

IMPACTOS A LOS ARRECIFES CORALINOS AL OESTE DEL RÍO HAINA, SAN CRISTÓBAL, REPÚBLICA DOMINICANA

Alejandro Herrera-Moreno¹, Liliana Betancourt Fernández¹ y Pedro Alcolado Menéndez²

RESUMEN. Se ofrecen los resultados de una evaluación ecológica de los arrecifes coralinos al Oeste del Río Haina, San Cristóbal, hasta unos 35 m de profundidad, en relación con los efectos de la contaminación que aporta este curso de agua. Los ecosistemas y ambientes marinos estuvieron representados por una explanada abrasiva somera, la cuenca arenosa y macizos y canales con grado de desarrollo variable según la profundidad. La estructura ecológica del arrecife estudiado refleja claramente la situación histórica de una región sometida al impacto crónico de la contaminación. Una baja cobertura, diversidad y abundancia de especies de corales, esponjas y octocoralios y una exagerada cobertura de algas/ sedimentos fundamentan esta afirmación. Los impactos se relacionan con el aporte contaminante del Río Haina que se traduce en un incremento de la turbidez y la sedimentación en la zona marina adyacente.

ABSTRACT. The results of an ecological assessment of coral reefs at the West of Haina River, San Cristóbal, until 20 m deep, in relation with the pollution are presented. The ecosystems and marine environments were represented by a shallow terrace, sand basins and spur and grooves bottoms, varying in development degree in relation with depth. The ecological structure of the studied reef reflects clearly the historical situation of a region submitted to a chronic pollution impact. A low coverage, diversity and abundance of coral, sponges and octocorals species and very high algae coverage are clear indicators of this situation. The impacts are related to the input of the polluted waters from Haina River that produces an increment of turbidity and sedimentation in the near coastal zone.

INTRODUCCION

El crecimiento indiscriminado de las fuentes contaminantes portuarias, industriales y urbanas en la cuenca del Río Haina, en San Cristóbal y el rápido deterioro de su calidad ambiental en detrimento de su hoy escasa biodiversidad, han motivado un conjunto de investigaciones enfocadas hacia la caracterización de sus fuentes contaminantes (SEA-SURENA, 1993) y la situación de la calidad de las aguas y los sedimentos, a través de la evaluación física, química y biológica del río, su estuario, la zona costera inmediata y el entorno oceánico (González, 1998; Villasol *et al.*, 1998; SEA-SURENA, 1999; Martín *et al.*, 2001; SGA /SEMARENA, 2001).

Desde el punto de vista biológico, los estudios pioneros de Bonnelly (1974), Terrero y Bonnelly (1978) y Terrero (1983; 1988) ofrecen los primeros inventarios de especies de crustáceos y peces fluviales, estuarinos y marinos. Por otra parte, la evaluación ecológica de los efectos de la contaminación se ha realizado a través de indicadores biológicos tanto de las comunidades del fito y zooplancton (SEA/SURENA, 1999; Regadera *et al.*, 2001), como de las comunidades de la macrofauna de sustratos blandos, donde se reportan varias especies bentónicas indicadoras de contaminación (SERCITEC/ GeoIngeniería Ltd., 2003). Lang *et al.* (1998) comentan la situación de degradación y pérdida de los arrecifes coralinos bajo la influencia de las aguas del Río Haina.

¹ Programa EcoMar, Inc., Santo Domingo, República Dominicana ² Instituto de Oceanología, La Habana, Cuba

Tabla 1. Características de tiempo y profundidad de los dos videos submarinos de HOLASA (2008) empleados en la descripción del ambiente marino en los dos sitios de estudio al Oeste del Río Haina.

Perfil	Tiempo de buceo		Intervalo	Profundidad (metros)	Perfil	Tiempo de buceo		Intervalo	Profundidad (metros)
	Inicial	Final				Inicial	Final		
1	0.00	1.51	1.51	<9.8	2	0.00	6.50	6.50	10.0
	1.51	3.21	1.70	9.8		6.50	7.46	0.96	11.0
	3.21	7.02	3.81	10.1		7.46	8.33	0.87	12.0
	7.02	9.52	2.50	10.7		8.33	9.13	0.80	15.0
	9.52	11.08	1.56	11.9		9.13	10.48	1.35	16.0
	11.08	11.46	0.38	11.9		10.48	14.26	3.78	20.0
	11.46	14.51	3.05	13.4		14.26	15.06	0.80	21.0
	14.51	18.58	4.07	13.4		15.06	16.22	1.16	23.0
	18.58	19.29	0.71	14.3		16.22	18.20	1.98	24.0
	19.29	21.13	1.84	15.8		18.20	19.26	1.06	25.0
	21.13	21.42	0.29	17.0		19.26	20.28	1.02	26.0
	21.42	22.35	0.93	19.2		20.28	21.10	0.82	27.0
	22.35	22.6	0.25	20.4		21.10	21.29	0.19	28.0
	22.60	22.90	0.30	24.4		21.19	22.23	1.04	29.0
22.90	23.58	0.68	25.0	22.23	22.40	0.17	29.0		
23.58	23.94	0.36	25.0	22.40	23.39	0.99	35.0		

A partir de los datos que ofrecen de SEA-SURENA (1999) para el agua (transparencia y salinidad) y los sedimentos (carbono orgánico y fracciones granulométricas) se elaboró un marco físico para el análisis de la biota submarina. A partir de estos datos primarios se modeló la distribución de dichos parámetros en el Programa Golden Surfer 8 por los mismos métodos empleados para el análisis batimétrico.

RESULTADOS

Situación ambiental histórica del Río Haina

El Río Haina recibe la contaminación proveniente de seis fuentes contaminantes directas (SEA/SURENA, 1999), además de los efluentes de las Cañadas Guajimía, Villa Aura y Villa Marina, incluidos los desechos sólidos que arrastran a través de sus corrientes. Desde el km 45 de la Autopista Duarte hasta el mar, este río transporta y recibe aguas contaminadas de miles de casas de los Sectores Pueblo Nuevo, Catarey, Diez Casitas, Maternidad, El Mercado, Duarte, Los Alemanes y Pajarito, entre otros. Los elementos contaminantes incluyen fundamentalmente una elevada carga de materia orgánica, pero también están presentes compuestos tóxicos como hidrocarburos y metales pesados (cromo, manganeso, hierro, níquel, cobre, zinc, plomo y cadmio) y varios compuestos orgánicos persistentes (COP's).

