

DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA DE MACROALGAS EN LA BAHÍA DE NUEVITAS, CUBA

Rubén Cabrera ^{1*}, Ángel Moreira ² y Jarentón Primelles ³

(1) Gabinete de Arqueología, Tacón No. 12, CP 10100, Habana Vieja, Cuba.

(2) Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Ministerio de Ciencia, Tecnología y medio Ambiente, Dpto. de Biodiversidad, Calle 17 esq. 46 s/n. Rto Reina, CP 55100, Cienfuegos, Cuba.

(3) Unidad Administrativa Nuevitas, Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna, Maceo No. 2, CP 72510, Nuevitas, Cuba.

(*)Autor correspondiente: Email: cabrera@arqueologia.ohch.cu

RESUMEN

Se estudió la biomasa de macroalgas presentes en cuatro sitios de la bahía de Nuevitas durante el período de octubre de 2002 a agosto de 2003. Las colectas se realizaron a través de transectos perpendiculares a la costa y como unidad de muestreo se utilizó un cuadrado de 1 m². Se analizó la estructura de la comunidad a través de aquellos géneros que más biomasa aportaron. Se registraron 20 géneros: 9 Rhodophyceae, 8 Chlorophyceae y 3 Phaeophyceae. Los géneros *Acanthophora*, *Caulerpa*, *Dictyota*, *Gracilaria*, *Hypnea* y *Laurencia* fueron comunes para todos los sitios de colecta. Las comunidades macroalgales en los sitios menos impactados por los residuales urbanos (Punta Coco y Playa Varaderito) son más diversas y equitativas, mientras que en las zonas más impactadas (Termoeléctrica y Playa Cocal) prevaleció la dominancia. La biomasa total en los sitios menos impactados responde a variaciones estacionales y en los más impactados las variaciones espaciales son más evidentes. La poca disponibilidad de sustrato constituyó un factor crítico en los bajos valores de biomasa registrados en las zonas más impactadas.

Palabras clave: biomasa; macroalgas; análisis multidimensional; ASW, Cuba.

ABSTRACT

Macroalgal biomass from Nuevitas Bay was studied in four stations from October 2002 to August 2003. Samples were collected using perpendicular transects and 1 m² square. Community structure was analyzed by means of genera with more contribution to biomass. Twenty genera were recorded: 9 Rhodophyceae, 8 Chlorophyceae and 3 Phaeophyceae. The genus *Acanthophora*, *Caulerpa*, *Dictyota*, *Gracilaria*, *Hypnea* and *Laurencia* were common for all stations. Macroalgal communities were more diverse and equitable in the station with less anthropogenic impacts (Punta Coco and Playa Varaderito), while the stations with more impacts showed dominant species. Total biomass in the stations with less impact is influenced by seasonal variations while the stations with more impacts showed spatial variations. The low biomass values recorded in the more impacted stations were strongly related with the low availability of substrata.

Key words: biomass; macroalgae; multivariate analysis; ASW, Cuba.

Las macroalgas poseen tasas de producción muy elevadas y al ocupar con rapidez los sustratos, limitan el reclutamiento de muchos organismos bentónicos (Williams *et al.*, 2001). Muchas de éstas, presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas que las protegen de los herbívoros (Hay, 1997), y por esta razón, se incorporan al ciclo de los elementos, solo por vía detritica (Hughes, 1994; Shulman y Robertson, 1996; McClanahan y Muthiga, 1998); lo que representa un cambio en la estructura de las comunidades. En tal sentido, su proliferación o predominio, con independencia de sus particularidades anatómicas, constituye un indicador para la detección de fenómenos naturales o disturbios antrópicos.

En la bahía de Nuevitas, la actividad industrial y urbana genera algunos desechos que se vierten en la columna de agua, lo que hacen de ésta, una zona eutrófica, mesotrófica u oligotrófica, en determinados sitios, en relación con la cercanía de las fuentes de vertimiento (Villasol *et al.*, 2003), aunque puede considerarse como una bahía oligotrófica, dada su extensión y capacidad de dilución. En ésta se han realizado varios trabajos sobre las comunidades de algas marinas: Martínez-Daranas *et al.*, (1996); Cabrera (2002); Cabrera *et al.* (2004); Cabrera *et al.* (2005), sin embargo, en ninguno de éstos se evalúa la biomasa de los géneros más conspicuos.

Este trabajo tiene como objetivo investigar la variación espacio-temporal de la biomasa de macroalgas en la Bahía de Nuevitas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

La Bahía de Nuevitas, se localiza al NE de Camagüey, está subdividida en dos lóbulos (Fig. 1), al noreste se encuentra la Ensenada de Mayanabo, con escasa cobertura de fanerógamas marinas y sustrato inconsolidado generalmente y al sureste se encuentra la bahía de Nuevitas propiamente dicha, donde el recubrimiento de fanerógamas marinas es apreciable.

La investigación se realizó en una porción costera aledaña a la ciudad, comprendida entre las barriadas de Santa Rita y San Jacinto. Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo (Fig. 1):

1. Un sitio impactado por las descargas de hidrocarburos y desechos industriales principalmente (Termoeléctrica), con sustrato predominantemente fangoso y escasa superficie dura.

2. Un sitio medianamente afectado, por la carencia de sustrato duro para la colonización de macroalgas y con baja carga orgánica (Playa Cocal).

3. Dos sitios de referencia (Punta Coco y Playa Varaderito), considerados de condiciones óptimas en cuanto a sustrato se refiere, al tener rocas aisladas, la primera y tener un sustrato predominantemente rocoso, la segunda. Ambos sitios presentan claros de arena y están próximos a pastos marinos de *Thalassia testudinum* Banks ex König y *Halodule wrightii* Ascherson.

