

## INTERACCIONES BIOLÓGICAS EN EL CANAL DE TOMA DE LA PLANTA TERMOELECTRICA DEL CENTRO EN PUNTA MORON, VENEZUELA

### BIOLOGICAL INTERACTIONS IN THE INLET CHANNEL OF A VENEZUELAN POWER PLANT

Freddy Losada\*, Alberto Martín\*\*, William Feragotto\*, Carlos Alamo\*

\* *Departamento de Biología de Organismos e INTECMAR. División de Ciencias Biológicas. Universidad Simón Bolívar. Apartado 89000. Caracas 1086-A. Venezuela.*

\*\* *Departamento de Estudios Ambientales e INTECMAR. División de Ciencias Biológicas. Universidad Simón Bolívar. Apartado 89000. Caracas 1086-A. Venezuela.*

### RESUMEN

En el canal de toma de la Planta Termoeléctrica del Centro, se desarrolla una comunidad incrustante caracterizada por una alta diversidad, alta biomasa y marcada zonación. El litoral, presenta una franja superior de *Chthamalus* de tallas pequeñas y densas agregaciones (max. 20.000 ind/m<sup>2</sup>) y una inferior de *Balanus* de tallas mayores y agregaciones menos densas (max. 4000 ind/m<sup>2</sup>). El sublitoral es una mezcla de anémonas, tunicados coloniales, verméticos, poliquetos, esponjas, hidrozoarios, briozoarios, algas y octocorales que ocupan más del 90% de la cobertura de sustrato primario. Los principales invertebrados móviles sobre las paredes del canal son *Diadema antillarum*, *Thais haemastoma*, holoturoideos, ofiuroides, nudibranchios y crustáceos. En algunas áreas, una población de la anémona gregaria *Aiptasia* sp. monopoliza el sublitoral superior formando franjas de unos 30-40 cm. Donde dicha franja está reducida o ausente, *Diadema* tiene acceso al litoral. Al aumentar experimentalmente la densidad de este equinoideo se generó espacio y disminuyó la densidad de los cirripedios. La población del equinoideo está formada por erizos grandes distribuidos ampliamente en profundidad, prefiriendo el sublitoral superior y litoral inferior. La permanencia del erizo sobre la pared, está asociada a un mayor porcentaje de sustrato desnudo, comportándose como un omnívoro con una elevada tasa de remoción de algas, larvas y juveniles de varias especies.

PALABRAS CLAVES: Interacciones biológicas, *Diadema antillarum*, depredación, comunidad incrustante, canal artificial, zonación.

## ABSTRACT

On the walls of the inlet channel of a Power Plant grows a fouling community characterized by high species diversity, high biomass and a marked zonation. The upper littoral zone is a fringe of small size *Chthamalus* (max. density 20.000 ind/m<sup>2</sup>). The lower littoral is a fringe of *Balanus* of larger size and lower density (max. 4.000 ind/m<sup>2</sup>). The sublittoral is formed by anemones, colonial tunicates, vermetids, sponges, polychaetes, hydrozoans, bryozoans, algae and octocorals occupying more than 90% of the substrate cover. Other invertebrates moving on the walls are the sea urchin *Diadema antillarum*, *Thais haemastoma*, holothurians, brittle stars, nudibranchs and crustaceans. In some areas a population of the gregarious anemone *Aiptasia sp.* monopolizes the upper sublittoral forming fringes of 30-40 cm. Wherever the anemone fringe is reduced or absent *Diadema* has access to the littoral zone. When the urchin density was experimentally increased the bare substrate area increased and barnacle density decreased. The urchin population was composed mainly of large urchins distributed from the bottom to the littoral areas on the walls with a preference for the lower littoral and upper sublittoral. In this system, *Diadema* behaves like an omnivorous, grazing heavily on algae, larvae and juveniles of several invertebrates.

KEY WORDS: Biological interactions, *Diadema antillarum*, predation, fouling community, man-made channel, zonation.

## INTRODUCCION

Planta Centro es una planta termoeléctrica operada por CADAPE (Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico), que utiliza agua de mar para el enfriamiento de los condensadores. El funcionamiento de la planta, genera succión de agua desde el ambiente aledaño hacia su interior a través de un canal de toma, a una velocidad entre 0,13 y 0,21 m/seg (Novoa 1986). Sobre las paredes del canal se desarrolla una comunidad muy diversa, caracterizada por una alta biomasa, una alta diversidad y una zonación conspicua. El flujo continuo de agua a través del canal de toma aporta alimento, en forma de materia orgánica particulada viva y muerta y disuelta en el agua, la cual es utilizada por los organismos componentes de las comunidades incrustantes, la mayoría de ellos con mecanismos filtradores.

coloniales, briozoarios, cirripedios, anémonas, poliquetos sabélidos, serpúlidos y espirórbidos, hidrozoarios, esponjas y algas. Los organismos móviles más comunes en las paredes del canal son anfípodos, poliquetos errantes, gastrópodos, cangrejos, nudibranchios, erizos, ofiuroideos, holoturoideos y peces.

Uno de los organismos más conspicuos sobre las paredes del canal de toma es el equinoideo *Diadema antillarum*. La población de este erizo, constituida por ejemplares en su mayoría de tallas grandes, no parece haber sido afectada por una epidemia de probable origen bacteriano, que diezmo a la mayoría de las poblaciones de esta especie en el Caribe (Bak et al. 1984; Lessios et al. 1984 a y b).

Investigaciones recientes demuestran el efecto producido por el erizo sobre las comunidades donde habita, señalándolo como un organismo que afecta la estructura de esas comunidades. Algunos de

esos efectos son: a) La formación de halos desprovistos de vegetación en sustratos sobre los cuales la población de *D. antillarum* ejerce una intensa actividad (Ogden et al. 1973); b) la disminución de la biomasa de algas macroscópicas, del número de especies y de su equitatividad (Sammarco et al. 1974); c) La producción de sedimentos y d) la generación de espacio o la alteración del sustrato. Bak y van Eys (1975) indican, que *Diadema* puede modificar sus hábitos alimenticios pasando de herbívoro a depredador facultativo de tejidos de coral, dado que al examinar sus tractos digestivos encontraron mucus, nematocistos y zooxantelas de corales.