Por otra parte, el Puerto de Haina se encuentra entre los más importantes del país y por él descargan buques con manejo de combustibles, carga suelta, a granel o en contenedores, trasiego que también contribuye en parte a su contaminación. Por estas razones, este curso de agua se encuentra entre los que aportan el mayor grado de contaminación al litoral Sur con fuentes contaminantes que caen en las categorías de albañales domésticos (Ciudad de Santo Domingo), residuos industriales de la producción de azúcar (Ingenio Haina), bebidas y alimentos (Cervecería Bohemia, Helados Bon y Agro Delta), construcción (Cerámica Industrial del Caribe, Acero en general), química (Industrias Lavador, INDUSPAPEL) y generación eléctrica (termoeléctricas).

Características oceanográficas y sedimentológicas

Esta situación se refleja en las características físicas y químicas de la masa de agua y los sedimentos marinos de la zona marina, según revelan los datos de SEA-SURENA (1999). Se trata de un espacio con una elevada influencia de la contaminación orgánica proveniente del Río Haina que se refleja en elevados valores de nutrientes, sólidos suspendidos y coliformes fecales en la masa de agua y cambios granulométricos en el fondo con incremento de partículas finas y alta acumulación de materia orgánica. Las Figuras 2 y 3, muestran respectivamente, el resultado de la modelación de algunos parámetros seleccionados del estudio de SEA-SURENA (1999) para la masa de agua (salinidad y la transparencia) y los sedimentos marinos (contenido de arena, limo y arcillas, materia orgánica y carbono orgánico).

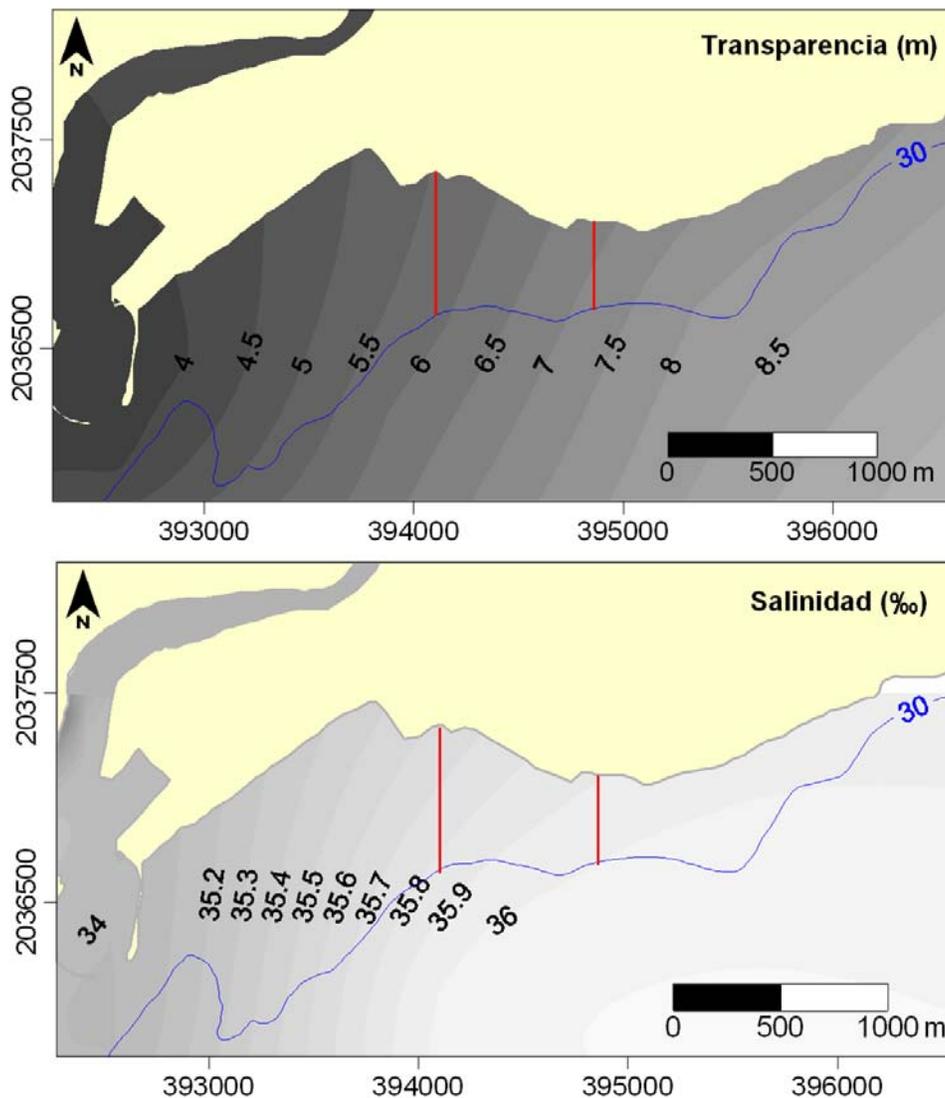


Figura 2. Variaciones de la transparencia y la salinidad del agua en la región de estudio modeladas a partir de los datos de SEA-SURENA (1999). Los perfiles de muestreo están indicados en rojo.

