

# RESPUESTA DE LAS ESPECIES MACROALGALES A LAS ADICIONES DE VARIOS TIPOS DE SEDIMENTOS: UN BIOENSAYO EN ARRECIFES DEL PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA

## MACROALGAL RESPONSES TO ADDITION OF DIFFERENT TYPE OF SEDIMENTS: A BIOASSAY IN REEFS FROM THE TAYRONA NATIONAL NATURAL PARK

*Lenin Florez-Leiva, Alejandro Rangel-Campo, Marta Díaz-Ruíz, Dagoberto Venera-Pontón y Guillermo Díaz-Pulido*

### RESUMEN

El incremento de las tasas de sedimentación en el medio marino, producto de la deforestación, prácticas de agricultura y uso inadecuado del suelo entre otros, ha generado preocupación por el impacto negativo que puede tener en los arrecifes coralinos. Uno de los componentes biológicos más importante de los arrecifes de coral son las algas bentónicas. A pesar de su importancia es muy poco lo que se conoce de los impactos de la sedimentación en la ecología de las algas benthicas tropicales. En este estudio se examinaron los efectos de la adición de sedimentos de diferente naturaleza en la abundancia y estructura de la comunidad de las algas arrecifales en la bahía de Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. Los resultados indicaron que la adición de sedimentos de origen terrestre, de río y marinos, tuvieron efectos menores en la cobertura, diversidad y estructura de la comunidad de algas investigada. Los diferentes tipos de sedimentos adicionados no cambiaron de manera significativa la estructura algal, aunque algunas especies raras y de baja abundancia prefirieron uno u otro tipo de sedimento. Se concluye que existe gran variabilidad en las respuestas de las algas a la naturaleza del sedimento.

**PALABRAS CLAVE:** Arrecifes coralinos, Caribe colombiano, estructura de comunidades, macroalgas, sedimentación.

### ABSTRACT

Increased rates of sedimentation in the marine environment as a consequence of increased runoff, deforestation, inappropriate agricultural practices, etc, is a matter of concern due to the negative impacts on the ecology of coral reefs. Benthic algae are amongst the most important biological components of such ecosystems, however, little is known about the impacts of sedimentation on the ecology of tropical benthic algae. In this study we explored the effects of different types of sediment on the abundance and community structure of the algae in the Tayrona National Natural Park, Colombian Caribbean. The results showed that the addition of different types of sediments (from land, river, and marine) had minor effects on the cover, diversity and community structure of the algae. The different type of sediments added did not significantly change the algal structure, however there were rare species with low abundance that occurred preferentially in specific sediment treatments. We conclude that there are a wide range of responses of algae to nature of the sediments.

**KEY WORDS:** Coral reefs, Colombian Caribbean, structure of communities, macroalgae, sedimentation.

#### Dirección de los autores:

Universidad de Concepción, Departamento de Oceanografía - Chile. Email: lenin.florez@gmail.com (L.F-L). Universidad del Magdalena, Programa de Ingeniería Ambiental - Instituto de Investigaciones Tropicales - INTROPIC - Carrera 32 No 22 - 08 - Santa Marta D.T.C.H. Colombia. (L.F-L, A.R.C, D.V-P). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras- INVEMAR, Santa Marta D.T.C.H. Colombia. (M.D-R). Centre for Marine Studies & ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, University of Queensland, St Lucia 4072, QLD, Australia. (G.D-P).