Otros trabajos aportan evidencias de cómo *Diadema* es el principal factor bioerosivo de arrecifes (Sammarco 1980, 1982 a, b; Sammarco et al. 1974). Estudios realizados en los arrecifes de la costa venezolana por Urich (1977), Weil (1980) y Weil et al. (1984), indican una alta correlación entre una baja cobertura viva de corales y una elevada erosión de sus esqueletos asociada a altas densidades poblacionales de dicho equinoideo, pudiéndose decir, que la actividad erosiva del erizo es uno de los mecanismos más importantes de todos los procesos que generan sedimentos.

El papel que juega *D. antillarum* en la modificación de la estructura de la comunidad a la cual está asociado debe variar de un hábitat a otro, dependiendo de mecanismos bióticos y abióticos que regulan su densidad poblacional, la estructura de edades, el proceso de colonización, sus preferencias alimentarias y el alimento disponible. El propósito de la

presente investigación, fue evaluar el efecto de la población de erizos del canal sobre la abundancia y composición de especies de las comunidades incrustantes, definir el papel del equinoideo en la generación de espacio en las paredes del canal, así como sus hábitos alimentarios y la probable interacción entre una anémona gregaria (*Aiptasia sp.*) y el erizo *D. antillarum*.

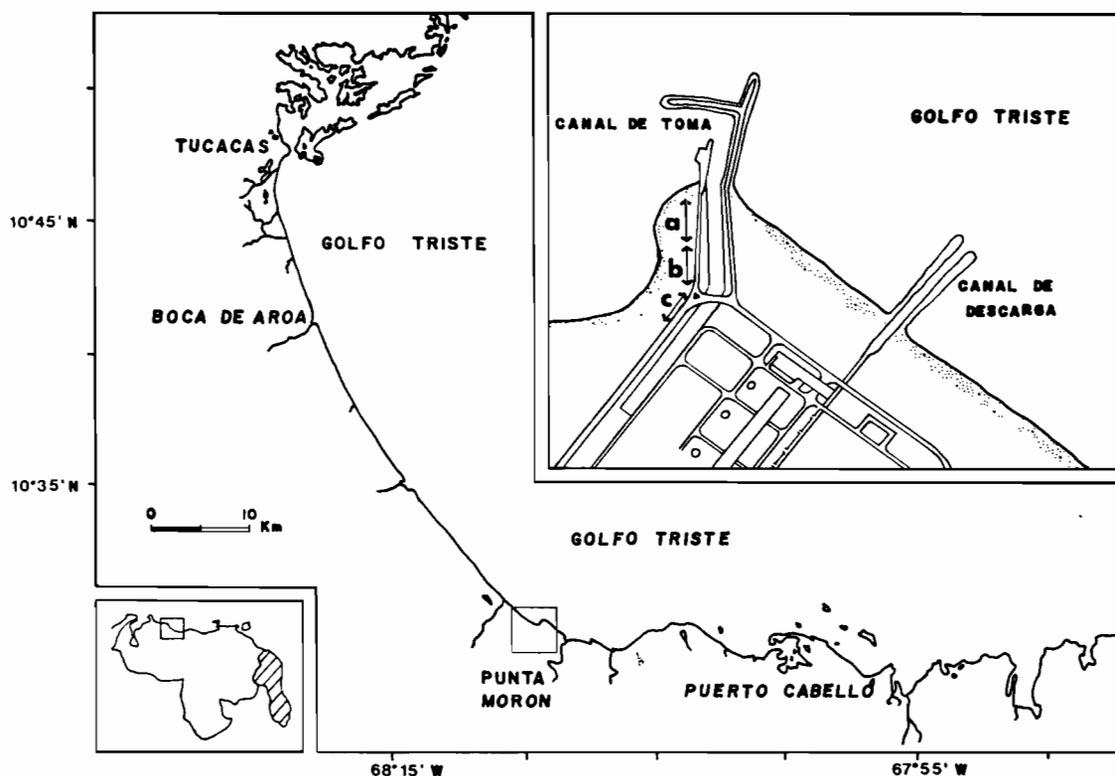
## MATERIALES Y METODOS

Se tomó como lugar de estudio el canal de toma de Planta Centro (Punta Morón, Estado Carabobo), ubicada entre los 10°29'48" y 10°30'06" de latitud Norte y los 68°09'12" y 68°09'36" de longitud Oeste (Fig. 1). Dicho canal consiste de dos paredes metálicas paralelas entre sí que poseen aproximadamente 500 m de longitud por 40 m de ancho y 6 m de profundidad en su parte media y final.

Las evaluaciones se efectuaron en la pared occidental del canal, durante los meses de Julio a Diciembre de 1984, con una frecuencia semanal a partir del mes de Septiembre. Para ello se enumeraron 748 columnas en un sector de la pared de aproximadamente 350 m de longitud, en dirección Norte - Sur desde la entrada, iniciándose este a unos 15 m de los pedraplenes que indican el comienzo del canal.

### Estructura de la comunidad incrustante.

En el sector escogido del canal procedimos a evaluar cualitativamente y de forma general la estructura, composición y zonación de la comunidad incrustante



**FIGURA 1.** Ubicación del canal de toma de Planta Centro y de los sectores de columnas estudiadas (a: 001-150; b: 151-450 y c: 451-748).

tomando solamente los organismos más conspicuos para tener de esta manera, una visión de las asociaciones de organismos en toda su longitud.

Para el estudio cuantitativo de la cobertura de las especies presentes en las diferentes columnas, empleamos una cuadrata de plexiglás de 25 x 25 cm dentro de la cual seleccionamos 25 puntos al azar, que constituyeron centros de cuadrados de 4 cm<sup>2</sup> subdivididos a su vez en cuadros más pequeños de 1 cm<sup>2</sup>.