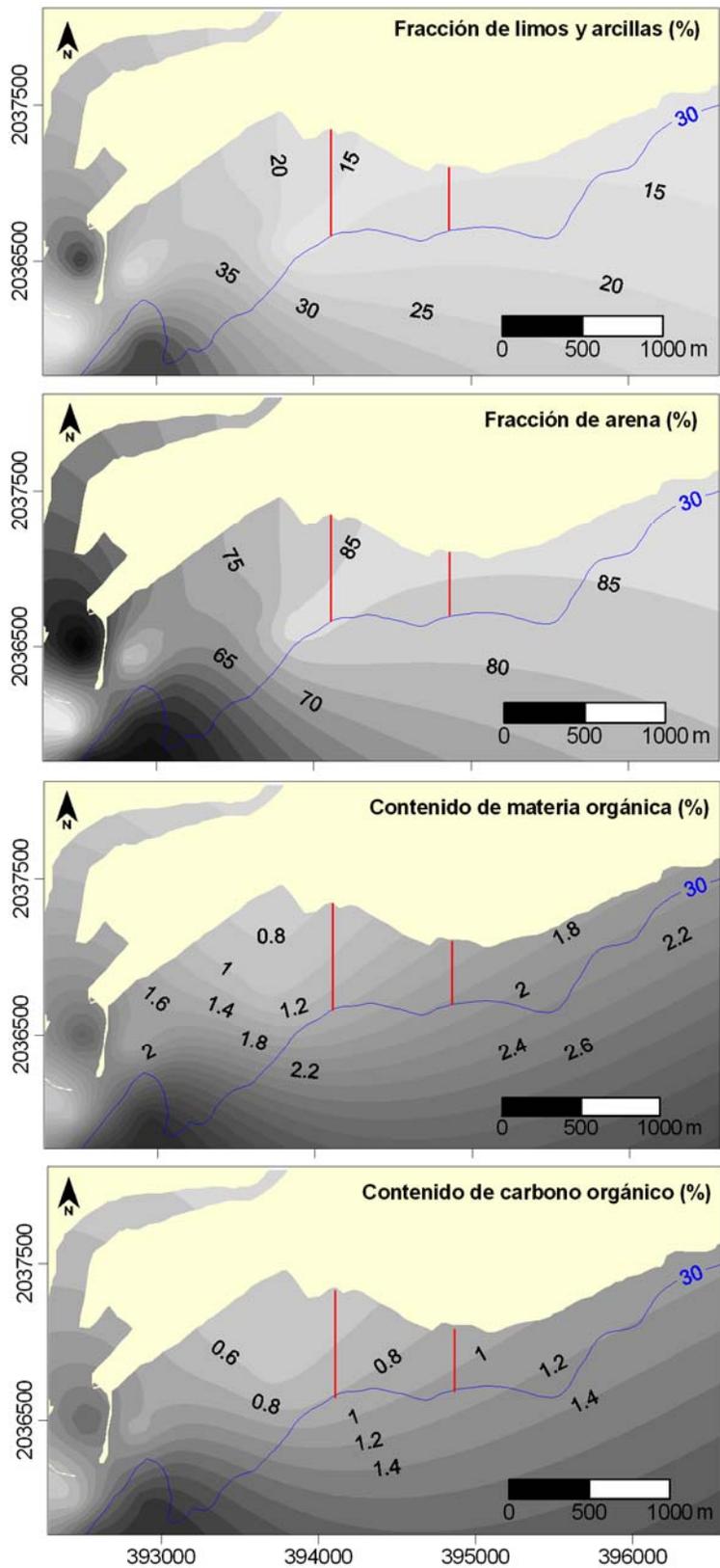


Figura 3. Variaciones de varios parámetros de los sedimentos marinos en la región de estudio modeladas a partir de los datos de SEA-SURENA (1999). Los perfiles de muestreo están indicados en rojo.

Los datos de la masa de agua revelan la influencia de la salinidad del Río Haina sobre la zona costera con valores de 34‰ en el estuario que sufren una fuerte dilución hacia el océano. Es probable que en condiciones de precipitaciones extremas los valores de salinidad costeros puedan ser más bajos. Sin embargo, más importante que las variaciones de la salinidad es la notable influencia que las masas de agua contaminadas de este río tienen sobre el entorno oceánico, creando una pluma de turbidez producto del aporte de sólidos suspendidos, donde la transparencia del agua puede reducirse en más de un 30% sobre la isobata de 30 m. Este aporte de material particulado a la zona costera tiene efectos múltiples sobre el arrecife, que discutiremos más adelante.

El impacto sobre el fondo marino es claro cuando se analizan las características de los sedimentos, que muestran claros fenómenos de acumulación de materia orgánica en el fondo. Así, los valores de material fino (limo y arcillas) se incrementan hacia la pendiente submarina alcanzando hasta un 20%. Este aporte de material fino procedente de la costa cae sobre todo el fondo, pero se asienta finalmente a mayor profundidad ya que en la zona somera es barrido y resuspendido constantemente por las olas y las corrientes. Asociado a este material fino se encuentra la materia orgánica que muestra el mismo patrón de acumulación e incremento con la profundidad, con valores crecientes desde 0.8 a 1.4 %; o entre 0.6 a 1.4 si se expresan en porcentajes de carbono orgánico. Según EPA (2002), los valores de carbono orgánico $\leq 1\%$ son indicadores de bajo impacto, entre 1 a 3% indican impacto intermedio, mientras que valores $>3\%$ ya indicarían un impacto elevado.

Características de la pendiente submarina

La pendiente submarina en la plataforma estudiada presenta una distribución de isobatas casi paralelas a la costa y bastante regular, según se observa en los modelos batimétricos digitales – plano y tridimensional- generados para este estudio (Figuras 4 y 5). En general, la plataforma es estrecha con unos 700 (Perfil 1) a 400 m (Perfil 2) desde la orilla hasta la isobata de 30 m, profundidad que marca aproximadamente el cambio más abrupto de pendiente, con tránsito hacia el talud de la plataforma. Las menores pendientes del fondo se observan hasta los 10 m a 15 m de profundidad, donde existen condiciones más propicias para la acumulación de sedimentos y es, de hecho, donde se desarrollan las cuencas sedimentarias, mientras que a partir de 15 a 20 m de profundidad se va incrementando ligeramente la inclinación del fondo y el sustrato de arena va siendo paulatinamente sustituido por una matriz rocosa arrecifal, cuya complejidad y altura va creciendo hasta los 30 m aproximadamente.

Características del arrecife coralino

En la región de plataforma submarina al Este del Río Haina, existe un típico arrecife costero degradado por las acciones antrópicas que ya hemos descrito. Aunque los dos perfiles estudiados difieren en longitud, como ya señalamos al describir la batimetría, en general poseen las mismas zonas ecológicas que caracterizan el arrecife costero si bien estas no tienen la misma extensión en ambos (Tabla 2). Así, ambos perfiles comienzan con una explanada abrasiva que se extiende hasta 10 ó 15 m, para dar paso a una extensa cuenca de arena hasta unos 13 a 20 m de profundidad.