Los distintos niveles de perturbación en la zona se hallan a diferentes escalas en los sitios de muestreo, y ninguno de éstos puede considerarse como prístino. En Punta Coco y Playa Cocal se concentran dos asentamientos rurales (Santa Rita y San Jacinto) y aunque pudiesen verse residuales, no llegan a ser lo suficientemente puntuales como para generar un cambio drástico en la composición específica, como ocurre en la Termoeléctrica, adicionalmente la carencia de sustrato duro para la colonización en Playa Cocal, hace aún más difícil emitir una valoración de la perturbación real de este sitio teniendo en cuenta solo las macroalgas.

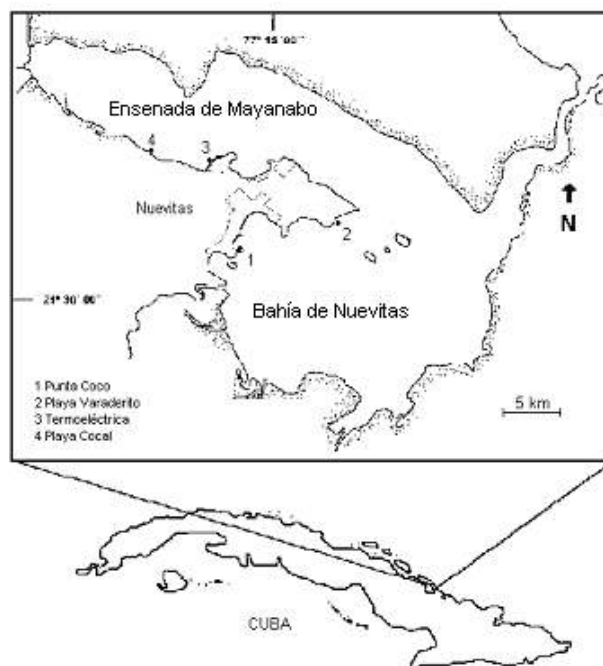


Fig. 1. Bahía de Nuevitas: ubicación de las estaciones de muestreo.

Por su parte, Playa Varaderito es un balneario y área de pesquería de subsistencia. Aunque este último factor es de acción permanente en toda la zona, a excepción de la Termoeléctrica, en el presente estudio este factor no es evaluado.

Procesamiento y toma de muestras:

En este se analiza la estructura comunitaria a través de aquellos géneros que pueden ser determinados *in situ*, sin acudir a estudios taxonómicos muy laboriosos.

En cada sitio se realizaron cuatro muestreos, entre el 2002 y el 2003, correspondientes a los meses de octubre del 2002, y enero, abril y agosto del 2003, para un total de 16 muestras (4 meses x 4 sitios).

Se empleó un marco cuadrado de 1 m de lado (Dodge *et al.*, 1982), como unidad de muestreo (UM). Cada una de éstas se dispusieron en dos transectos perpendiculares a la línea de costa, con la ayuda de una cuerda de 20 m de longitud, marcada regularmente cada 5 m, partiendo del metro 0, considerado como punto geométrico, tomando 5 UM por transecto.

Biomasa total

En cada UM se recolectó todas las algas enmarcadas en el cuadrado con la ayuda de una espátula metálica, a través del método de raspado directo. Las algas se colocaron en bolsas de plástico, y posteriormente se fijaron en formalina al 5%.

El análisis de la biomasa se realizó a través de los géneros de macroalgas más conspicuos, para ello se seleccionaron los géneros que representan el 75% de la abundancia relativa total y se caracterizan por ser de fácil determinación *in situ*. Los de categoría dudosa para una identificación *a priori*, no se tuvieron en cuenta en este análisis. Se obtuvieron los valores de biomasa húmeda para cada género, después de haber eliminado de la superficie, el agua remanente. Éstos se pesaron utilizando una balanza técnica OHAUS con precisión de 1 g.

Análisis de datos

Análisis de varianza

En el análisis de varianza se consideró un diseño bifactorial de efectos fijos, en el cual los factores fueron los meses (4 niveles) y los sitios (4 niveles). Quedaron definidos así 16 tratamientos. Para la realización de esta prueba paramétrica, se determinó si existía dependencia de la varianza con respecto a la media para los datos de biomasa total.

El análisis de varianza se hizo sobre los datos transformados por la ley de potencia de Taylor (Elliot, 1971), y la comparación de las medias se realizó por medio de una prueba *a posteriori* utilizando el método de Student-Newman-Keuls (SNK) (Zar, 1996). Todas las pruebas se realizaron con un nivel de significación de 5%. El análisis de los datos se realizó mediante el programa STATISTICA 5.0 (StatSoft, 1995).

Análisis multidimensional

Para determinar las variaciones en los valores de biomasa entre los diferentes géneros por sitios y meses, se utilizó un análisis de clasificación numérica jerárquico aglomerativo, según Boesch (1977). Como índice de afinidad se empleó el Índice de Disimilitud de Bray-Curtis y como método de agrupamiento se aplicó el Algoritmo de Promedio de Grupos (UPGMA).

Con el objetivo de conocer el porcentaje de contribución de cada género a la formación de los grupos, se emplearon dos procedimientos: los índices de constancia y fidelidad nodal, según Boesch (1977) y la rutina de SIMPER.

Para el ordenamiento de los sitios, analizando la biomasa de los géneros más conspicuos, se empleó la técnica del Escalado Multidimensional No Métrico, utilizando el mismo índice de afinidad descrito anteriormente. Los acumulados de biomasa fueron transformados previamente por la expresión $\text{Log}(x + 1)$.

El procesamiento de los datos se realizó mediante el programa PRIMER 5.2 (Clarke y Warwick, 2001).

Las diferencias en la estructura de las comunidades en las combinaciones sitio/mes, fueron exploradas mediante un análisis de similitud con dos vías (ANOSIM2). El ANOSIM2 utiliza una matriz de similitud de Bray-Curtis, comparando entre pares de muestras para calcular un estadístico *R*. El significado de la *R* se calculó usando una prueba de permutación. El cálculo se realizó con el programa PRIMER 5.2 (Clarke y Warwick, 2001).