Mediante el uso de equipo de buceo autónomo, la cuadrata de muestreo la ubicábamos sobre la comunidad incrustante, determinando la cobertura viva de las diferentes especies por cada uno de

los cuadrados de 1 cm<sup>2</sup>. Efectuamos los muestreos en cinco columnas, hasta una profundidad de dos metros.

#### Densidad poblacional de *Diadema antillarum*.

Estimamos las densidades de *Diadema antillarum*, las tallas y la profundidad a la cual se encontraban sobre la pared o el fondo del canal, para lo cual se realizaron 11 muestreos desde Julio a Noviembre de 1984.

Para evaluar las tallas de la población del erizo, efectuamos un muestreo preliminar tomando 30 equinoideos de la pared, mediante guantes y un compás de dos puntas con el cual se tomó la mayor

abertura sobre el caparazón del erizo, comparándola de inmediato con una regla milimetrada, obteniendo así la medida del diámetro del caparazón de los erizos.

Con ese primer análisis de la estructura de tallas de la población, establecimos los siguientes intervalos de diámetros: erizos pequeños ( $\leq$  a 4 cm), medianos (entre 4 y 8 cm) y grandes ( $>$  8 cm).

#### **Dieta de *D. antillarum*.**

Para el estudio de la dieta de *D. antillarum* de las columnas enumeradas, seleccionamos 50 columnas con un generador de números al azar y capturamos todos los erizos presentes en ellas, hasta 2 m de profundidad. Se recolectaron 17 ejemplares, los cuales fueron reemplazados de inmediato con erizos de la pared oriental (no estudiada), de manera de no alterar la densidad existente en la pared bajo estudio.

A cada organismo recolectado se le extrajo de inmediato el sistema digestivo, y éste se fijó en una solución de formalina al 10%. En el laboratorio separamos la región intestinal y de su contenido estudiamos un mínimo de 20 bolitas fecales por cada erizo, utilizando una lupa estereoscópica y microscopio. Debido al grado de maceración del contenido, no todo el material examinado fue identificado.

Paralelamente, determinamos la dieta probable de *Diadema*, para lo cual a todo lo largo del canal examinamos 116 erizos presentes a niveles de superficie o

a profundidades menores de los 2 m; dichos ejemplares los separamos cuidadosamente del sustrato, anotándose los organismos incrustantes debajo de ellos y colocándolos nuevamente en la misma posición.

#### **Movilidad del erizo.**

En un área seleccionada de la pared, estimamos la movilidad de los erizos en el canal. Dada la dificultad de encontrar una marca que no lesionara al erizo y que permaneciera adherida a este por un largo tiempo, establecimos una medida aproximada de la movilidad de *Diadema* sobre las columnas. Para ello escogimos dos pequeños sectores de la pared de 16 columnas cada uno, uno al principio del canal y otro en una zona intermedia y sobre ellos contamos, medimos y ubicamos en profundidad, todos los erizos allí presentes. Eliminamos además, todos los equinoideos que se encontraban en las cinco columnas inmediatas a ambos lados del sector seleccionado. Después de un período de cinco días ubicamos y contamos los animales presentes en los sectores escogidos y en las áreas vecinas. Además, la observación frecuente (una a dos semanas) durante cuatro meses de la ubicación de los erizos en las columnas enumeradas nos permitió estimar la movilidad de los mismos, suponiendo que los erizos ubicados en la misma columna y a una profundidad similar, eran los mismos de la observación anterior.

#### **Efecto del equinoideo sobre la estructura comunitaria.**

Para establecer el impacto de la población de *D. antillarum* sobre la

comunidad incrustante, aumentamos la densidad de este equinoideo en un sector de 20 columnas al principio del canal caracterizado por una muy baja cobertura de sustrato desnudo y una densidad muy baja del erizo. Inicialmente la densidad experimental fue de un erizo por columna, posteriormente esta densidad se aumentó a cuatro por columna. En ese mismo sector observamos los cambios en el área de sustrato desnudo y abundancia de las distintas especies incrustantes, durante un período de tres semanas. Para ello estudiamos varias columnas (antes y después de la manipulación del sector) utilizando un cuadrado

de 100 cm<sup>2</sup> de plexiglás, dividido en cuadros pequeños de un centímetro cuadrado y evaluando toda la columna desde el litoral hasta dos metros de profundidad.

## RESULTADOS

### Comunidades del canal de toma

Se detectó la existencia de un patrón de zonación desde la franja supralitoral hacia el sublitoral, en las paredes del canal de toma (Fig. 2). En muchas columnas del canal, la región supralitoral está incrustada por una capa calcárea de