## INTRODUCCIÓN

Las algas marinas bentónicas desempeñan papeles importantes en los ecosistemas de arrecifes de coral. Contribuyen con la productividad primaria y la construcción del andamio arrecifal y participan en innumerables interacciones con corales y otros invertebrados y vertebrados marinos. Las algas son un grupo altamente diverso presentando una gran variedad de formas y especies. Por ejemplo, el Parque Nacional Natural Tayrona presenta una alta diversidad con más de 360 especies algales registradas (Díaz-Pulido y Díaz-Ruiz, 2003). La distribución de la abundancia de las algas en los arrecifes coralinos está determinada por los recursos que requieren (e.g., luz, nutrientes, sustrato), los efectos de factores ambientales (e.g., temperatura, salinidad, sedimentación), tasas individuales de reclutamiento, mortalidad, dispersión y por las interacciones biológicas, tales como la herbivoría (Littler y Littler, 1984; Díaz-Pulido y McCook, 2003). Quizás uno de los aspectos menos estudiados en la ecología de las algas es el efecto de la sedimentación en el desarrollo de las poblaciones y comunidades algales.

La degradación arrecifal generalmente conlleva a un cambio en la estructura de las comunidades. Entre los principales factores relacionados con el deterioro de los arrecifes están la reducción de la herbivoría (e.g., peces herbívoros), el deterioro de la calidad del agua (eutroficación e incremento de sedimentación) y el cambio climático global. El entendimiento de los procesos que regulan los cambios de estado y la estructura de las comunidades algales será fundamental para generar conocimiento útil en el manejo de los arrecifes coralinos.

La sedimentación es un proceso causante de deterioro de los arrecifes coralinos. El incremento de las tasas de sedimentación en arrecifes coralinos a causa de la deforestación, malas prácticas agrícolas, dragado y por descarga de aguas domésticas e industriales (Airoldi, 2003; Balata et al., 2007) ha generado cambios dramáticos para los arrecifes de coral (Rogers, 1990; Umar et al., 1998). Varios estudios han investigado los efectos de la sedimentación en las macroalgas (Deviny y Volve, 1978; Eriksson y Johansson, 2003; 2005; Schiel et al., 2006). Sin embargo son pocos los trabajos que han examinado sus efectos en la estructura de las comunidades de algas marinas bentónicas usando una perspectiva experimental (Umar et al., 1998; Airoldi 1998; 2003; Balata et al., 2007; Flórez-Leiva et al., en prep.). En este estudio se manipularon las cargas de sedimentos de diferente naturaleza y provenientes de diferentes fuentes (río, mar y cerros) y se examinaron

sus efectos en la estructura de la comunidad algal de sustratos artificiales. Se hipotetizó que los diferentes tipos de sedimentos usados tendrían un efecto significativo en la composición y abundancia de las comunidades de algas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Este estudio fue desarrollando en un arrecife franjeante en la bahía de Chengue (11° 20' N, 74° 08' W), localizado en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) en las costas del Caribe de Colombia (Figura 1). El arrecife de estudio se encuentra aproximadamente entre 40 y 50 m de la costa y en una profundidad entre los 6 y 7 m. El clima regional y la oceanografía de este sitio está fuertemente determinado por la alta topografía costera y la incidencia de los vientos alisios. Hay dos estaciones climáticas en el año: 1) una estación seca (diciembre-enero a abril), cuando los fuertes vientos alisios del NE (en promedio 3,5 m/s) reducen la precipitación y generan la surgencia que transporta agua de temperaturas bajas (25,5 °C en promedio, pero tan bajas como 21 °C) de profundidades de 100 - 200 m a la superficie. También entre julio - agosto ocurre un corto período de surgencia; 2) una estación lluviosa (septiembre-octubre a noviembre-diciembre), cuando la temperatura del agua aumenta hasta los 28 °C. Más del 80% de la lluvia anual total ocurren durante la época de lluvias. Las corrientes reducen la salinidad y aumentan la turbiedad durante esta época (Díaz-Pulido y Garzón-Ferreira, 2002).

### Métodos de campo

Los efectos de la sedimentación en el reclutamiento algal se examinaron usando sustratos artificiales los cuales fueron expuestos a la adición de diferentes tipos de sedimentos. Los sustratos artificiales consistieron de placas de cerámicas de 10 x 10 cm. Se instalaron 20 placas de reclutamiento algal en el arrecife a una profundidad entre 6-7 m, distribuidas aleatoriamente y separadas 50 cm entre ellas y mantenidas durante 3 meses (período de incubación), luego de este período se iniciaron las manipulaciones experimentales de los sedimentos.