Curva de rango-biomasa

Se utiliza el diagrama de rango-abundancia (May, 1975), empleando la expresión:

$$d = n_i / N = p_i,$$

donde:

d = fracción con que cada género contribuye a la biomasa

n_i = biomasa de un género

N = total de biomasa de la comunidad

Para la confección de este diagrama, se utilizan los registros de biomasa húmeda de los géneros seleccionados por su abundancia, ofreciendo la relación entre la diversidad, equitatividad y dominancia en función de la longitud de la curva, pendiente y distancia entre puntos. Para su representación gráfica se modifica la expresión (*p_i*) al \log_{10} . El cálculo se realizó con el programa EXCEL (2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron 20 géneros conspicuos durante el periodo de estudio (Tabla 1), de los cuales 9 pertenecen a Rhodophyceae, 8 a Chlorophyceae y 3 a Phaeophyceae. Los géneros: *Acanthophora*, *Caulerpa*, *Dictyota*, *Gracilaria*, *Hypnea* y *Laurencia* tienen poca afinidad por un sitio específico, y puede decirse que su presencia es común en sentido general en toda la zona.

Tabla 1. Géneros más conspicuos en la zona de estudio.

CHLOROPHYTA	sitios	abr
<i>Acetabularia</i>	4	ACE
<i>Bryopsis</i>	1-2	BRY
<i>Caulerpa</i>	1-4	CAU
<i>Halimeda</i>	3	HAL
<i>Penicillus</i>	4	PEN
<i>Rhipocephalus</i>	4	RIP
<i>Udotea</i>	3-4	UDO
<i>Ulva</i>	2-4	ULV
PHAEOPHYTA		
<i>Dictyota</i>	1-3	DIC
<i>Padina</i>	1-2	PAD
<i>Sargassum</i>	1	SAR
RODOPHYTA		
<i>Acanthophora</i>	1-4	ACA
<i>Bostrychia</i>	2	BOS
<i>Digenea</i>	3	DIG
<i>Galaxaura</i>	2	GAL
<i>Gelidiella</i>	1-2	GEI
<i>Gelidium</i>	1-2	GEL
<i>Gracilaria</i>	1-3	GRA
<i>Hypnea</i>	1-4	HYP
<i>Laurencia</i>	1-4	LAU

Aunque Littler y Littler (1997) consideran a *Caulerpa* un género indicador de condiciones estables y constantes, éste conjuntamente con: *Acanthophora*, *Hypnea* y *Laurencia* se encuentra uniformemente distribuido en todos los sitios de colecta, lo que indica, que algunas especies del género pueden responder favorablemente a diferentes disturbios.

El ANOVA bifactorial, indicó interacción significativa entre los niveles de los dos factores analizados ($F(9; 120) = 10.80$, $p < 0.026^*$). La biomasa media total de algas presentó variaciones en tiempo y espacio (Fig. 2). Al parecer los sitios menos impactados por el exceso de desechos urbanos e industriales (Playa Varaderito y Punta Coco) responden a variaciones temporales, mientras que en el sitio más afectado por la nutrificación (Termoeléctrica) las variaciones

espaciales son más evidentes. Esto demuestra la sinergia propia de las interacciones, cuyo significado en muchos casos, tiene un carácter complejo.

De forma general, en todos los sitios de colecta, con excepción de Playa Cocal, se observa un incremento en los valores de biomasa en el mes de agosto (Fig. 2), esto puede atribuirse a la sucesión de las especies que ocurre durante este mes (período lluvioso) cuando se incrementan los nutrientes producto al arrastre de las lluvias.

En la Termoeléctrica, próxima a una fuente de vertimiento, no es posible apreciar un patrón en función de la estacionalidad; además no es posible establecer una comparación entre la influencia de los residuales urbanos o eutrofización, con la abundancia de macroalgas, como lo hicieron Lapointe (1997 y 1999) y McClanhan *et al.* (2002), debido a que tal vez, los resultados están sesgados o subestimados por la ausencia de sustrato firme, lo que imposibilita colonizar el área a *Digenea*, *Acanthophora* y *Ulva*, géneros más frecuentes en la zona.

Además, en el área de la Termoeléctrica, al igual que en estudios anteriores realizados por Cabrera *et al.* (2004), se observó poca abundancia de los grupos capaces de desarrollarse libres sobre el sedimento o sobre otras macroalgas o fanerógamas como es el caso del género *Chaetomorpha* en la bahía de Cienfuegos (Moreira *et al.*, 2003). Un caso excepcional lo constituye el género *Halimeda*, con estructuras de fijación de probada eficiencia en sustratos diversos (Hillis, 1990), que aunque es capaz de adaptarse a niveles apreciables de enriquecimiento, no responde al aumento en biomasa como: *Acanthophora*, *Dictyota* e *Hypnea* en iguales condiciones (Fong *et al.*, 2003), y sus niveles están por debajo de estas macroalgas de una condición más generalista.

La interpretación de las condiciones de Playa Cocal requiere una explicación especial, a pesar que los géneros: *Penicillus*, *Udotea* y *Rhipocephallus* son capaces de formar praderas continuas con elevada densidad, y por tanto biomasa (Terrunco *et al.*, 1993), en la zona crecen como elementos aislados y esparcidos (Cabrera *et al.*, 2004), esto pudiese estar determinado por la inconsistencia del sustrato para el anclaje de los propágulos, lo que se agrava por la ausencia de fanerógamas marinas, las que garantizan no solo la estabilidad de los sedimentos, sino que ofrecen las condiciones para el asentamiento de las comunidades algales (Hemminga y Duarte, 2000).