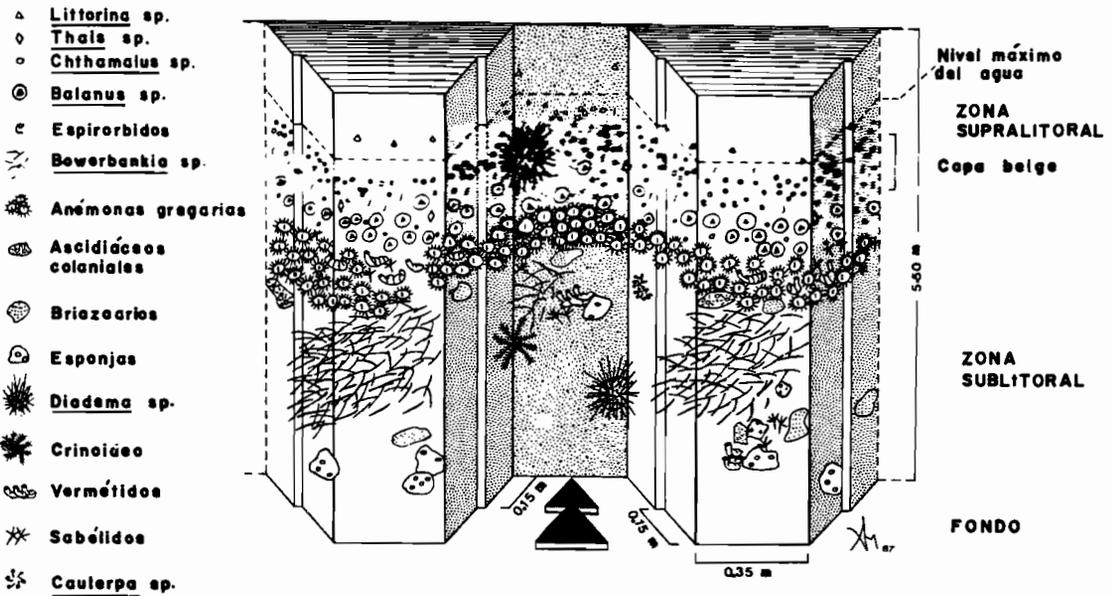


FIGURA 2. Diagrama de la zonación de las comunidades incrustantes en las paredes del canal de toma de Planta Centro. La flecha sobre el fondo indica el lado concavo de la pared.

color beige, que abarca unos 30 a 40 cm en el sentido vertical. Esta capa probablemente tiene su origen en la actividad de microorganismos. La diversidad de esta zona es baja pudiéndose observar ejemplares de los gastrópodos *Littorina* spp., *L. angulifera* y del cangrejo *Grapsus grapsus*.

El litoral superior está ocupado en su parte más alta por una franja de cirripedios de tallas pequeñas, la mayoría de ellos del género *Chthamalus* (máxima densidad: 20.000 ind/m<sup>2</sup>). Inmediatamente por debajo de esta zona abundan los cirripedios del género *Balanus*, de tallas mayores y densidad máxima 4000 ind/m<sup>2</sup>, coexistiendo con poliquetos espirórbidos y serpúlidos que colonizan sobre áreas de sustrato desnudo. En ocasiones, puede observarse la presencia del gastrópodo *Thais haemastoma* depredando sobre los cirripedios u ocultándose en grietas sobre las paredes. En algunos puntos, amplias áreas de sustrato desnudo (probablemente por la acción del erizo *Diadema antillarum*), son colonizadas por algas clorofíceas filamentosas.

Hacia el litoral inferior se encuentra una franja de anémonas gregarias del género *Aiptasia* que crecen sobre el sustrato primario de la pared, o sobre los tubos de moluscos verméticos sésiles. Dicha franja es más notoria en el primer sector del canal (columnas 1 - 100) en donde los erizos se desplazan por el fondo o tienen una densidad muy baja sobre las paredes. En sectores donde la franja se hace de menor densidad y existen en ella áreas desnudas o colonizadas por otros organismos (por lo general entre las columnas 250 - 500), los erizos se localizan a niveles más superficiales.

También abundan los hidrozoarios y hacia el sublitoral varias especies de esponjas.

En algunos puntos del canal, el sublitoral está dominado por enormes masas de un briozoario ramificado del género *Bowerbankia* (que cubre hasta más de dos metros de profundidad), en otros el sublitoral presenta una alta diversidad de especies. Coexisten allí numerosas especies de ascidiáceos coloniales, briozoarios, poliquetos sabélidos, esponjas, crinoideos, holoturoideos, nudibranchios, juveniles de langosta, algas clorofíceas del género *Caulerpa*, diversas especies de cangrejos, octocorales (*Telesto riisei*, *Pseudoplexaura* sp., *Muricea* sp.), hexacorales (*Montastrea cavernosa*, *Diploria strigosa*), peces, etc.

Entre los ascidiáceos coloniales que se hallan en el canal de toma, los géneros *Didemnum*, *Botryllus* y *Botrylloides* están entre los más abundantes. De las diversas especies de briozoarios, las dominantes pertenecen a los géneros *Schizoporella* y *Bugula*. La morfología del primero coincide con la descripción de *Schizoporella errata* de Hayward y Ryland (1979). Es un briozoario incrustante que en las paredes del canal de Planta Centro forma colonias aisladas más o menos redondeadas, de unos 15-25 cm de diámetro, de color rojo ladrillo oscuro. La morfología del segundo corresponde a la de *Bugula neritina*, descrita por Marcus (1937), Ryland y Hayward (1977) y Bastida y Bastida (1980). Es un briozoario ramificado, arbustivo, de color pardo rojizo o púrpura, que forma densas masas que sobresalen del sustrato a escasa altura y actúan como trampas de sedimentos.

A partir de los tres metros de profundidad, la resuspensión de sedimentos parece afectar la distribución y abundancia de muchas especies de la comunidad. Hay una disminución en la diversidad evidenciada por una dominancia de esponjas y de especies constructoras de tubos de sedimentos (pequeños sabélidos y anfípodos).

### **Distribución y tallas de *Diadema antillarum***

Al comienzo del canal, los erizos se desplazaban por el fondo sobre las rocas del pedraplen y a partir del sector de columnas 100 - 150 y hacia el final del canal se encontraban distribuidos mayoritariamente en los primeros dos metros de profundidad, determinándose preferencia (en el 80 al 90% de los individuos) por ubicarse en el lado cóncavo de las columnas en el litoral inferior y la parte superior del sublitoral.

Con relación a las tallas de la población, el 67,4% eran erizos grandes, un 30,8% lo constituían ejemplares de talla mediana y por último, el 1,8% eran erizos pequeños. En el intervalo de 0 a 2 m de profundidad no se detectaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) de distribución vertical de los erizos en relación a sus tallas. Tampoco hubo diferencias en la distribución horizontal de los erizos a lo largo del canal, en relación a sus tallas.

Rara vez observamos erizos agregados sobre las columnas, lo cual ha sido reportado como su comportamiento normal en condiciones naturales, probablemente como función protectora ante una presión depredadora (Randall et al. 1964; Pearse y Arch 1969).