### Trabajo de laboratorio

La cobertura de especies de algas fue determinado para cada placa usando micro-cuadrantes con dimensiones

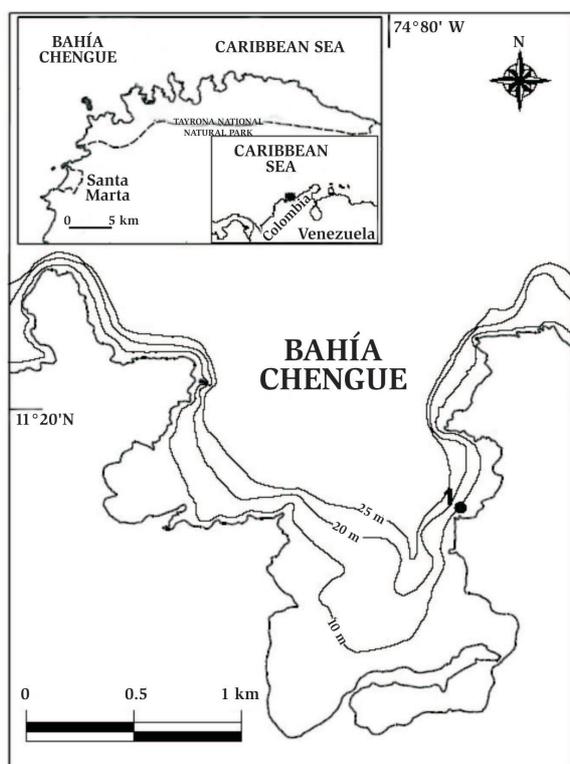


Figura 1. Área de estudio, bahía Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona, Colombia.

de 100 cm<sup>2</sup>, diseñados para placas de reclutamiento algal. Para la cuantificación se utilizó el método punto- intercepto con 20 puntos aleatorios donde se registraba el alga presente en cada punto (e.g., 100 cm<sup>2</sup>). Las especies fueron identificadas usando literatura especializada (e.g., Wynne, 1998; Littler y Littler, 2000). También se determinó el porcentaje de cobertura de los grupos funcionales de alga, usando cuatro categorías: céspedes de algas filamentosas, macroalgas, algas calcáreas costrosas y algas carnosas costrosas.

### Características del sedimento

Los sedimentos usados incluyeron sedimentos provenientes de río, de los cerros adyacentes al mar y controles del experimento. Los sedimentos de río se colectaron de la parte media del río Gaira, este río es uno de los más importantes de la región de Santa Marta y descarga altas cantidades de sedimentos a la bahía del Rodadero, durante las épocas de lluvias (mayo, octubre - diciembre). Los sedimentos se recolectaron usando redes de deriva orgánica utilizadas para estudios de sistemas límnicos (< 250 µ), las cuales se ubicaron a lo largo de

un transecto en la parte baja del río a media agua durante tres horas (Rueda-Delgado et al., 2004). Los sedimentos fueron guardados y llevados al laboratorio donde se lavaron para eliminar material indeseable (hojarasca, organismos entre otros) y secados a 60 °C por 24 h, luego adicionados a las placas de reclutamiento algal. Los sedimentos terrestres fueron obtenidos del suelo de los cerros adyacentes a la bahía de Chengue, tamizados con una red de ojo de malla de < 63 µm y fueron adicionados a las placas de reclutamiento. Los tratamientos de origen marino fueron obtenidos del fondo arrecifal de la bahía de Chengue recolectados a profundidades entre 10-11 m y se adicionaron a las placas.

