

**RELACIONES ECOLÓGICAS ENTRE *Echinometra vanbrunti* Y LA  
MACROFAUNA ASOCIADA A SUS CAVIDADES DE HABITACIÓN, EN EL  
ACANTILADO VERDE DE LA ISLA DE PALMA, BAHÍA DE MÁLAGA,  
PACÍFICO COLOMBIANO**

**VANESSA AMAYA VALLEJO**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE CIENCIAS  
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA  
SANTIAGO DE CALI  
2004**

**RELACIONES ECOLÓGICAS ENTRE *Echinometra vanbrunti* Y LA  
MACROFAUNA ASOCIADA A SUS CAVIDADES DE HABITACIÓN, EN EL  
ACANTILADO VERDE DE LA ISLA DE PALMA, BAHÍA DE MÁLAGA,  
PACÍFICO COLOMBIANO**

**VANESSA AMAYA VALLEJO**

Trabajo de Grado presentado como  
requisito parcial para optar al título de Biólogo con  
mención en Biología Marina.

**Director**  
**GERMÁN BOLÍVAR**  
**Biólogo, Ph. D.**

**Codirector**  
**ALAN GIRALDO LÓPEZ**  
**Biólogo, Ph. D.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA**  
**SANTIAGO DE CALI**  
**2004**

## Nota de aprobación

El trabajo de grado titulado “Relaciones ecológicas entre *Echinometra vanbrunti* y la macrofauna asociada a sus cavidades de habitación, en el Acantilado Verde de la Isla de Palma, Bahía de Málaga, Pacífico Colombiano”, presentado por la estudiante VANESSA AMAYA VALLEJO, para optar al título de Biólogo con mención en Biología Marina, fue revisado por el jurado y calificado como:

## Aprobado

---

GERMÁN BOLÍVAR  
Director

---

ALAN GIRALDO LÓPEZ  
Codirector

---

Jurado

Este es el mar  
El mar con sus olas propias  
Con sus propios sentidos  
El mar tratando de romper sus cadenas  
Queriendo imitar la eternidad  
Queriendo ser pulmón o neblina de pájaros en pena  
O el jardín de los astros que pesan en el cielo  
Sobre las tinieblas que arrastramos  
O que acaso nos arrastran  
Cuando vuelan de repente todas las palomas de la luna  
Y se hace más oscuro que las encrucijadas de la muerte

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, especialmente a Martha Cecilia Amaya, María Eugenia Vallejo y Cecilia Enciso por hacer de mi lo que soy.

A Alan Giraldo, por ser docente, compañero y amigo, por ser apoyo y guía en buenos y malos momentos.

A Germán Bolívar, por su ayuda y colaboración.

A los profesores y demás personas de la Sección de Biología Marina, por sus consejos y colaboración, y por contribuir a mi formación profesional.

A todos los que me acompañaron en las salidas de campo, especialmente a Cristian, Julián y Leonardo, por su ayuda, por la calma cuando empezaba a desesperar y por los valiosos consejos para la metodología.

A mis amigos, que han estado a mi lado regalándome buenos momentos cuando más los he necesitado.

A la Armada Nacional República de Colombia por su colaboración y por el préstamo de la Isla para que esta investigación se llevara a cabo.

A Vodka y a Kitty.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>12</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
4.1 General .....	14
4.2 Específicos .....	14
<b>5. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....</b>	<b>15</b>
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
6.1 Especie estudiada .....	16
6.2 Área de estudio.....	18
6.3 Muestreo.....	21
6.3.1 Descripción del área de trabajo.....	21
6.3.2 Distribución espacial de <i>E. vanbrunti</i> .....	23
6.3.3 Relaciones entre <i>E. vanbrunti</i> y la fauna presente en sus cavidades de habitación.....	24
6.4 Análisis matemático .....	25
6.4.1. Distribución de <i>E. vanbrunti</i> .....	25
6.4.2. Relaciones entre <i>E. vanbrunti</i> y la fauna presente en sus cavidades de habitación.....	27
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
7.1 Descripción del área de trabajo .....	31
7.2 Distribución espacial de <i>E. vanbrunti</i> .....	37
7.3 Relaciones entre <i>E. vanbrunti</i> y la fauna presente en sus cavidades de habitación. ....	40
7.3.1 Descripción morfológica de los acompañantes frecuentes presentes en las cavidades de <i>E. vanbrunti</i> . ....	48
7.3.1.1 <i>Clastotoechus gorgonensis</i> (Porcellanidae) (Werding & Haig 1982) .....	48
7.3.1.2. <i>Thais melones</i> (Muricidae) (Duclos 1832) .....	49
7.3.2. Descripción morfológica de los acompañantes ocasionales presentes en las cavidades de <i>E. vanbrunti</i> . ....	50
7.3.2.1. <i>Gobiesox adustus</i> (Gobiesocidae) (Jordan & Gilbert 1882).....	50
7.3.2.2. <i>Hypsoblennius brevipinnis</i> (Blennidae) (Gunther 1861).....	51
7.3.3. Descripción morfológica de los acompañantes fortuitos presentes en las cavidades de <i>E. vanbrunti</i> . ....	52
7.3.3.1 <i>Tomicodon</i> sp. (Gobiesocidae).....	52
7.3.3.2. <i>Hypsoblennius</i> sp.(Blennidae), <i>Malacoctenus zonifer</i> (Labrisomidae) (Jordan & Gilbert 1882) y <i>Entomacrodus chiostictus</i> (Blennidae) (Jordan & Gilbert 1882).....	52
7.3.3.3 <i>Alpheus</i> sp.(Alpheidae), <i>Pachygrapsus transversus</i> (Grapsidae) (Gibbes 1850), <i>Mithrax denticulatus</i> (Mithracidae) (Bell 1835), xántido indeterminado (Xanthidae). ....	53