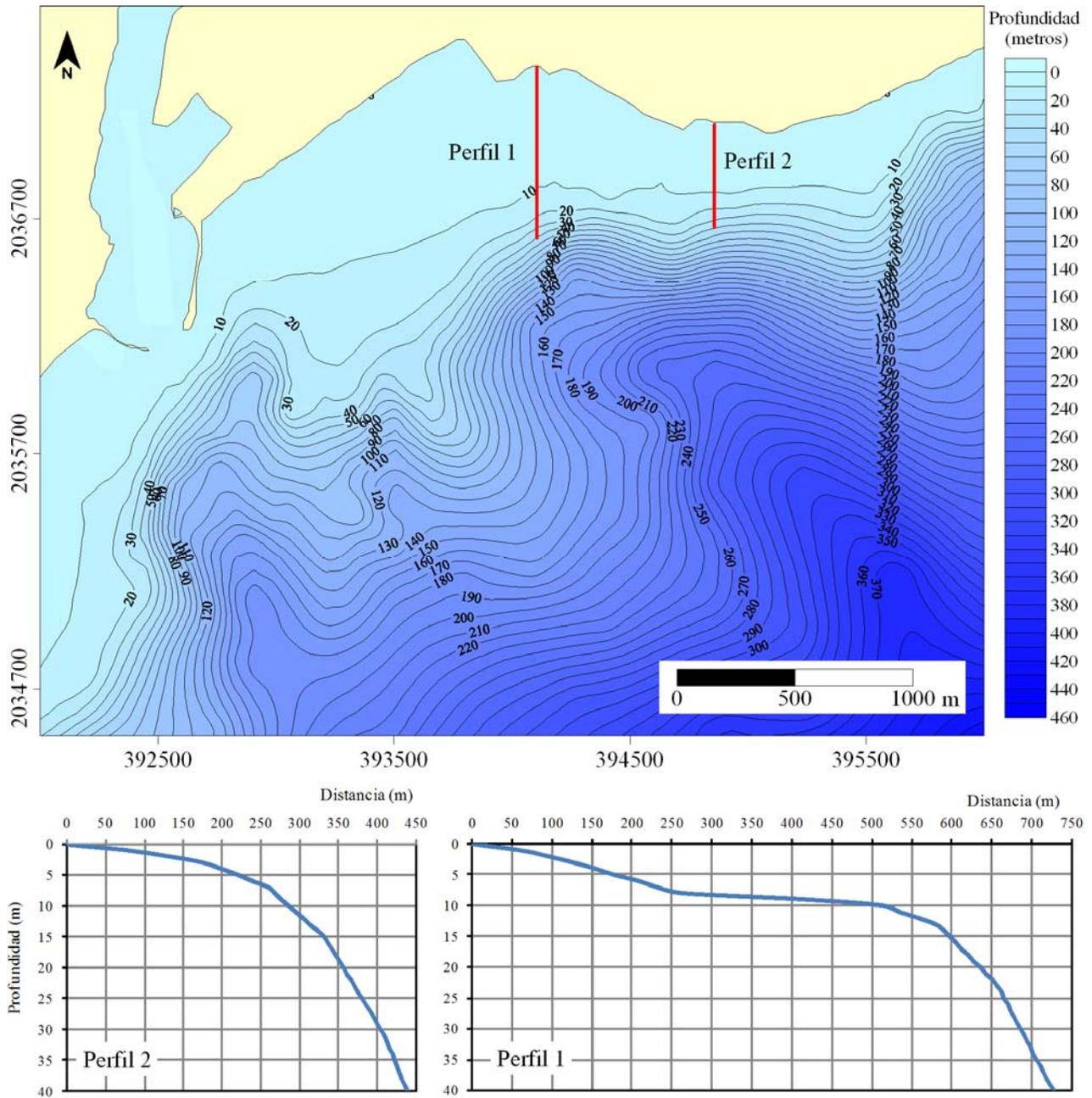


Figura 4. Arriba. Modelo batimétrico plano de la región de estudio mostrando los perfiles de muestreo donde se realizaron los videos submarinos, el Perfil 1 al Oeste y el Perfil 2 al Este (indicados en rojo). Abajo. Contornos batimétrico de 0 a 40 m.