Las adiciones de sedimento se hicieron semanalmente durante 12 semanas (sedimento adicionado: 8-10 g/semana/placa = 0,8-0,10 kg/m<sup>2</sup>). La cantidad de sedimentos adicionados fueron el doble de las tasas de sedimentación naturales registradas para el área (Garzón-Ferreira et al., 2000) la cual fue determinada en nuestro diseño de manipulación teniendo en cuenta área de la placa, frecuencia de las adiciones y período de experimentación). El tratamiento de sedimentos-control consistió en la sedimentación del ambiente marino (e.g., bahía Chengue) a los niveles que ocurren naturalmente (0,53 kg/m<sup>2</sup>/día).

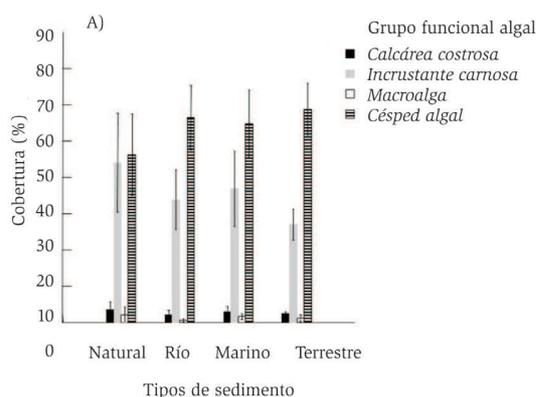
### Análisis de datos

El porcentaje de cobertura y la diversidad Shannon-Weaver ( $H' = -\sum [(P_i * \log P_i)]$ ; Log base e) de especies se determinó para cada una de las placas experimentales. Se realizaron análisis de varianza ANOVA en donde el tipo de sedimento fue el factor fijo con cuatro niveles (sedimentos marinos, río, terrestre y controles) y las placas fueron las réplicas (n = 5).

La prueba de Shapiro-Wilks y prueba de Cochran fue aplicada a cada grupo de datos para verificar los supuestos de la normalidad de residuales y homogeneidad de varianzas respectivamente. Las transformaciones apropiadas fueron aplicadas (arco seno) donde fue necesario (Underwood, 1997). Para explorar los efectos de las adiciones de los diferentes tipos de sedimentos sobre la estructura de la comunidad se usaron análisis multivariados (MDS: Non-metric Multi-Dimensional Scaling, Clarke y Warwick, 1994; Ter braank y Smilauer, 1998). Se realizaron análisis de similaridad (ANOSIM, Clarke y Warwick, 1994) para explorar si existían diferencias significativas de la estructura de la comunidad algal en los diferentes tipos de sedimentos.

Tabla 1. Análisis de los efectos de los tipos de sedimentos en la diversidad de especies (índice Shannon-Weaver). NS = no significancia.

Fuente	Suma de Cuadrado	Gl	Cuadrado medio	F	p	Conclusión
Entre tratamientos	0,297241	3	0,0990805	0,53	0,6666	NS
Intragrupal	2,9783	16	0,186144			
Total (Correlación)	3,27554	19				

Figura 2. Porcentaje de cobertura de los grupos funcionales algales considerados en el estudio (mean  $\pm$  EE, n = 5).

## RESULTADOS

### Efectos del tipo de sedimentos en la diversidad de especies

Un total de 33 especies de algas fueron encontradas en los cuatro tipos de sedimentos. Los tratamientos mostraron valores similares de diversidad, ( $P > 0,05$ ; Tabla 1).

### Efectos del tipo de sedimentos en los grupos funcionales de algas

La composición de los grupos funcionales estuvo dominada por los céspedes algales, con coberturas entre 45 y 60% (Figura 2). Las algas incrustantes carnosas con cerca del 33,4% fueron el segundo grupo más abundante. Ese grupo estuvo menos representado en el tratamiento de sedimentos terrestres. Los otros grupos presentaron en general bajas abundancias. Los grupos funcionales de algas presentaron una pobre respuesta a la manipulación de los tipos de sedimentos.