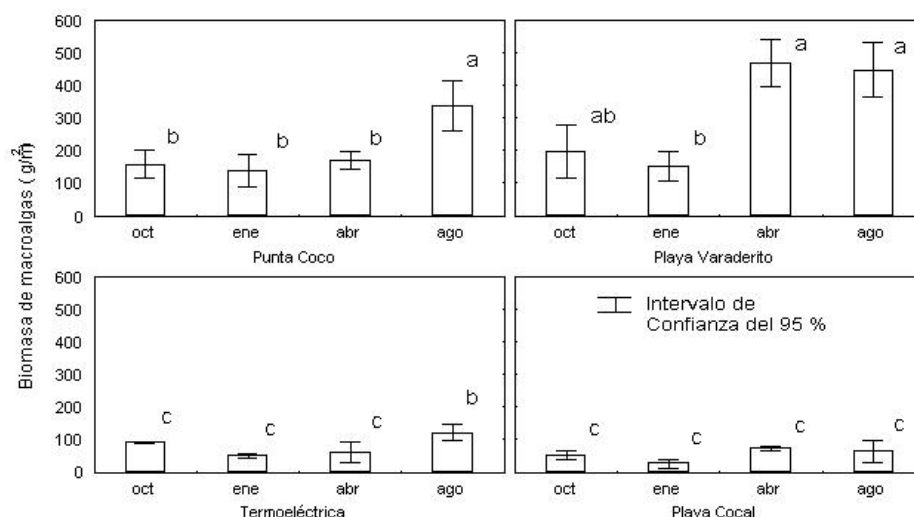


Fig. 2. Valores medios de biomasa total. Letras diferentes indican diferencias significativas directas ($p < 0.05$) entre medias según la prueba SNK.

Para el estudio de las asociaciones de algas como un todo, es de vital importancia el análisis multidimensional, que simplifica los datos multidimensionales complejos a representaciones de baja dimensión y pueden ser fácilmente interpretados. A partir de estas representaciones a lo largo de gradientes (métodos de ordenación) o como grupos (métodos de clasificación) se pueden formular hipótesis que involucren factores ambientales específicos (Clark y Warwick, 2001).

El análisis de la clasificación numérica para datos de biomasa, según las categorías definidas en las combinaciones sitio/mes y por género, tienen como criterios de definición de agrupamientos el 70% disimilitud (Fig. 3 y 4).

La separación de las combinaciones sitio/mes en tres grupos principales, Punta Coco y Playa Varaderito (I), Termoelectrica (II) y Playa Cocal (III), evidencian que la estructura de la comunidad tiene una variación espacial más preponderante que la temporal.

Al igual que el análisis de clasificación numérica, el escalado multidimensional no métrico, corrobora los mismos resultados (Fig. 5), destacándose la diferenciación espacial acentuada entre Punta Coco y Playa Varaderito, con respecto a la Termoelectrica y Playa Cocal, poco similares entre sí, representado por su mayor separación. El estrés de la prueba es bajo, por lo que la distribución de los puntos en el espacio bidimensional no se aleja de la representación multidimensional real.

El enriquecimiento orgánico proveniente de las fuentes puntuales de contaminación, es quizás el principal factor que contribuye en la actualidad a determinar la estructura de las asociaciones algales en la Termoelectrica, resultados semejantes para otros taxa (e.g. peces), fueron observados por González-Sansón y Aguilar (2003), en los puntos cercanos a las fuentes de contaminación. La diferenciación de Playa Cocal, al parece guardar mayor relación con la disponibilidad de sustrato para la colonización (Cabrera *et al.*, 2004).

La mayor similitud de los sitios que se hallan en el grupo I (Punta Coco y Playa Varaderito), presumiblemente está correlacionado con las posibilidades de anclaje que ofrecen las rocas y su cercanía a biotopos de pastos marinos, los que garantizan no sólo la estabilidad de los sedimentos, sino que también proporcionan una mayor diversidad de las comunidades asociadas al biotopo (Suárez, 1989).

Al comparar la escala de disimilitud global del dendrograma en las combinaciones por sitio/mes, teniendo en cuenta la rutina de SIMPER, se observa que los niveles de diferenciación son elevados (I y II = 91.37%; I y III = 94.56%; II y III = 90.09%). La Tabla 2 muestra la contribución real de los géneros al porcentaje de desigualdad.

Al examinar la contribución de cada género a la diferenciación por grupos, se aprecia que la combinación de siete a cuatro géneros, marcan el 60% o más de la diferencia global.

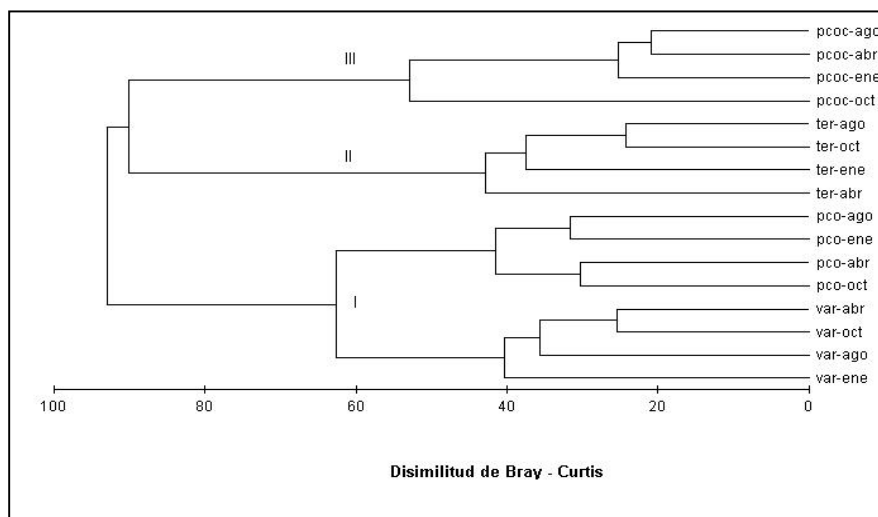


Fig. 3. Dendrograma del Índice de Disimilitud de Bray-Curtis por sitios y meses de colecta. Los sitios se representan como sigue: pco= Punta Coco, var= Playa Varaderito, ter= Termoeléctrica, pcoc= Playa Cocal. Los meses: oct= octubre, ene= enero, abr= abril, ago= agosto.