### **Densidad de *D. antillarum* y espacio denudado**

En las primeras 150 columnas desde la entrada del canal, la densidad del erizo es menor que para el resto de la pared, así como en las últimas 100 columnas, la densidad es mucho mayor en comparación con los otros sectores (Tabla 1), resultando una densidad promedio para el canal de 0,20 erizos/columna, es decir, aproximadamente 0,13 erizos/m<sup>2</sup>, la cual es sumamente baja en comparación con los valores reportados por Randall et al. (1964) y Weil et al. (1984), sobre praderas de *Thalassia* y en arrecifes del Caribe respectivamente. En las columnas donde encontramos las mayores densidades de *Diadema*, mayor era el espacio denudado (Tabla 1). La mayor denudación se observó hacia el final del canal (sector de columnas 400-748) y en los niveles superficiales (menos de 40 cm de profundidad), aunque también observamos áreas denudadas a profundidades intermedias (de tres a cuatro metros).

Por otra parte, la franja de anémonas gregarias posee una alta densidad (130 ind/dm<sup>2</sup>) en las primeras 100 columnas del canal, disminuyendo su abundancia hacia el final del mismo (Tabla 1).

### **Dieta de *D. antillarum***

En la Tabla 2, se presenta las diversas presas componentes de la dieta probable de *D. antillarum* y del análisis del contenido estomacal. *D. antillarum* se comporta en el canal de toma, como un omnívoro que consume principalmente algas, teniendo preferencia por las fila-

**TABLA 1.** Densidad de *Diadema antillarum* y espacio denudado por sectores del canal, antes y después de la manipulación en el canal de toma de la planta termoelectrica del Centro en Punta Morón, Venezuela

SECTOR DE COLUMNAS (Nº)	DENSIDAD DE ANEMONAS GREGARIAS	A N T E S			D E S P U E S	
		DENSIDAD DE <i>Diadema antillarum</i> (ind/m <sup>2</sup> )	ESPACIO DENUDADO (cm <sup>2</sup> )	DENSIDAD DE <i>Diadema antillarum</i> (ind/m <sup>2</sup> )	ESPACIO DENUDADO (cm <sup>2</sup> )	
18-44	ALTA	0.004	10.2	0.67 - 2.67		137.4
25-37	ALTA	0.000	0.0	0.67 - 2.67		274.5
100-140	ALTA	0.016	102.6	NO HUBO	MANIPULACION	
251-389	MODERADA	0.170	203.1	NO HUBO	MANIPULACION	
400-748	BAJA-MODERADA	0.310	>1000	NO HUBO	MANIPULACION	

mentosas e incrustantes (21,52%). Sin embargo, posee un amplio patrón de presas y es capaz de alimentarse de casi cualquier animal sésil o de baja movilidad. No observamos anémonas ni verméticos en el contenido estomacal, aun cuando en algunas ocasiones algunos erizos se encontraron sobre estos organismos.

Si comparamos los resultados obtenidos entre el análisis del contenido estomacal y la dieta probable, vemos que existe una correspondencia entre ambos valores, siendo por supuesto, más detallado el análisis del contenido estomacal, el cual le da importancia como componentes de la dieta a organismos como cirripedios, moluscos, protozoarios, briozoarios y crustáceos (Tabla 2).

### Movilidad

Los muestreos semanales en los sectores seleccionados, evidenciaron con frecuencia que el mismo número de eri-

zos se mantenía por períodos de una a varias semanas en la misma columna enumerada o en las columnas vecinas (Tabla 3). Observamos además, un desplazamiento de los erizos en la mayoría de los casos de una a dos columnas por semana de evaluación (0,5 a 1,5 m), o un desplazamiento similar (0,5 a 1,0 m) dentro de la misma columna, por lo cual puede decirse que en el canal de toma *D. antillarum* tiene una baja movilidad.

### Manipulación de densidades

Como resultado del aumento en la densidad de *Diadema* sobre las columnas, ocurrió un aumento significativo del espacio denudado en las mismas, si se compara con el resto de las columnas estudiadas. Está se evidenció principalmente en el sector comprendido entre las columnas 25 a 37 en donde los erizos ejercieron su actividad con mayor intensidad (Tabla 1 y 4). La tendencia de los erizos que operaron en las columnas era

**TABLA 2.** Componentes de la dieta de *Diadema antillarum* en el canal de toma de Planta Centro, en Punta Morón, Venezuela.

COMPONENTE	DIETA PROBABLE (% de organismos debajo de 116 erizos examinados)	CONTENIDO ESTOMACAL (% del total de 20 bolitas fecales examinadas)
<b>A L G A S</b> (calcáreas incrustantes, diatomeas, clorofíceas filamentosas y otras clorofitas)	45,65	21,52
<b>P R O T O Z O A R I O S</b> (vorticélicos y foraminíferos)	----	14,27
<b>E S P O N J A S</b> (espongina, espículas, esponja rosada, roja, marrón, naranja, azul y gris)	18,48	9,99
<b>H I D R O Z O A R I O S</b>	6,53	2,85
<b>A N E M O N A S</b>	4,35	0,00
<b>A N E L I D O S</b> (espirórbidos, serpúlidos, setas de poliquetos)	7,61	11,41
<b>V E R M E T I D O S</b>	5,43	0,00
<b>O T R O S M O L U S C O S</b> (postlarvas de bivalvos y gastrópodos)	----	9,99
<b>C I R R I P E D I O S</b> (adultos y cípridos)	4,34	9,99
<b>O T R O S C R U S T A C E O S</b> (copépodos harpacticoides, anfípodos gammáridos y nauplios)	----	5,71
<b>B R I O Z O A R I O S</b> (zoocios, <i>Bugula sp.</i> , <i>Savignyella sp.</i> y <i>Schizoporella sp.</i> )	1,09	9,99
<b>T U N I C A D O S</b> (marrón, didemnidos y anaranjado)	6,52	4,28