### Estructura de la comunidad: análisis multivariado

Los resultados del análisis de ordenación nMDS de especies mostraron efectos menores de la adición de diferentes tipos de sedimentos sobre la estructura de la

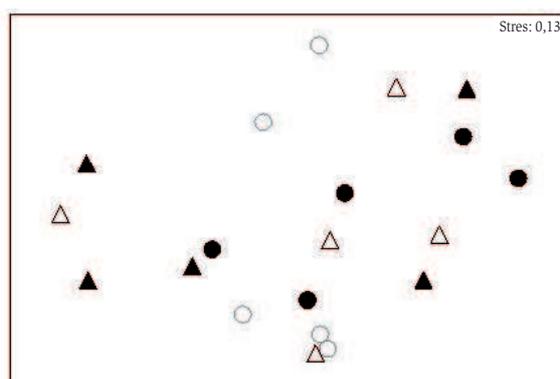


Figura 3. nMDS para cobertura de especies algales en diferentes tipos de sedimentos. Círculos negros representan sedimentos terrestres; círculos blancos sedimentos de río; triángulos negros representan controles con niveles de sedimentación natural; y triángulos blancos sedimentos de origen marino. 20 placas de asentamiento muestreadas (n = 5 por tratamiento). Nótese una pobre organización de la comunidad algal en relación a los tratamientos de sedimentos empleados.

comunidad algal (Figura 3). La composición de especies no cambió de manera importante entre los diferentes tipos de sedimentos adicionales. Se presentó sin embargo una mayor abundancia de cianofitas como *Calothrix crustacea* en el tratamiento de sedimentos de río y marinos, además de *Lyngbya confervoides* en sedimentos naturales y de río. Las algas pardas filamentosas *Hinckesia mitchelliae* y *Sphacelaria tribuloides* fueron las más dominantes, independiente del tipo de sedimento.

La prueba de ANOSIM, la cual examina si la estructura de la comunidad de especies de los tratamientos aplicados es diferente, no mostró diferencias significativas [(entre sedimentos de río y terrestre ( $R = 0,104$ ), río y mar ( $R = 0,096$ ), río y control ( $R = 0,068$ ), terrestre y marinos ( $R = -0,056$ ), terrestres y control ( $R = -0,004$ ), marinos y control ( $R = -0,08$ )]. La composición de especies de los diferentes tipos de sedimentos fue similar, aunque algunas placas tuvieron especies algales raras pero de baja abundancia tales como *Hypnea spinella*, *Amphiroa fragilissima* (presentes exclusivamente en sedimentos de río), *Cladophora* sp1, *Polysiphonia* sp2, *Gelidiella acerosa* (sedimentos marinos).

## DISCUSIÓN

El incremento de la sedimentación es un problema importante que sufren los arrecifes coralinos a nivel global, sin embargo sus efectos sobre las algas bentónicas han sido pobremente estudiados (Rogers, 1990; Umar et al., 1998). Este estudio es quizás el primero que examina experimentalmente los efectos de la naturaleza del sedimento, tales como de río, mar y terrestre en la ecología de las algas. En el presente trabajo se demostró que el incremento de la sedimentación a los niveles explorados y los diferentes tipos de sedimentos tuvieron un efecto muy ligero sobre la estructura de la comunidad de algas en la bahía de. La diversidad de especies, estructura de la comunidad, composición de grupos funcionales y de especies entre los cuatro tratamientos de sedimentos investigados fueron similares. Algunas especies, sin

embargo, aparecieron principalmente en uno u otro tipo de sedimento, pero con abundancias muy bajas y fueron consideradas especies raras (Figura 4). La adición de sedimentos puede cambiar las características físicas, químicas y biológicas del bentos y favorecer la presencia y desarrollo de algunas especies algales (Eriksson y Johansson, 2005; Birrell et al., 2008).