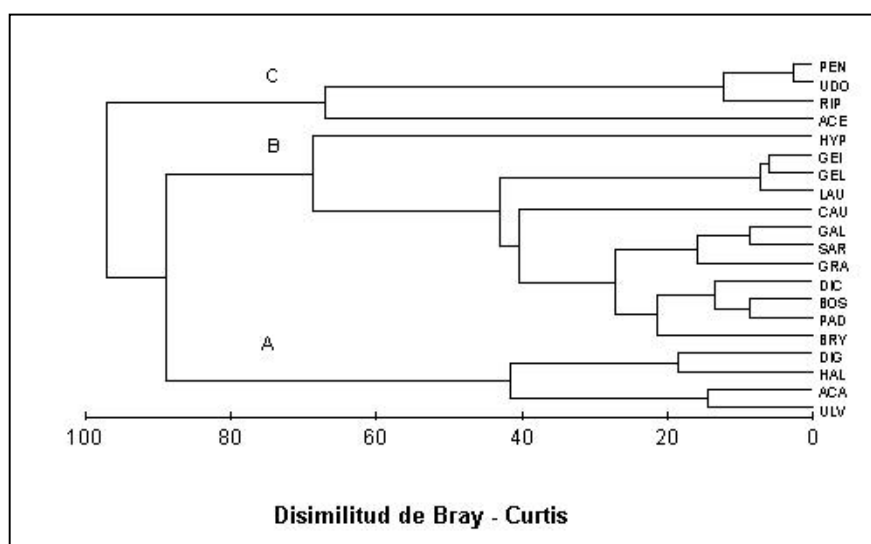


Fig. 4. Dendrograma del índice de Disimilitud de Bray-Curtis por género. Identificación de los géneros en Tabla 1.

El examen más detallado de los niveles individuales de cada uno confirman que en 11 de ellos (*Acetabularia*, *Bryopsis*, *Caulerpa*, *Dictyota*, *Digenea*, *Galaxaura*, *Gracilaria*, *Halimeda*, *Laurencia*, *Penicillus* y *Ulva*), resumen las mayores contribuciones en biomasa de todas las comunidades y adicionalmente pueden considerarse como perennes de uno o varios sitios (Tabla 1), con pocas variaciones estacionales.

Sargassum y *Padina* están presentes con baja abundancia (4.07- 6.035%) en Punta Coco y Playa Varaderito, por su parte *Acanthophora* e *Hypnea* a

pesar de estar presente en todas los sitios y meses, su contribución sólo es significativa en la Termoeléctrica (4.65 y 3.56%), considerada discreta si se comparan con los niveles registrados por Fong *et al.* (2003).

Bostrychia, *Gelidiella* y *Rhipocephalus* son géneros que sus registros en biomasa no rebasan el 90% de contribución, y a pesar ser conspicuos, su abundancia en los sitios (Playa Varaderito y Punta Coco) puede considerarse baja.

Tabla 2. Géneros que contribuyen al 60% o más de la diferenciación entre grupos de combinaciones sitio/mes utilizando la rutina de SIMPER.

GRUPO	GÉNEROS	% DE CONTRIBUCIÓN
I y II	<i>Bryopsis</i>	63.81 %
	<i>Dictyota</i>	
	<i>Digenea</i>	
	<i>Galaxaura</i>	
	<i>Gracilaria</i>	
	<i>Halimeda</i>	
II y III	<i>Ulva</i>	61.30%
	<i>Digenea</i>	
	<i>Halimeda</i>	
	<i>Penicillus</i>	
	<i>Ulva</i>	
III y I	<i>Acetabularia</i>	64.53%
	<i>Bryopsis</i>	
	<i>Caulerpa</i>	
	<i>Dictyota</i>	
	<i>Gracilaria</i>	
	<i>Laurencia</i>	
	<i>Penicillus</i>	

Al evaluarse el significado del análisis de constancia y fidelidad nodal, en base a los grupos generados por sitios y por géneros (Tabla 3), se tiene que el grupo (A), integrado por: *Acanthophora*, *Digenea*, *Halimeda* y *Ulva*, presentan registros elevados en el agrupamiento II. Una cuestión similar se verifica en B y C, integrados por *Bostrychia*, *Bryopsis*, *Caulerpa*, *Dictyota*, *Galaxaura*, *Gelidiella*, *Gelidium*, *Gracilaria*, *Hypnea*, *Padina*, *Laurencia* y *Sargassum* en el agrupamiento B, y *Acetabularia*, *Penicillus*, *Rhiphocephallus* y *Udotea* en C, con mayor fidelidad a los grupos I y III respectivamente.

Tabla 3. Valores de cada grupo por género (A-C) dentro de cada agrupamiento por sitio (I-III).

Grupo	CONSTANCIA NODAL			FIDELIDAD NODAL		
	A	B	C	A	B	C
I	0.16	2.84	0.00	0.30	3.26	0.00
II	1.80	0.90	0.10	3.00	1.60	0.40
III	0.09	0.20	2.90	0.30	0.55	3.80

El análisis anterior corrobora que en la zona, muchos grupos de macroalgas están limitados por las concentraciones de nutrientes como: *Penicillus*,

Sargassum, *Galaxaura*, *Bostrychia*, *Gelidium* y *Gelidiella*, que fueron dominantes en zonas no afectadas por residuales urbanos e industriales. Sin embargo, otros grupos son favorecidos por éstos como: *Acanthophora*, *Ulva* e *Hypnea* especies oportunistas y que predominaron en el grupo (II) con impacto antrópico, resultados semejantes han sido registrados por Lapointe (1997), Lapointe *et al.*, (1997) y Sfriso *et al.*, (2001), a excepción del género *Digenea* que aunque se presentó en el segundo agrupamiento, no es frecuente en sitios afectados. Además, en el estudio se comprobó que el sustrato es un elemento importante en la distribución de algunas especies, especialmente aquellas que presentan una estructura de fijación evidente como: *Bostrychia*, *Gelidium* y *Gelidiella* grupos que solo aparecen sobre rocas.