(----) no detectables con la metodología utilizada

INTERACCIONES ENTRE ORGANISMOS INCRUSTANTES

**TABLA 3.** Número de *Diadema antillarum* por cada muestreo para diversas columnas en el canal de toma de Planta Centro, en Punta Morón, Venezuela

COLUMNA	FECHAS DE MUESTREO								
	No.	26/07/84	10/08/84	01/10/84	08/10/84	15/10/84	22/10/84	05/11/84	12/11/84
07	-	-	1	1	-	-	0	-	-
57	-	-	1	1	-	-	0	-	-
59	-	-	1	1	-	-	0	-	-
110	0	-	0	-	0	-	0	-	-
167	2	-	1	1	2	0	2	1	-
199	-	3	5	4	4	0	0	1	2
207	-	0	0	0	1	1	0	1	0
211	-	1	0	1	1	1	2	0	0
217	-	1	0	0	0	1	1	0	0
221	-	4	0	2	2	3	0	2	0
235	-	0	0	0	1	1	0	1	0
239	-	4	1	0	0	0	1	1	0
243	-	2	0	1	0	1	1	0	0
249	-	1	0	2	0	1	1	1	1
251	-	3	1	1	3	2	2	0	2
269	-	0	0	2	2	1	1	1	1
279	-	2	0	1	2	1	2	0	1
281	-	0	0	0	3	4	1	4	2
313	-	0	0	-	1	1	1	0	0
321	-	0	0	-	1	2	1	1	1
349	-	0	2	2	3	2	0	0	0
357	-	0	0	-	1	2	0	1	2
389	-	4	4	-	4	5	-	2	0
479	-	-	2	-	2	1	-	0	-
635	-	-	1	-	2	2	-	-	-
643	-	-	0	-	1	1	-	-	-

(-) no evaluado.

a denudar el sustrato o dejar sobre éste anémonas, verméticos, *Schizoporella sp* y algunos cirripedios de tallas grandes. Los erizos nunca se desplazaron hacia abajo más allá del límite superior de las anémonas. Por otra parte, los organismos más afectados por la manipulación fueron algas, cirripedios y serpúlidos, debido a que la acción fue ejercida principalmente en la zona litoral (Tabla 4). Estos tres grupos constituyeron en conjunto el 42,8% del contenido estomacal de los erizos analizados en el estudio de la dieta (Tabla 2).

En relación a los organismos no afectados, parece muy probable una acción de barrera o limitación que imponen las anémonas gregarias sobre la movilidad de *Diadema*, lo cual se evidenció cuando el erizo no atacó, ni sobrepasó la franja de anémonas en las columnas donde se aumentó la densidad.

## DISCUSION

El canal de toma de la Planta Termoeléctrica del Centro en Punta Morón, Venezuela, constituye un ambiente singular para el estudio de las interacciones que ocurren entre los organismos componentes de la comunidad incrustante. Es un hábitat de alta diversidad biológica, alta biomasa (especialmente de la epifauna), una alta cobertura viva del sustrato y una baja heterogeneidad morfológica. Sobre este sistema ejerce su acción depredadora una población del equinoideo *Diadema antillarum*, constituida en su mayor parte por individuos adultos de tallas grandes y densidad baja. Además, por razones que discutiremos, la depredación que se ejerce sobre esta pobla-

ción debe ser baja y la incorporación de nuevos individuos, nula o escasa.

Para la fecha de iniciación de este estudio, habían transcurrido por lo menos unos 7 meses de la ocurrencia de mortalidades masivas en las poblaciones de *Diadema antillarum* en el Caribe (Bak et al. 1984; Lessios et al. 1984 a y b). Aunque el agente causante de este fenómeno no está bien establecido, estos mismos autores han sugerido una probable epidemia bacteriana. En Venezuela las mortalidades masivas de este equinoideo, fueron observadas inicialmente en Diciembre de 1983 (Mike Osborn, com. pers.; Parque Nacional de Morrocoy). Posteriores observaciones de algunos de nosotros en el Archipiélago de Aves, Cayos de Golfo Triste y la Blanquilla, han corroborado que el fenómeno fue también extenso en los arrecifes venezolanos, alcanzándose mortalidades cercanas al 100%.

Aunque la densidad de *D. antillarum* en el canal de toma de Planta Centro es baja en comparación con las reportadas previamente para otras localidades de Venezuela y del Caribe (Weil et al. 1984), es sin embargo muy alta si se compara con los ambientes aledaños a la Planta o con los arrecifes en el Caribe, donde ocurrieron las mortalidades masivas. El número total de individuos de la población en la pared occidental del canal para la fecha del estudio, debió haber sido aproximadamente de unos 200 erizos. La ausencia de tallas pequeñas (menores de cuatro centímetros de diámetro), es una indicación de un reclutamiento bajo o ausente en esta población debido a la drástica disminución del

INTERACCIONES ENTRE ORGANISMOS INCRUSTANTES

**TABLA 4.** Evaluación cuantitativa del litoral (primeros 50 cm de profundidad) antes y después de la manipulación de *Diadema antillarum*.