Umar et al. (1998) encontró que la adición de sedimentos redujo el reclutamiento y crecimiento de algas tropicales del género *Sargassum* en Australia. Eriksson y Johansson (2005) y Balata et al. (2007) registraron que algunas especies de algas marinas pueden beneficiarse de los incrementos de sedimentos y generar incremento en la dominancia de algunas pocas especies filamentosas. En este caso no se observaron cambios importantes en la composición de especies, quizás por la aplicación de diferentes métodos, duración del experimento, diferente flora algal, entre otros.

Las algas pardas fueron dominantes en todos los tipos de sedimentos. Dentro de este grupo las filamentosas como *Sphacelaria tribuloides* y *Hincksia mitchelliae* fueron las más representativas (Figura 5). Estas algas crecen formando céspedes algales y recubriendo las placas de asentamiento. Además son abundantes en los arrecifes coralinos de la región y de otros arrecifes del mundo (Díaz-Pulido y McCook, 2002), al parecer son especies bastante tolerantes a niveles de sedimentación y estrés en general. Los céspedes algales en general han sido relacionados con altos niveles de sedimentos (Nugues y Roberts, 2003).

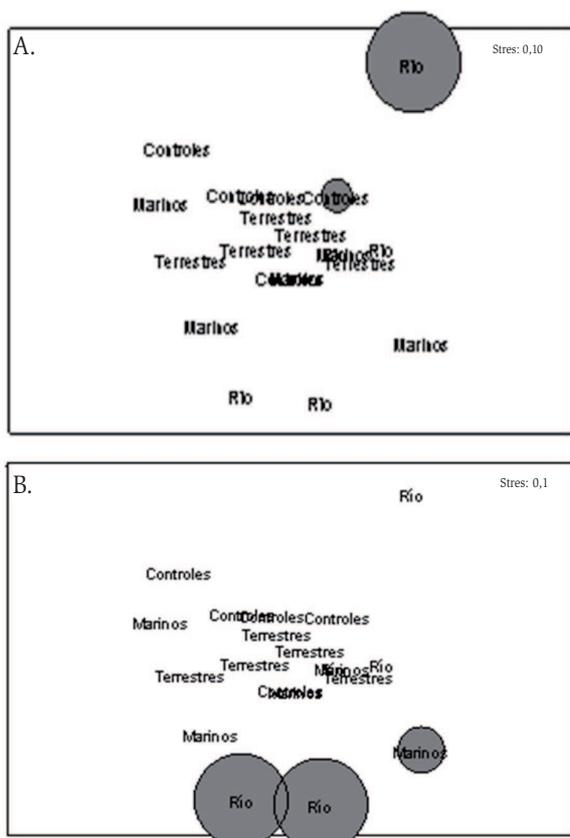


Figura 4. nMDS para especies algales que presentaron alta abundancia y afinidad por algún tipo de sedimento. El tamaño de la burbuja explica la abundancia del alga. A) *Lyngbya confervoides* B) *Calothrix crustacea* (n = 5 por tratamiento).

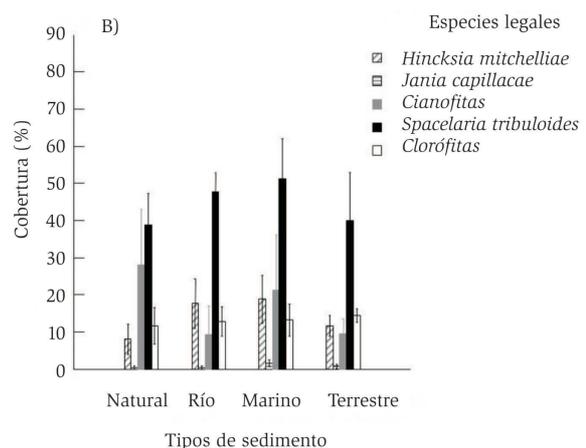


Figura 5. Porcentaje de cobertura de las principales especies algales presentes en los diferentes tipos de sedimentos (mean  $\pm$  EE, n = 5).