En los sitios con mayor disponibilidad de sustrato, la biomasa al igual que la diversidad, según Cabrera *et al.* (2004), fue mayor, mientras que en los sitios de sustrato arenoso la biomasa fue muy baja, en correspondencia con lo observado por Trelles *et al.* (2001), provocando una distinción especial en cuanto a la composición específica en zonas impactadas (Lavery *et al.* 1991) y las menos perturbadas (Cabrera *et al.*, 2004).

Los resultados de *R* global en sus dos niveles, son significativos ($p = 0.001^*$), $R = 0.64$ (sitio) y $R = 0.23$ (mes), los *R* por pruebas pareadas con 999 permutaciones por sitios van desde 0.19-0.49 a 0.39-0.77 por meses. Por lo tanto, en ambos niveles es posible distinguir diferencias en cuanto a los acumulados de biomasa a diferentes escalas. El alto valor de *R* por sitios puede ser considerado como proporcional a la magnitud de las diferencias entre éstos (Clark y Warwick, 2001), con mayor claridad que la aportada por los meses, lo que permite afirmar que en la estructura de las comunidades de algas a nivel de género, el componente espacial tiene un mayor significado que el temporal. Por tanto, la estructura de las asociaciones cambia más con relación al espacio que en el tiempo, esto confirma lo planteado con relación a la disponibilidad de sustrato en cada sitio y al impacto antrópico que se ejerce sobre cada uno de éstos.

Las variables biomasa total, área libre de vegetación y cobertura, presentaron correlaciones significativas directa e inversa (Fig. 6) entre la biomasa total y la cobertura ($r = 0.78$) y entre esta última y el área libre de vegetación ($r = 0.78$). Esto demuestra que existe una asociación muy estrecha

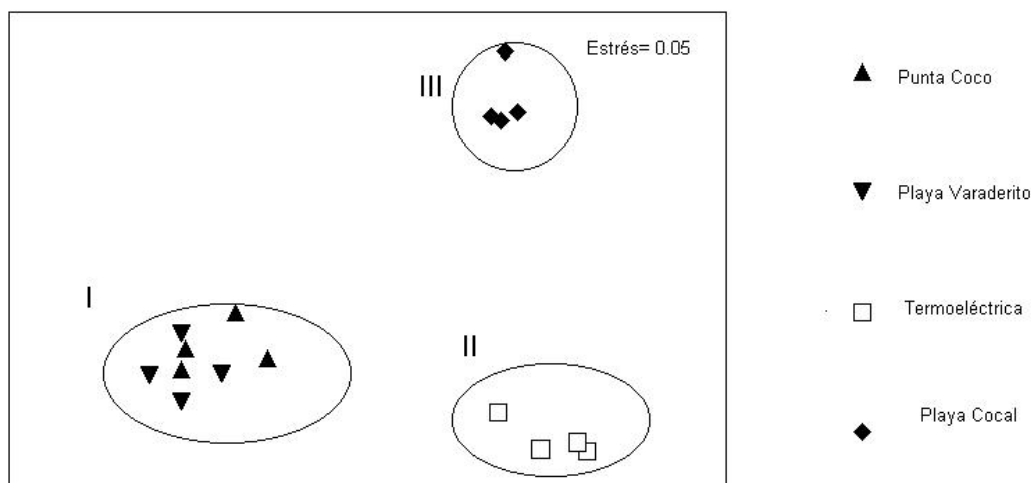


Fig. 5. Escalado Multidimensional No Métrico (nmMDS) empleando como índice de afinidad el Índice de Disimilitud de Bray-Curtis.

entre el área cubierta por vegetación con respecto al volumen que esta ocupa en el espacio. Por tanto, con analizar una de estas variables sería suficiente para explicar los cambios operados, algo similar pero con carácter inverso sucede entre el área libre y la biomasa total ($r = -0.60$).

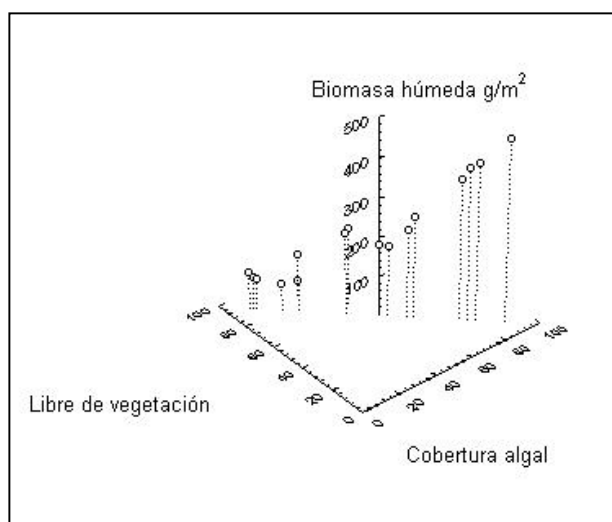


Fig. 6. Cobertura algal y biomasa total en relación con el área libre de vegetación.

Un elemento que merece ser mencionado es que las unidades muestrales más próximas a la línea de costa, presentaron acumulados de biomasa más elevados que el resto (Fig. 7), ello coincide en parte con los resultados expuestos por Martínez-Daranas *et al.* (1996), que plantean que la

abundancia de vegetación disminuye a medida que se aleja de la orilla. Ello puede ser causado por la disminución de la luz, asociada a la resuspensión del sedimento (Lüning, 1990, Costa *et al.*, 2002), relación que se cumple de forma inversa en Playa Cocal (Fig. 7), lo que resulta comprensible si se analiza no sólo la naturaleza arenosa del sustrato, sino también, que los géneros más comunes como *Penicillus* y *Udotea* son infrecuentes en sentido general en zonas de batimiento (Littler y Littler, 2000).