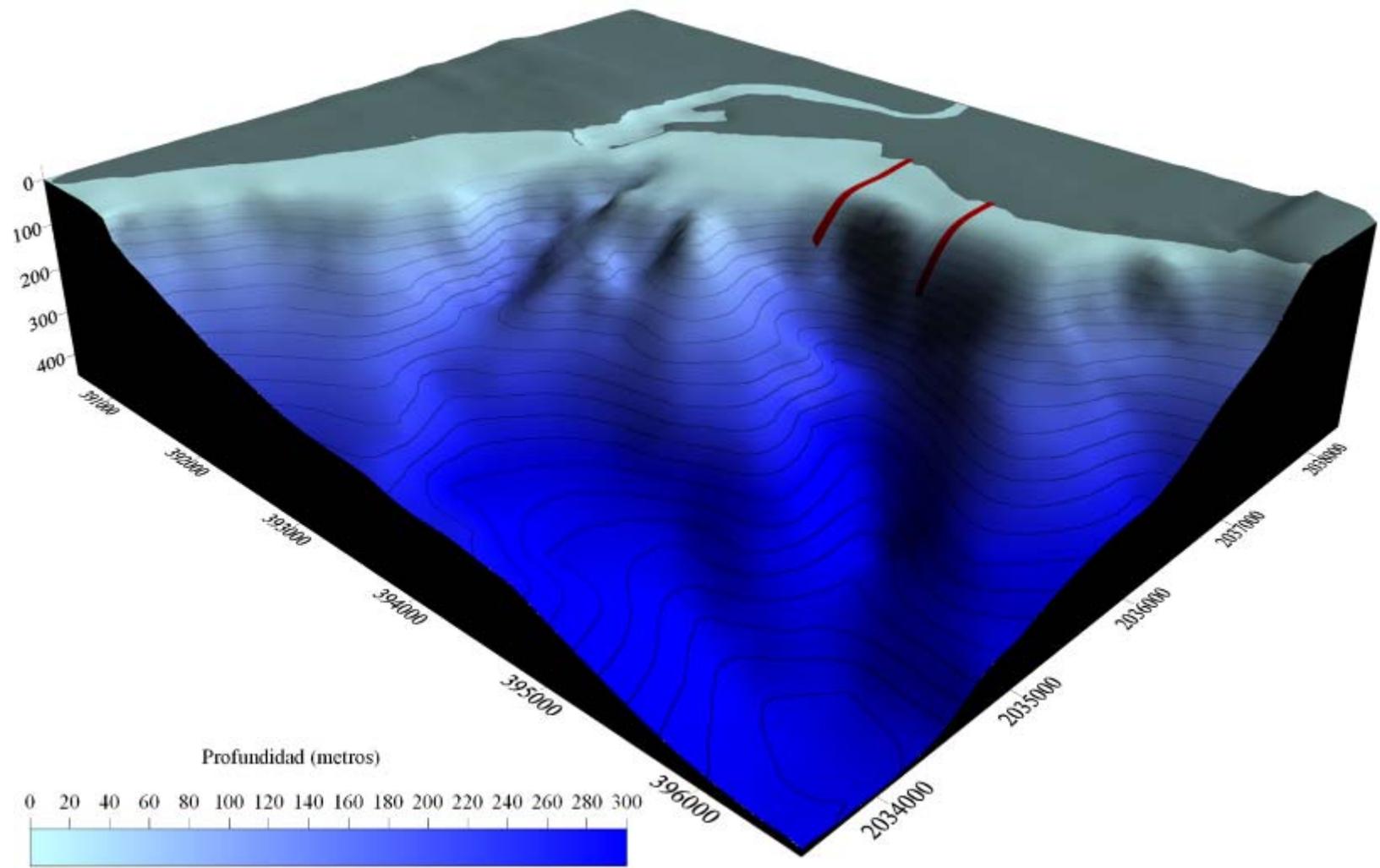


Figura 5. Modelo batimétrico digital tridimensional de la región de estudio, indicando el Perfil 1 y el Perfil 2 (indicados en rojo).

Tabla 2. Características del arrecife costero en cada uno de los perfiles estudiados.

Perfil	Intervalo de profundidad (m)	Zonas ecológicas arrecifales	Extensión relativa (%)
1	<10	Explanada abrasiva	6.31
	10-13	Arena	54.30
	13-16	Piedras dispersas sobre arena	27.65
	16-19	Macizos y canales incipientes/ bajos	5.10
	19-20	Macizos y canales más desarrollados	1.04
	20-25	Macizos y canales muy desarrollados	5.60
2	1-12	Explanada abrasiva	35.61
	12-20	Arena	25.35
	20-24	Macizos y canales bajos	3.42
	24-26	Macizos y canales más desarrollados	13.42
	26-35	Macizos y canales muy desarrollados	22.19

Con el incremento de la profundidad, sobre el fondo arenoso comienzan a aparecer cabezos rocosos aislados que se van alargando y ganando en complejidad mostrando la tendencia a organizarse en forma de macizos y canales incipientes, los cuales van ganando desarrollo paulatinamente –en altura y complejidad estructural- hasta unos 30 a 35 m, donde aparece la pared del talud de la plataforma. Seguidamente describiremos cada una de las zonas ecológicas mencionadas.

Explanada abrasiva somera

La explanada abrasiva constituye la parte más somera de la estructura arrecifal y está extendida hasta unos 10 m en el Perfil 1 y hasta 12 m en el Perfil 2. Esta explanada no es uniforme sino que –como generalidad- se presenta como una planicie rocosa más o menos anfractuosa- si bien pueden aparecer espacios de arena o grava, zonas de topografía más variable o piedras sueltas. La explanada está cubierta casi en su totalidad por una espesa capa de algas, de sedimentos, o mezclas de ambos elementos. Esta zona, al ser la más somera, está expuesta naturalmente a condiciones más severas del oleaje y la resuspensión de partículas, de ahí su naturaleza abrasiva.

Tales condiciones hacen que naturalmente la explanada abrasiva sea un espacio de baja diversidad de especies coralinas con formas adaptadas a resistir el fuerte hidrodinamismo. Sin embargo, en los arrecifes estudiados, al efecto de los tensores naturales como el batimiento se une además el efecto del aporte de las fuentes contaminantes del Río Haina que, como ampliaremos más adelante, introduce una alta carga de sedimentos suspendidos incrementando los fenómenos de sedimentación de partículas, que ocupan el fondo en detrimento de la fauna coralina. Por otra parte, el aporte contaminante es responsable de la entrada al mar de una alta carga de nutrientes que favorece el desarrollo de las coberturas algales haciendo que las diferentes especies de algas se extiendan por el sustrato, ocupándolo totalmente e impidiendo la implantación y desarrollo de la fauna (Figura 6). Esta situación hace que la diversidad de especies sea aún más pobre. En la explanada hasta unos 8 m de profundidad prácticamente el 90% de la cobertura del sustrato duro es de algas y/o sedimentos, sobre las rocas o los corales muertos. Los corales están escasamente representados por ejemplares de *Siderastraea radians*, creciendo en forma de pequeñas chapas y con una elevada dominancia.



Figura 6. Imagen de la explanada abrasiva captada del video. Nótese la elevada cobertura de sedimentos sobre la roca y la elevada turbidez.

A partir de los 8 m, comienza a hacerse sentir más la influencia oceánica con un efecto renovador, las condiciones cambian ligeramente y se observa un incremento de la abundancia de corales (con dominancia de *Diploria strigosa*), esponjas y octocoralios, si bien la cobertura algal y de sedimentos se mantiene en valores de 70 a 80%.

Cuenca de arena

Tras la explanada abrasiva aparece una cuenca arenosa desprovista de sustrato rocoso (Figura 7), donde son evidentes las marcas del oleaje en el fondo. Este tipo de fondo se extiende entre unos 10 a 13 m en el perfil 1, pero alcanza mayor profundidad en el perfil 2 donde llega hasta 20 m. Los fondos arenosos no son en general productivos ni sustentan una alta diversidad de especies, pues la inexistencia de un sustrato firme de colonización impide la colonización de la fauna coralina. Por otra parte, su naturaleza particulada los convierte en el reservorio de la materia orgánica y otros contaminantes como metales pesados o compuestos orgánicos persistentes (COP's), también detectados por SEA/SURENA (1999).