Tilman y Lehman (2001) postularon que las tasas de sedimentación pueden promover la diversidad de especies mediante el incremento de microhábitats, heterogeneidad y mosaicos espaciales. Para este caso, los resultados no apoyan esta conclusión puesto que la diversidad de especies algales no varió en los tratamientos empleados, ni siquiera en aquellos en donde se compararon las tasas naturales de sedimentos de mar con tasas más altas usando los mismos tipo de sedimentos. García y Díaz-Pulido (2006) investigaron la dinámica de la comunidad algal intermareal en un sector de la región de Santa Marta encontrando que la incursión de altos niveles de sedimentos en los intermareales estudiados es la causa de variación en la estructura de la comunidad algal. Sin embargo, nuestros resultados mostraron que la diversidad no fue afectada por la naturaleza del sedimento. Se concluye entonces que hay una gran variedad de respuestas de las comunidades algales a la adición de diferentes tipos de sedimentos y que las respuestas dependerán en gran medida de las características geográficas y naturalmente de los niveles de sedimentos depositados. En este estudio fueron usadas tasas de sedimentación comparativamente bajas en relación a otros estudios en donde se han manipulado sedimentos (Engledow y Bolton, 1994; Umar et al., 1998; Flórez-Leiva et al., en prep.) y esto pudo afectar los resultados presentados en este trabajo.

Dadas las complejas interacciones entre la naturaleza del sedimento y las algas en este estudio es difícil hacer generalizaciones sobre su rol en las comunidades algales. Sin embargo, este trabajo muestra a nivel experimental la importancia de la naturaleza de los sedimentos y sus potenciales efectos sobre la estructura de las comunidades algales en sistemas arrecifales. Además, evidencia un grado de asociación de algunas especies de algas a ciertos tipos de sedimentos y la existencia de un efecto menor de los sedimentos y su naturaleza en los reclutas algales. Es indudable el efecto negativo que causa el incremento de la sedimentación en los corales y organismos arrecifales (Rogers, 1990), el manejo efectivo de esta problemática requerirá de la interacción de varios sectores para minimizar sus efectos en donde se trabaje colectivamente entre gobiernos y el público actor (GESAM, 2001; ISRS 2004).