COLUMNA No.	COMPONENTE (tipo)	A N T E S		D E S P U E S	
		AREA (cm <sup>2</sup> )		AREA (cm <sup>2</sup> )	
		0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
25	Microalgas sobre sustrato libre	190,63	3,13	152,50	2,50
	Algas filamentosas	0,00	1,25	0,00	1,00
	Esponja gris	33,13	5,00	(*)	(*)
	Esponja naranja	9,38	0,00	(*)	(*)
	Esponja marrón	0,00	25,00	(*)	(*)
	Esponja rosada	0,00	28,13	(*)	(*)
	Hidrozoarios	12,50	1,88	10,00	1,50
	Anémonas	188,13	541,88	188,13	541,88
	Serpúlidos	6,88	8,44	5,50	6,75
	Vermétidos	1,25	0,00	1,25	0,00
	Fisurellidae	3,13	0,00	(*)	(*)
	<i>Littorina sp.</i>	4,69	0,00	(*)	(*)
	Cirripedios	123,44	0,00	98,75	0,00
	Anfípodos tubícolas	51,88	10,31	(*)	(*)
	Sustrato denudado total		0,00		125,00
29	Microalgas sobre sustrato libre	300,00	6,25	132,00	2,75
	Esponja marrón	8,31	0,00	(*)	(*)
	Esponja naranja	8,31	0,00	(*)	(*)
	Anémonas	0,00	290,63	0,00	290,63
	Sabélidos	0,00	3,13	0,00	1,38
	Vermétidos	0,00	106,25	0,00	106,25
	Cirripedios	308,31	140,63	135,66	61,88
	Anfípodos Tubícolas	0,00	12,50	(*)	(*)
	Tunicados	0,00	31,25	(*)	(*)
	Gobidos	0,00	6,25	(*)	(*)
Sustrato denudado total		0,00		350,00	
35	Microalgas sobre sustrato libre	307,25	65,88	110,61	23,72
	Algas filamentosas	0,00	7,81	0,00	2,81
	Anemónas	0,00	76,56	0,00	76,56
	Serpúlidos	0,00	21,25	0,00	7,65
	<i>Littorina sp.</i>	0,13	0,00	(*)	(*)
	Cirripedios	42,00	202,38	15,12	72,86
	Anfípodos tubícolas	0,00	58,44	(*)	(*)
	Tunicado gris	0,00	52,81	(*)	(*)
	Tunicado anaranjado	0,00	74,06	(*)	(*)
	Tunicado verde lechoso	0,00	43,13	(*)	(*)
	Tunicado rojo ladrillo	0,00	5,00	(*)	(*)
	Tunicado morado	0,00	7,81	(*)	(*)
	Deposición calcárea	0,00	8,75	(*)	(*)
	Sustrato denudado total		0,00		400,00

(\*) no evaluado.

tamaño de las poblaciones aledañas. Está claro que la población estudiada, fue una población aislada dentro del canal que sobrevivió a la epidemia que afectó a otras poblaciones en el Caribe.

Algunos estudios han reportado diferencias significativas en la distribución de las tallas y densidades de *D. antillarum*, en relación con la variación de la heterogeneidad morfológica del arrecife (Urich 1977; Weil 1980; Weil et al. 1984). En nuestra investigación no se observaron diferencias significativas en las tallas de la población del erizo a lo largo del canal y en profundidad, lo cual probablemente se deba a la baja heterogeneidad morfológica de la pared y a su uniformidad estructural. Esta baja heterogeneidad que se manifiesta en una ausencia de refugios apropiados para las tallas medianas y grandes y en la ubicación vertical de los erizos, permite una explicación a la baja densidad poblacional estimada en condiciones de alimento abundante.

En pocas ocasiones observamos agregaciones de erizos sobre las paredes. El máximo número de erizos agregados en la misma área de una columna fue de cinco. El comportamiento de agregación ha sido asociado a una protección contra la depredación (Randall et al. 1964; Pearse y Arch 1969). Aunque desconocemos el tamaño que la población de *D. antillarum* tuvo en el canal de toma antes de que ocurrieran las mortalidades masivas de este erizo en el Caribe, es probable que los depredadores hubiesen ejercido su acción sobre las tallas más pequeñas y que los equinoideos que existían en el canal para el momento del

estudio, hubiesen logrado un refugio a la depredación al alcanzar tallas grandes. Dada la baja disponibilidad de refugios, el comportamiento por lo general no gregario de los equinoideos y la alta proporción de tallas grandes, suponemos que durante la ejecución de este estudio debió existir una baja presión depredadora sobre los mismos. Urich (1977), reporta que las mayores tallas de *Diadema antillarum* en La Orchila, se ubican preferentemente en las zonas más someras, de baja heterogeneidad morfológica y escasez de depredadores. Allí, los erizos no parecen buscar refugios ni estar agregados. La dieta de *D. antillarum* varía con el habitat donde se localice la población, por lo cual algunos autores lo han considerado como predominantemente herbívoro (Ogden et al. 1973) y otros como un depredador (Bak y van Eys 1975). En el canal de toma, *D. antillarum* se comporta como un omnívoro que raspa el sustrato de un modo no muy selectivo dañando o ingiriendo larvas, juveniles y fragmentos de numerosos organismos incrustantes. La preferencia del erizo por las partes más altas de la columna (parte superior del sublitoral y litoral), se explica por la relativamente alta proporción de organismos que como las algas, los poliquetos espirórbidos y serpúlidos y los cirripedios, se encuentran en mayor abundancia en esas áreas de las columnas. Esos organismos constituyen en el canal de toma, una parte importante de la dieta de *D. antillarum*.

Se ha reportado que *D. antillarum* ejerce un efecto sobre la diversidad, equitatividad, dominancia y biomasa en las comunidades de algas (Sammarco et

al. 1974), alterando además la microestructura del sustrato sobre la cual ejerce su actividad, afectando de la misma manera a otras especies epifaunales (Sammarco 1980; 1982 a y b). Al aumentar experimentalmente la densidad del equinoideo sobre algunas columnas del canal de toma, los efectos más importantes se detectaron en la región litoral y fueron la generación de espacio denudado, una disminución en la densidad de cirripedios y en la cobertura de algas filamentosas microscópicas.