Macizos y canales

Los fondos de macizos y canales comienzan a delimitarse a partir de los 15 m en el Perfil 1 y de los 20 m en el Perfil 2, pero igualmente siguen la tendencia de crecimiento con la profundidad, pasando de cabezos o promontorios rocosos bajos entre 15 a 24 m (Figura 8) a montañas de varios metros de altura hacia 25 a 30 m (Figura 9). Por la mayor profundidad que hace que el efecto del batimiento del oleaje se vaya atenuando y la presencia de abundante sustrato duro para colonización los fondos de macizos y canales ya promueven una elevada diversidad coralina. Sin embargo, los mismos fenómenos de turbidez, sedimentación y el exceso de nutrientes que discutimos para las zonas someras continúan influyendo en esta zona profunda reduciendo la diversidad coralina. Por esta razón, la cobertura se mantiene en un 70 a 80% de algas y sedimentos y solo los octocoralios, que por su forma de crecimiento arborescente pueden separarse del sustrato y evadir el efecto del sedimento, incrementan ligeramente su abundancia con dominancia de especies como *Gorgonia ventalina*, *Plexaura homomalla* y *P. flexuosa*.



Figura 7. Imagen de la cuenca arenosa que constituye el principal reservorio de la materia orgánica y los contaminantes que precipitan en las partículas sedimentables.

DISCUSIÓN

Comparativamente con la estructura ecológica de otros arrecifes del país no sometidos a impactos de fuentes contaminantes (Betancourt y Herrera-Moreno, 2001), la situación del arrecife estudiado refleja el impacto histórico de la contaminación. Los aspectos más notables que pueden extraerse de los videos son el incremento exagerado de la cobertura algas y la reducción notable de la cobertura, diversidad y abundancia de especies de corales, esponjas y octocoralios (Tabla 3). Aunque la identificación de especies a través del video es un proceso difícil que aún continúa, de manera general pudimos observar la presencia de algunas especies capaces de colonizar los ambientes sometidos a fenómenos de turbidez y sedimentación. Entre los corales se observó la dominancia de *Siderastraea radians*, mientras que otras especies típicas del arrecife como *Montastraea cavernosa* y *Agaricia agaricites* presentaron una baja presencia.

En los octocoralios la dominancia de especies parece desplazarse hacia *Plexaura homomalla* y *Pseudoplexaura flagellosa*. En las esponjas, si bien resulta más difícil la identificación por su naturaleza incrustante, es probable la presencia de *Clathria venosa*, especie que en condiciones naturales es escasa pero que suele incrementar su número en zonas muy enriquecidas (Alcolado y Herrera-Moreno, 1987) y en general la diversidad de especies es baja con algunos representantes de ambientes contaminados como *Iotrochota birotulata* (Alcolado, 2007). En relación con la vegetación resulta difícil la identificación a nivel de especie de las algas, pero a nivel de género se observa dominancia del alga coralina *Jania* sp. –sobre todo en las explanadas- cuya forma de crecimiento permite la formación de una tupida madeja que cubre prácticamente la totalidad del sustrato. En algunas zonas el alga dominante fue *Padina* sp. alternada con *Stycolodium* sp. y *Halimeda* sp. A mayor profundidad la cobertura vegetal y de sedimentos sigue superando a la cobertura coralina, pero parece existir un cambio en la dominancia de las algas con desplazamientos hacia *Cladophora* sp. y *Microdictyon* sp. Sobre el sustrato arenoso no se observó vegetación fija.



Figura 8. Imagen de macizos y canales bajos.



Figura 9. Imagen de macizos y canales muy desarrollados. Nótese las paredes cubiertas de sedimentos sobre la roca y la ausencia de corales.

Tabla 3. Identificación preliminar de algunos representantes más comunes del arrecife costero estudiado.

Grupos	Especies	Explanada	Cuenca arenosa	Macizos y canales
Algas	<i>Jania sp.</i>	X		X
	<i>Stycolpodium sp.</i>	X		X
	<i>Halimeda sp.</i>	X		X
	<i>Cladophora sp.</i>			X
	<i>Microdictyon sp.</i>			X
	<i>Padina sp.</i>			X
	<i>Udotea sp.</i>			X
Esponjas	<i>Agelas clathrodes</i>			X
	<i>Agelas sceptrum</i>			X
	<i>Aplysina fistularis</i>			X
	<i>Dragmacidon reticulatus</i>			X
	<i>Iotrochota birotulata</i>	X		X
	<i>Ircinia felix</i>			X
	<i>Ircinia strobilina</i>			X
	<i>Neofibularia nolitangere</i>			X
	<i>Niphates digitalis</i>			X
	<i>Svenzea zeai</i>			X
	<i>Xestospongia muta</i>			X
Anémonas	<i>Zoanthus sp.</i>	X		X
	<i>Stycolodactyla helianthus</i>	X		X
Corales	<i>Agaricia agaricites</i>			X
	<i>Dichocoenia stokesi</i>			X
	<i>Diploria labyrinthiformis</i>			X
	<i>Diploria strigosa</i>	X		X
	<i>Eusmilia fastigiata</i>			X
	<i>Manicina areolata</i>	X		X
	<i>Meandrina meandrites</i>			X
	<i>Montastrea anularis</i>			X
	<i>Montastrea cavernosa</i>			X
	<i>Porites astreoides</i>			X
	<i>Siderastraea siderea</i>			X
	<i>Siderastrea radians</i>	X		X
Octocorallios	<i>Eumicea calyculata</i>			X
	<i>Eumicea tourneforti</i>			X
	<i>Gorgonia ventallina</i>			X
	<i>Muricea muricata</i>			X
	<i>Plexaura flexuosa</i>	X		X
	<i>Plexaura homomalla</i>			X
	<i>Plexaurella dichotoma</i>			X
	<i>Pseudopterogorgia americana</i>			X
	<i>Pterogorgia anceps</i>			X
	<i>Pterogorgia citrina</i>	X		X
Equinodermos	<i>Diadema antillarum</i>	X		X
Coral negro	<i>Anthipatharia</i>			X

Tabla 3. Continuación.

