi, India, 686 p.
- Gómez, L. 2007. Primer reporte de *Prorocentrum micans* Ehrenberg 1833 asociado a un bloom mixto de *Ceratium lineatum* y *C. fusus*, en aguas de la bahía de Santiago de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28: 177-179.
- Gómez, L., Y. Larduet & N. Abrahantes. 2001. Contaminación y biodiversidad en ecosistemas acuáticos. El fitoplancton de la bahía de Santiago de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 22(3): 191-197.
- Gómez, L., Y. Licea, U. Díaz & I. Álvarez. 2007. Primer reporte de *Cochlodinium polykrioides* (Margalef, 1961) en aguas cubanas. *Rev. Invest. Mar.*, 28: 87-89.
- Hernández-Almeida, O. U. & D. A. Siqueiros-Beltrones. 2008. Variaciones en la estructura de asociaciones de diatomeas epifitas de macroalgas de una zona subtropical. *Hidrobiológica*, 18(1): 51-61.
- Jaccard, P. 1901. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 37: 547-579.
- Jover, A., G. Llorente-Jover & N. Viña. 2009. Variación espacio-temporal de la composición de macroalgas del litoral rocoso del sector Aguadores, Plataforma Suroriental de Cuba. *Rev. Inv. Mar.*, 30 (1): 3-9.
- Lecha, L. & A. Chugaev. 1989. La bioclimatología y algunas de sus aplicaciones de clima tropical húmedo. Editorial Academia, Cuba. 35 p.
- Littler, D. S. & M. M. Littler. 2000. *Caribbean Reef Plants: an identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida, and Gulf of Mexico*. OffShore Graphics Inc., Washington DC. 542 p.
- Littler, D.S., M.M. Littler & M.D. Hanisak. 2008. *Submersed Plants of the Indian River Lagoon*. OffShore Graphics, Inc. 286 p.
- Moreira, A., M. Seisdedo, S. Leal, A. Comas, G. Delgado, R. Regadera, C. Alonso, A. Muñoz & M. Abatte. 2007. Composición y abundancia del fitoplancton de la Bahía de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 28: 97-109.
- Moreno, J., S. Licea & H. Santoyo. 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California, México. SEP-FORMES. 106 pp.
- Ortuño-Aguirre, C. & R. Riosmena-Rodríguez. 2007. Dinámica del epifitismo en *Padina concrecens* (Dictyotales: Phaeophyta) en el sureste de la Península de Baja California, México. *Cien. Mar.*, 33(3): 311-317
- Sánchez-Lizaso, J.L. & R. Riosmena-Rodríguez. 1997. Macroalgas epifitas de *Zostera marina* L. en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Oceánides*, 12 (1): 55-59.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. & O. U. Hernández-Almeida. 2006. Florística de diatomeas epifitas en macroalgas de un manchón subtropical. *CICIMAR Oceánides*, 21 (1): 11-61.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., E. Serviere-Zaragoza & U. Argumedo-Hernández. 2002. Epiphytic diatoms of *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. from the Baja California Peninsula, México. *CICIMAR Óceánides*, 17 (1): 1-9.
- Suárez, A. M., L. Gil & R. Poseck. 1989. Variación del epifitismo en *Styopodium zonale* (Lamoroux) Papenfuss a lo largo de un año. *Rev. Invest. Mar.*, 10 (1): 3-20.

- Suárez, A.M. 2005. Lista de las macroalgas marinas cubanas. *Rev. Invest. Mar.*, 26 (2): 93-148.
- Tomas, C.R. 1997. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, San Diego, California, 385 p.
- Vinogradova, K. L. & E. Sosa. 1977. Additamenta ad floram Rhodophycearum insulae Cuba. URSS, *Novitates Systematique Plantarum non Vascularum*, 14: 9-19.
- Wher, J. & R., Sheath. 2003. *Freshwater Algae of North America*. Academic Press, San Diego, California, 916 p.
- Wynne, M. 2011. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. *Beih. Nova Hedwigia*, 140. 166 p.
- Zayas, C., F. Ocaña, A. Suárez & J. La O. 2006. Variación estacional del epifitismo del fitobentos marino de Playa Guardalavaca, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 27(2): 95-101.