En arrecifes coralinos, *D. antillarum* se desplaza de una región a otra o a comunidades vecinas (Ogden et al. 1973; Bak y van Eys 1975). *D. setosum* en el Mar Rojo, puede llegar a desplazarse en promedio unos 9 m/día (Frieke 1973). Estas migraciones están relacionadas con la búsqueda de alimentos, refugios y con la reproducción. En condiciones de alimento abundante y escasez de refugios, como la del canal de toma de Planta Centro, la movilidad parece ser mucho más reducida, esto significa que los erizos ejercen su actividad alimentaria en un área determinada durante un tiempo más prolongado lo cual genera una alta proporción de espacio en esa área. Se crean de este modo parcelas denudadas que son colonizadas por organismos oportunistas sobre los cuales los erizos continúan ejerciendo su actividad. Algunos cirripedios escapan a esta acción y pueden alcanzar tallas grandes haciéndose menos vulnerables a la depredación del erizo. La preferencia del erizo por el litoral y sublitoral superior de las columnas indica también una preferencia por los organismos más abundantes en esta región.

La movilidad del erizo también está relacionada con la existencia sobre la pared de la franja de anémonas gregarias. Cuando esta es muy abundante, los erizos se desplazan por el fondo o sobre la pared en el sublitoral inferior. Los erizos se localizan hacia el litoral cuando la franja de anémonas es poco densa o hay espacio denudado o poco colonizado, que permite su entrada desde el sublitoral. Aunque en pocas ocasiones se encontraron erizos sobre las anémonas, la ausencia de restos de las mismas en el estómago de *D. antillarum*, significa que el erizo no ejerce su actividad sobre dicha franja. Es posible entonces que los nematocistos de las anémonas impidan o dificulten en ciertas regiones de la pared, el acceso de *Diadema* al litoral superior, permitiendo así el desarrollo de la franja de cirripedios y poliquetos en estas áreas menos perturbadas por la acción del erizo.

Observaciones realizadas en el canal de toma por F. Losada en Diciembre de 1986, revelan una disminución drástica en la densidad de *D. antillarum* en la pared occidental, cuantificándose solamente alrededor de 10 erizos en la misma, lo cual ha permitido el desarrollo de una abundante banda de cirripedios de pequeñas tallas en el litoral. Se observó además una monopolización del sublitoral superior por la franja de anémonas en las columnas hacia el final del canal.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento al INTECMAR, al biólogo Jorge Rodríguez Grau, a CADAFE y

a los ingenieros Fidel Malavé y José Vicuña, por la valiosa colaboración prestada para la realización del presente trabajo.

### LITERATURA CITADA

- Bak, R. P. y G. van Eys. 1975. Predation of the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi on living coral. *Oecología* (Berl), 20: 111-115.
- Bak, R. P., M. J. Carpay y E. D. de Ruyter van Steveninck. 1984. Densities of the sea urchin *Diadema antillarum* before and after mass mortalities on the coral reefs of Curacao. *Marine Ecology Progress Series*, 17: 105-108.
- De Bastida, V. L. y R. Bastida. 1980. Los briozoarios de las comunidades incrustantes de puertos argentinos. pp: 371-390. En: 5<sup>th</sup> International Congress on Marine Corrosion and Fouling. Barcelona, España.
- Fricke, J. C. 1973. Possible influence of predators on the behaviour of *Diadema* sea urchins. *Oecología* (Berl), 18: 59-62.
- Hayward, P. J. y J. S. Ryland. 1979. British Ascophoran Bryozoans. Synopses of the British Fauna. No. 14. The Linnean Society of London. Academic Press, New York. 14: 312 p.
- Lessios, H. A., J. D. Cubit, D. R. Robertson, M. J. Shulman, M. R. Parker, S. D. Garrity y S. C. Levings. 1984a. Mass mortality of *Diadema antillarum* on the Caribbean Coast of Panama. *Coral Reefs*, 3: 173-182.
- Lessios, H. A., D. R. Robertson y J. D. Cubit. 1984b. Spread of *Diadema* mass mortality through the Caribbean. *Science*, 222: 715-717.
- Marcus, E. 1937. Bryozoarios Marinhos Brasileiros. I. *Zoologia*, Universidade do Sao Paulo 1: 1-224
- Novoa, M., 1986. Efectos de las perturbaciones físico-químicas sobre la estructura de las comunidades incrustantes (en la central termoeléctrica Planta Centro, Punta Morón, Estado Carabobo, Venezuela). Tesis de Licenciatura, Universidad Simón Bolívar. 191 p.
- Ogden, J. C., R. A. Brown y N. Salesky. 1973. Grazing by the echinoid *Diadema antillarum* Philippi: formation of halos around west indian patch reefs. *Science*, 182: 715-717.
- Pearse, J. S. y S. W. Arch. 1969. The aggregation behavior of *Diadema* (Echinodermata: Echinoidea). *Micronesica*, 5: 165-171.
- Randall, J. E., R. E. Schroeder y W. A. Stark. 1964. Notes on the biology of the echinoid *Diadema antillarum*. *Caribbean Journal of Science*, 4: 421-433.
- Ryland, J. S. y P. J. Hayward. 1977. British Anascan Bryozoans. Synopses of the British Fauna. No. 10. The Linnean Society of London. Academic Press, New York. 10: 188 p.
- Sammarco, P. W., 1980. *Diadema* and its relationship to coral spat mortality: grazing, competition and biological disturbance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 45: 245-272.
- Sammarco, P. W., 1982a. Effects of grazing by *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata: Echinoidea) on algal diversity and community structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 65: 83-105.
- Sammarco, P. W., 1982b. Echinoid grazing as a structuring force in coral communities: whole reef manipulations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 61: 31-55.
- Sammarco, P. W., J. S. Levinton y J. C. Ogden. 1974. Grazing and control of coral reef community structure by *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata: Echinoidea): a preliminary study. *Journal of Marine Research*, 32: 47-53.
- Urich, J., 1977. Estructura comunitaria de un arrecife coralino al suroeste de La Orchila. Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela. 149 p.
- Weil, E., 1980. Papel del erizo *Diadema antillarum* Philippi en la regulación de la estructura de las comunidades coralinas. Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela. 195 p.
- Weil, E., F. Losada y D. Bone. 1984. Spatial variations in density and size of the echinoid *Diadema antillarum* Philippi on some venezuelan coral reefs. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 54: 73-82.