La propia naturaleza del sustrato, la influencia de contaminantes y la posible reducción de los herbívoros, así como su relación con las particularidades anatómicas de las macroalgas, son elementos necesarios a tener presentes para dar una explicación coherente, al analizarse los efectos combinados de múltiples disturbios.

La equitatividad y la diversidad en la Termoeléctrica (3) y Playa Cocal (4) son superadas por la dominancia, relación que es crítica en Playa Cocal (Fig. 8), contrario a lo observado en Punta Coco (1) y Playa Varaderito (2), donde las comunidades algales son más diversas y la distribución de los géneros en función a la biomasa es más equitativo, reflejado en la menor distancia entre puntos, ello está en correspondencia a los resultados obtenidos por Cabrera *et al.* (2004), utilizando el 100% de las especies en la zona. Esta dualidad de resultados, permite comprobar que el diagnóstico rápido a nivel de género no solo economiza tiempo, sino que ofrece los mismos resultados.

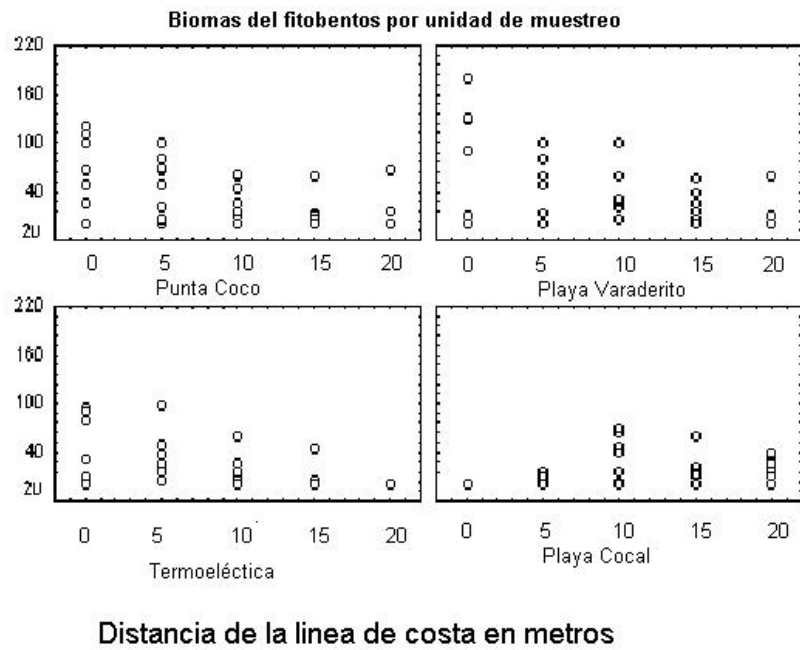


Fig. 7. Biomasa húmeda por unidad de muestreo (en función a la distancia de la línea de costa).

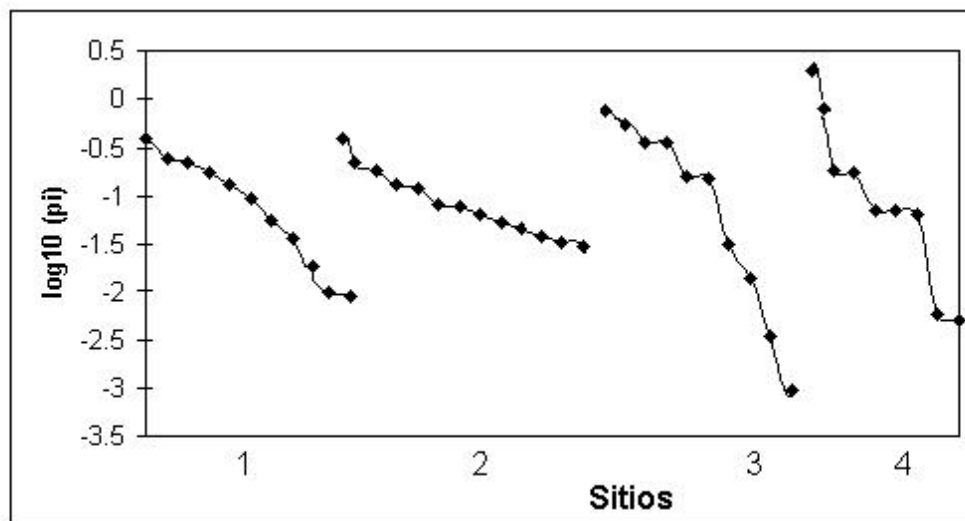


Fig. 8. Curva de rango-biomasa de los géneros más conspicuos. Para la denominación de los sitios remitirse a la Fig. 1.

REFERENCIAS

Boesch, D.F. (1977): Application of numerical classification in ecological investigations of water pollution. Virginia Institute of Marine Science, *Special Scientific Report 77*: ix + 113 pp.

Cabrera, R., A. Moreira y A.M. Suárez (2004): Variación en la composición y estructura de las asociaciones algales en la Bahía de Nuevitás, costa NE de Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 25(2): 133-142.