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco

José de Caldas"-COLCIENCIAS, la Universidad del Magdalena, el Instituto de Investigaciones Tropicales (INTROPIC), el Fondo Patrimonial Para la Investigación de la Universidad del Magdalena (FONCIENCIAS) y el Instituto de investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, Santa Marta, Colombia. Por su apoyo en campo agradecemos a Norbelis Núñez, Sonia Bejarano e Isabel Chacón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Airoldi, L. 1998. Roles of disturbance, sediment stress and substrate retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology* 79:2759-2770.
- Airoldi, L. 2003. The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanogr. Mar. Biol.* 41:161-236.
- Balata, D., L. Piazzini y F. Cinelli. 2007. Increase of sedimentation in a subtidal system: Effects on structure and diversity of macroalgae assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. and Ecol.* 351(2):73-82.
- Birrell, C.L., L.J. McCook, B. Willis y G. Díaz-Pulido. 2008. Effects of benthic algae on the replenishment of corals and the implications for the resilience of coral reefs. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 46: 25-64
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environmental Research Council, Plymouth
- Devinny, J. y L. Volse. 1978. Effects of sediments on the development of *Macrocystis pyrifera* gametophytes. *Mar. Biol.* 48:343-8.
- Díaz-Pulido, G. y J. Garzón-Ferreira. 2002. Seasonality in algal assemblages on upwelling-influenced coral reef. in the Colombian Caribbean. *Bot. Mar.* 45: 284-292.
- Díaz-Pulido G. y L.J. McCook. 2002. The fate of bleached corals: patterns and dynamics of algal recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 232: 115-128
- Díaz-Pulido, G. y L.J. McCook. 2003. Relative roles of herbivory and nutrients in the recruitment of coral reef seaweeds. *Ecology* 84:2026-2033.
- Díaz-Pulido G. y M. Díaz-Ruiz. 2003. Diversity of benthic marine algae of the Colombian Atlantic. *Biota Colombiana* 4: 203-246
- Engledow, H.R y J.J. Bolton. 1994. Seaweed  $\alpha$ -diversity within the lower eulittoral zone in Namibia: the effects of wave action, sand inundation, mussels and limpets. *Bot. Mar.* 37: 267-276.
- Eriksson, B.K. y G. Johansson. 2003. Sedimentation reduces recruitment success of *Fucus vesiculosus* (Phaeophyceae) in the Baltic Sea. *European Journal Phycology* 38:217-222.
- Eriksson, B.K. y G. Johansson. 2005. Effects of sedimentation on macroalgae: species-specific responses are related to reproductive traits. *Oecologia* 143:438-448.
- García, C.B. y G. Díaz-Pulido. 2006. Dynamics of a macroalgal rocky intertidal community in the Colombian Caribbean. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 35: 7-18
- Garzón-Ferreira, J., J. Cortés, A. Croquer, H.M. Guzmán, Z. Leão y G. Rodríguez-Ramírez. 2000. Status of coral reefs in Southern Tropical America: Brazil, Colombia, Costa Rica, Panamá and Venezuela. In: (C.R. Wilkinson, ed) Status of Coral Reef of the World: 2000. AIMS. Townsville. pp 331-348.
- GESAMP. 2001. Protecting the oceans from land-based activities. Land based sources and activities affecting the quality and uses of the marine, coastal and associated freshwater environment. United Nations Environment Program, Nairobi

RESPUESTA DE LAS ESPECIES MACROALGALES A LAS ADICIONES DE VARIOS TIPOS DE SEDIMENTOS: UN  
BIOENSAYO EN ARRECIFES DEL PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA

---

ISRS, 2004. The effects of terrestrial runoff of sediment, nutrients and other pollutants on coral reef. Briefing paper 3, International Society for Reef Studies, pp: 18

Littler, M.M y D.S Littler. 1984. Models of tropical reef biogenesis: the contribution of algae. *Prog. Phycol. Res* 3: 323-364.

Littler, D.S y M.M Littler. 2000. Caribbean reef plants. Offshore Graphics, Washington.

Nugues, M.M y C.M. Roberts. 2003. Coral mortality and interaction with algae in relation to sedimentation. *Coral Reefs*. 22 (4):507-516.

Rogers, C.S. 1990. Responses of coral reefs and reefs organisms to sedimentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62:185-202

Rueda-Delgado, G., M. Beltrán Tolosa, M. Wantzen y Junk. W. 2004. Eco-hidrología de la descomposición acuática de hojarasca en arroyos tropicales en: Resumen de VI Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre Embalses Neotropicales, Montería, Colombia.

Schiel, D., S.A. Wood, R.A. Dunmore y D. Taylor. 2006. Sediment on rocky intertidal reefs: Effects on early post-settlement stages of habitat-forming seaweeds *J. Exp. Mar. Biol and Ecol.* 331(2):158-172.

Ter braak, C.J.F. y P. Šmilauer. 1998. CANOCO reference manual and user's guide to CANOCO for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY

Tilman, D y C. Lehman. 2001. Human-caused environmental change: impacts on plant diversity and evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98:5433-5440

Umar, M.J., L.J. McCook y I.R. Price. 1998. Effects of sediment deposition on the seaweed *Sargassum* on a fringing. *Coral Reefs* 17:169-177.

Underwood, A.J. 1997. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Wynne, M.J. 1998. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: first revision. *Nova Hedwigia* 116:1-55.

Fecha de recepción: 08/06/2008

Fecha de aceptación: 26/01/2009