Grupos	Especies	Explanada	Cuenca arenosa	Macizos y canales
Peces	<i>Acanthurus chirurgus</i>	X		X
	<i>Heteroconger longissimus</i>		X	X
	<i>Chromis cyaneus</i>	X		X
	<i>Lutjanus sp.</i>			X
	<i>Chaetodon striatus</i>			X
	<i>Chaetodon capistratus</i>			X
	<i>Stegastes leucostictus</i>	X		X
	<i>Stegastes partitus</i>	X		X
	<i>Stegastes planifrons</i>	X		X
	<i>Holocentrus rufus</i>			X
	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	X		X

La diversidad de peces fue también extremadamente baja en lo cual influye no solo la contaminación, sino también la sobrepesca. Hacia la explanada dominan especies como el doctor *Acanthurus chirurgus* que se alimentan sobre la vegetación y el detritus, mientras que a mayor profundidad se incrementa ligeramente la presencia de especies típicamente arrecifales. Un aspecto positivo fue la presencia y abundancia del erizo negro *Diadema antillarum*, cuyas poblaciones se habían reducido en el Caribe. Esta especie herbívora puede ayudar a largo plazo a reducir el impacto del incremento de la cobertura vegetal en beneficio del arrecife coralino.

Los cambios ecológicos que se observan en la comunidad arrecifal estudiada responden a varios factores, pero entre ellos el excesivo crecimiento de algas sobre la superficie del arrecife, como efecto secundario del incremento artificial de nutrientes, es uno de los principales factores señalados en la literatura (Benahay y Loya, 1977), pues la competencia entre los corales y las algas es un proceso clave cuyo balance puede ser fácilmente alterado dando como resultado cambios en la dominancia de estos grupos en el arrecife. El incremento de la cobertura algal afecta la densidad coralina por competencia por el espacio (Walker y Ormond, 1982), además de que por cubrimiento (Banner y Bailey, 1970), daño mecánico (Johannes, 1972), debilitamiento basal (Banner, 1974) e incremento de la carga de sedimento (Walker y Ormond, 1982), puede producirse una reducción de la abundancia y de la diversidad, al actuar algunos de estos factores de forma selectiva.

Esta afectación puede influir en igual medida sobre gorgonáceos y esponjas. Para los primeros, Kinzie (1973) señala un efecto mecánico erosivo sobre las larvas recién fijadas y los juveniles además de un posible efecto selectivo sobre la colonización larval, aunque en los gorgonáceos la influencia debe ser menor que en los corales, pues su crecimiento vertical y arborescente y su elevada tasa de crecimiento en el primer año, los independiza en corto tiempo de la influencia del sustrato (Jordán, 1980). Las algas son también importantes competidores de las esponjas por el sustrato y pueden llegar a cubrirlas totalmente (Alcolado, 1984) El efecto de este tensor sobre el arrecife estudiado es importante en las zonas contaminadas, donde la cobertura algal alcanza un altísimo porcentaje y se convierte evidentemente, en un elemento reductor de la densidad de la epifauna sésil del arrecife.

Otro factor importante es la sedimentación donde los daños a las colonias coralinas ocurren por abrasión y acción mecánica (Johannes, 1975), por el gasto energético que implica la remoción de

partículas de la superficie de la colonia y por la influencia desfavorable de las partículas sedimentables sobre el plancton como alimento para los corales, si bien esta última vía no es fundamental dada la relativa independencia que pueden tener los corales del plancton (Bak, 1978). Tanto la abrasión como el daño mecánico, influyen sobre la diversidad coralina favoreciendo el predominio de especies más eficientes en la eliminación de las partículas, y de aquellas cuyas formas de crecimiento las haga menos vulnerables. Además la sedimentación influye también sobre el crecimiento, tanto por el desvío de la energía disponible para la limpieza de la colonia (Bak, 1978) como por reducción directa del crecimiento por abrasión y daño mecánico (Aller y Dodge, 1974) o reducción indirecta por bloqueo de la intensidad luminosa (Johannes, 1972).

La sedimentación también puede dañar a las esponjas por taponamiento de los poros provocando alteraciones fisiológicas, disminución del crecimiento o la muerte. Además, la abrasión daña la superficie de algunas especies produciendo un gasto energético en su regeneración que puede conducir a un lento crecimiento, su detención o su destrucción (Alcolado, 1984). Aunque los gorgonáceos como dijimos, son menos sensibles a la sedimentación (Preston y Preston, 1975) el efecto crónico de la resuspensión y abrasión por las partículas de sedimento puede tener un efecto importante sobre la diversidad, dado que existen especies particulares, que por sus características morfológicas, fisiológicas o de crecimiento, resultan especialmente resistentes y son capaces de dominar en ambientes impactados por estos factores, como son los casos de los géneros *Pterogorgia* y *Pseudopterogorgia* (Opresko, 1973). Es interesante que esta situación es la misma que se había reportado para el occidente de la Bahía de la Habana en Cuba, que se encuentra altamente contaminada (Herrera-Moreno, 1991).

REFERENCIAS

- Alcolado, P. 2007. Reading the code of coral reef sponge community composition and structure for environmental biomonitoring: some experiences from Cuba. *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*, 3-10.
- Alcolado P. 2000. Diversidad y bioindicación ambiental en el mar. Serie Oceanológica Electrónica. Sitio Web: <http://oceanologia.redciencia.cu/articulos/articulo08.pdf>
- Alcolado, P. 1984. Utilidad de algunos índices ecológicos estructurales en el estudio de las comunidades marinas de Cuba. *Cien. Biol.*, 11: 61-77.
- Alcolado, P.M. y A. Herrera-Moreno. 1987. Efectos de la contaminación sobre las comunidades de esponjas en el Litoral de La Habana, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol., Acad. Cien. Cuba.*, 68: 1-17.
- Aller, R.C. y Dodge, R.E. (1974): Animal-sediment relations in a tropical lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *J. Mar. Res.*, 32(2): 209-232.
- Bak, R.P.M. 1978. Lethal and sublethal effects of dredging on reef corals. *Mar. Poll. Bull.*, 9(1): 14-16.
- Banner, A.H. 1974. Kanehohe Bay Hawaii: Urban pollution and a coral reef ecosystem. *Procc. Second Int. Coral Reef Symp.*, 2, Great Barrier Reef Committee, Brisbane, pp. 585-672.
- Banner, A.H. y Bailey, J.H. 1970. The effects of urban pollution upon a coral reef system. *Tech. Rep. Hawaii Inst. Mar. Biol.*, 25: 66 pp. [citado por Johannes, 1972]
- Benahay Y. y Loya, Y. 1977. Space partitioning by stony corals and benthic algae on the coral reefs of the northern Gulf of Eliat (Red Sea). *Helgolander wiss. Meeresunters*, 30: 362-382.
- Betancourt, L. y A. Herrera-Moreno 2001. Evaluación ambiental de la Ensenada de Sosúa: impactos a los arrecifes. *Indotecnica* 9(2): 11-19.
- Bonnelly, I. 1974. Los crustáceos de la colección del Centro de Investigaciones de Biología Marina de la UASD. En: *Estudios de biología pesquera dominicana*, Editora de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, pp. 13-34.
- Contreras, J., C. L. Mendoza y A. Gómez 2003. Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina Período comprendido entre 6/octubre 2002 al 7/septiembre 2003. *INTEC Ciencia y Sociedad*, Volumen XXIX, Número I, 34 pp.