- Cabrera, R. (2002): Estructura y funcionamiento de las comunidades macrofitobentónicas en la bahía de Nuevitas, costa NE de Cuba. *Tesis de Maestría*. Universidad de la Habana, 38 pp.
- Cabrera, R., A. Moreira, J. Primelles y A.M. Suárez (2005): Variación de la biomasa de *Chondrophycus papillosus* (C. Agardh) Garbary et Harper (Ceramiales: Rhodophyta) y su epifitismo en la bahía de Nuevitas, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 26(1): 15-20.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. (2001): *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. PRIMER-E. Plymouth, 257 pp.
- Costa, O., M. Attrill, G. Pedreni y C. de Paula (2002): Spatial and seasonal distribution of seaweeds on the Coral Reefs from Southern Bahia, Brazil. *Botanica Marina*. 45:346-355.
- Dodge, R.E., A. Logan y A. Antonius (1982): Quantitative reef assessment studies in Bermuda: A Comparison of Methods and Preliminary Results. *Bull. Mar. Sci.* 32(3): 745-760.
- Elliot, J. M (1971): Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Fresh Water Biological Association, Scientific Publication 25: 1-144 pp.
- Fong, P., K. Boyer y K. Boley (2003): Influence of initial tissue nutrient status of tropical marine algae on the response to nitrogen and phosphorus additions. *Mar. Ecol. Proc. Ser.* 262: 111-123.
- Hemminga, M.A y C.M. Duarte (2000): *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, 298 pp.
- González-Sansón, G. y C. Aguilar (2003): Variaciones espaciales y temporales en la abundancia de las especies dominantes de peces de arrecife de coral en la costa de Ciudad de la Habana, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 24(2): 99-110.
- Hay, M.E. (1997): The ecology and evolution of seaweed-herbivore interactions on coral reefs. *Coral Reefs*. 16: 567-576.
- Hillis-Colinvaux, L. (1990): Marine biodiversity: communities of the land-ocean interface, with emphasis on the stressed coralgal (coral) reef system. Report of a Meeting of the Marine Biological Diversity Working Group, Woods Hole Oceanog. Inst. Tech. Rep. 9013:16-17.
- Hughes, T.P. (1994): Catastrophes, phase shifts, and large scale degradation of a Caribbean Coral Reef. *Science*, 265: 1547-1551.
- Lapointe, B.E. (1997): Nutrient thresholds for bottom-up forces control macroalgal blooms on coral reef growth. *Limnol. Oceanogr.*, 24: 935-940.
- Lapointe, B.E. (1999): Simultaneous top-down and bottom-up forces control macroalgal blooms on coral reefs (Reply to the comment by Hughes *et al.*) *Limnol. Oceanogr.*, 44: 1586-1592.
- Lapointe, B.E., M. M. Littler y D.S. Littler (1997): Macroalgal overgrowth of fringing coral reefs at Discovery Bay, Jamaica: Bottom-up versus Top-down control. *Proc. 8th Int. Coral Reefs Sym.* 1: 927-932.
- Lavery, P.S., R.J. Lukatelich y A.J. McComb (1991): Changes in the biomass and species composition of macroalgae in a eutrophic estuary. *Estuarine Coastal Shelf. Sci.*, 33: 1-22.
- Littler D.S. y M.M. Littler (1997): An illustrated marine flora of the Pelican Cays, Belize. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, 9: 1-149.
- Littler, D.S. y M.M. Littler (2000): *Caribbean Reef Plants*. OffShore Graphics, Inc., Washington, D. C., 542 pp.
- Lüning, K. (1990): *Seaweeds. Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. John Wiley & Sons, Inc, New York, 527 pp.
- Martínez-Daranas, B., C. Jiménez y P. Alcolado (1996): Prospección del Macrofitobentos de los fondos blandos del Archipiélago Sabana – Camagüey, Cuba. *Avicennia* 4/5: 77-88.
- May, R.M. (1975): Patterns of species abundance and diversity. *En: Ecologic and Evolution of communities*. (M.L. Cody & J.M. Diamond, eds.), pp:81-120.
- McClanahan, T.R y N.A. Muthiga (1998): An ecological shift in a remote coral atoll of Belice over 25 years. *Environ. Cons.*, 25: 122-130.
- McClanahan, T.R., B.A. Cokos y E. Sala (2002): Algal growth and species composition under experimental control of herbivory, phosphorus and coral abundance in Glovers Reef, Belize. *Mar. Poll. Bull.*, 44: 41-451.

Moreira, A., M. Gómez, A. León, P. Pozo, R. Cabrera y A. M. Suárez (2003): Variación en la composición y abundancia de macroalgas en el área protegida de Laguna Guanaroca, provincia de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 24(3):177-184.

Sfriso, A., T. Birkemeyer y P.F. Ghetti (2001): Benthic macrofauna changes in areas of Venice Lagoon populated by seagrasses or seaweeds *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 52: 323-349.

Shulman, M.J. y D.R. Robertson. (1996): Changes in the coral reefs of San Blas, Caribbean Panama: 1983 to 1990. *Coral Reefs.*, 15: 231-236.

StatSoft Inc. (1995): STATISTICA for Windows (Computer Program Manual).Tulsa, OK, USA.

Suárez, A.M. (1989): Ecología del macrofitobentos de la plataforma de Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 10(3):187-206.

Terrunco, D., M.A. González y W.D. Liddell (1993): Integración ecológica de grupos funcionales en la laguna arrecifal de Alacranes, Yucatán México. *Brenesia.* (39-40): 37-49.

Trelles, J., A.M. Suárez y E. de la Guardia (2001): Macroalgas dominantes de Playa Herradura

plataforma noroccidental de Cuba: Caulerpales y Dictyotales. *Rev. Invest. Mar.* 22(1): 1-6.

Villasol, A., F. Ruiz, A. T. Pérez, R. García, J. Moré, O. Gordi, M. Valdés, F. Potrillé, F. Solar, I. Periles, R. Rodríguez, R. Álvarez, H. Mancebo, S. Hernández, R. Regadera, J. Beltrán, I. Torres, O. Pérez, M. Ramírez y N. Peñalver (2003): *Diagnóstico de la calidad ambiental del Ecosistema bahía de Nuevitas*. Informe Parcial del proyecto: Evaluación y control de la contaminación marina en las bahías de Cienfuegos, zona Varadero-Cárdenas, Matanzas, Mariel, Nuevitas, Nipe, Puerto Padre y Santiago de Cuba. Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas, Ciudad de la Habana, 74 pp.

Williams, I.D., N.V.C. Polunin y V.J. Hendrick (2001): Limits to grazing by herbivorous fishes and the impact of low coral cover on macroalgal abundance on a coral reef in Belize. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 222: 187-196.

Zar, J.H. (1996): *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 3ra. Ed., x + 662 pp.

Aceptado: 4 de noviembre de 2005