- EPA 2002. U.S. Environmental Protection Agency (Mid-Atlantic Integrated Assessment (MAIA) Estuaries 1997-98: Summary Report, EPA/620/R-02/003, 115 pp.
- González, Z. 1998. Impactos ambientales sobre los ecosistemas estuarinos de los Ríos Ozama y Haina. Lineamiento para su manejo y desarrollo. Universidad Católica de El Salvador, Centro de Recursos Ambientales, Salvador, Bahía, Brasil, 52 pp.
- Herrera-Moreno Alejandro 1991. Efectos de la contaminación sobre la estructura ecológica de los arrecifes coralinos en el litoral habanero. Tesis de Doctorado, Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba. 359 pp.
- Herrera-Moreno, A. 1991. Efectos de la contaminación sobre la estructura ecológica de los arrecifes coralinos en el litoral habanero. Tesis para la defensa del grado de Doctor en Ciencias Biológicas, Academia de Ciencias de Cuba. 110 p.
- Herrera-Moreno, A. y N. Martínez-Estalella. 1987. Efectos de la contaminación sobre las comunidades de corales escleractínios al Oeste de la Bahía de la Habana. Rep. Inv. Inst. Oceanol., Acad. Cien. Cuba, 62: 1-29.
- Herrera-Moreno, A. y P. M. Alcolado 1983. Efectos de la contaminación sobre las comunidades de gorgonáceos al Oeste de la Bahía de La Habana. Cien. Biol., 10: 69-85.
- Herrera-Moreno, A. y P.M. Alcolado 1986. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos en el litoral de Mariel y su comparación con el litoral habanero. Cien. Biol., 15: 55-75.
- Herrera-Moreno, A. y P.M. Alcolado 1988. Estructura ecológica de las comunidades de gorgonáceos del arrecife de Santa Cruz del Norte. Rep. Invest. Inst. Oceanol., Acad. Cien. Cuba. 49: 1-27.
- HOLASA 2008. Holsteinson y Asociados, S. A. Sitio Web: <http://www.holasa.biz/>
- Johannes, R.E. 1972. Coral reefs and pollution. En "Marine Pollution and Sea Life", (Editor Mario Ruivo), Fishing News (Books) Ltd., England, pp. 364-374.
- Johannes, R.E. 1975. Pollution and degradation of coral reefs communitities. En Tropical Marine Pollution (E.J. Ferguson Wood y R.E. Johannes, eds.), Elsevier Oceanographic Series 12, Elsevier Scientific Publishing Company, Nueva York, 192 pp.
- Jordan, E. 1980. Arrecifes coralinos del noreste de la Península de Yucatán: Estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias del Mar, Universidad Nacional Autónoma de México, 117 pp.
- Kinzie, R.A. 1973. The zonation of West Indian gorgonians. Bull. Mar. Sci., 23(1): 93-155.
- Lang, J., P. Alcolado, J. P. Carricart-Ganivet, M. Chiappone, A. Curran, P. Dustan, G. Gaudian, F. Gerald, S. Gittings, R. Smith, W. Tunnell y J. Wiener 1998. Status of coral reefs in the northern areas of the wider Caribbean. <http://www.aims.gov.au/pages/research/coral-bleaching/scr1998/scr-08.html>.
- Martín, A., F. Solar y R. Rodríguez 2001. Caracterización hidroquímica del Litoral de Santo Domingo. República Dominicana. Taller Internacional CONyMA'2001 Contaminación y Protección del Medio Ambiente, 24 al 27 de Abril de 2001, La Habana, Cuba.
- Opresko, D.M. 1973. Abundance and distribution of shallow water gorgonians in the area of Miami, Florida. Bull. Mar. Sci., 23(3): 535-557.
- Regadera, R., G. Delgado y A. de la Cruz 2001. Caracterización de las comunidades planctónicas del litoral de Santo Domingo, República Dominicana, y su relación con las principales fuentes contaminantes. Taller Internacional CONyMA'2001 Contaminación y Protección del Medio Ambiente, 24 al 27 de Abril de 2001, La Habana, Cuba.
- SEA-SURENA 1999. Planificación y manejo ambiental del litoral de Santo Domingo. Plan de saneamiento para las cuencas media baja Ozama-Isabela, Haina y el litoral de Santo Domingo. PNUD/ AID, 162 pp.
- SERCITEC/GeoIngenieria Ltd. 2003. Informe Ambiental y Plan de Manejo y Adecuación Ambiental de la Central Térmica de Haina.
- SGA /SEMARENA 2001. Calidad Ambiental del Tramo Costero Santo Domingo-San Pedro de Macorís. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Subsecretaría de Gestión Ambiental, Santo Domingo, 104 pp.
- Terrero, N e I. Bonnelly 1978. La colección ictiológica del Centro de Investigaciones de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Santo Domingo. Editora Taller C. por A., Santo Domingo, 23 pp.
- Terrero, N. 1983. Adiciones a la colección ictiológica de CIBIMA Parte III. Contribuciones del Centro de Investigaciones de Biología Marina (CIBIMA), 49: 1- 16.
- Terrero, N. 1988. Adiciones al catálogo de peces marinos de CIBIMA. Contribuciones del Centro de Investigaciones de Biología Marina (CIBIMA), 79: 1-9.
- Villasol, A., M. Alepez y J. Beltrán 1998. Integrated Management of Bays and Coastal Zones in the Wider Caribbean Region: Facts and Needs. http://www.gbrmpa.gov.au/corp_site/info_services/publications/itmems/pdf/itmems_192-205_s04_3.pdf
- Walker, D. I., y R. F. G. Ormond. 1982. Coral death from sewage and phosphate pollution at Aqaba, Red Sea. Mar Poll Bull 13: 21-5.