7.3.3.4. <i>Palaemon</i> sp.(Palaemonidae).....	55
7.3.3.5. Otros porcelánidos: <i>Petrolisthes armatus</i> (Gibbes 1850), <i>Pachycheles</i> sp. y <i>Megalobrachium</i> sp.(Porcellanidae).....	55
7.3.3.6. <i>Cantharus ringens</i> (Reeve 1846) y <i>Cantharus sanguinolentus</i> (Duclos 1833) (Buccinidae) .....	56
7.3.3.7. <i>Chiton stokesii</i> (Chitonidae) (Broderip 1832) y nudibranquio indeterminado.....	57
7.3.3.8. Poliquetos: familias Oweniidae, Flabelligeridae y Nereididae.....	58
7.3.3.9. <i>Phascolosoma perluscens</i> (Phascolosomatidae) (Baird).....	58
7.3.3.10. <i>Ophioderma panamense</i> (Ophiodermatidae) (Lutken 1859) .....	59
<b>8. DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
8.1 descripción del área de trabajo.....	60
8.2 Distribución de <i>E. vanbrunti</i> .....	60
8.3 Relaciones entre <i>E. vanbrunti</i> y la fauna presente en sus cavidades de habitación. ....	65
8.3.1 Acompañantes Frecuentes .....	69
8.3.1.1. <i>Clastoechochus gorgonensis</i> .....	69
8.3.1.2 <i>Thais melones</i> .....	73
8.3.2 Acompañantes ocasionales .....	75
8.3.2.1 <i>Gobiesox adustus</i> .....	75
8.3.2.2. <i>Hypsoblennius brevipinnis</i> .....	76
8.3.3 Acompañantes fortuitos.....	77
8.3.3.1 <i>Tomicodon</i> sp. ....	77
8.3.3.2. <i>Hypsoblennius</i> sp., <i>Malacoctenus zonifer</i> y <i>Entomacrodus</i> <i>chiostictus</i> .....	78
8.3.3.3. <i>Alpheus</i> sp., <i>Pachygrapsus transversus</i> , <i>Mithrax denticulatus</i> , Xántido indeterminado.....	78
8.3.3.4. Camarones de la familia Gnatophyliidae y Palaemonidae. <i>Palaemon</i> sp.....	79
8.3.3.5. Otros Porcelánidos: <i>Petrolisthes armatus</i> , <i>Pachycheles</i> sp. y <i>Megalobrachium</i> sp. ....	80
8.3.3.6. <i>Cantharus ringens</i> y <i>Cantharus sanguinolentus</i> . ....	80
8.3.3.7. <i>Chiton stokesii</i> y nudibranquio indeterminado. ....	80
8.3.3.8. Poliquetos: familias Oweniidae, Flabelligeridae, Nereididae. ....	81
8.3.3.9. <i>Phascolosoma perluscens</i> .....	82
8.3.3.10. <i>Ophioderma panamense</i> .....	83
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>10. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1A: Vista aboral de <i>E. vanbrunti</i> .....	17
FIGURA 1B: Vista oral de <i>E. vanbrunti</i> .....	17
FIGURA 1C: Cavidades de habitación de <i>E. vanbrunti</i> .....	17
FIGURA 2A: Ubicación de la Isla de Palma en la boca de la Bahía de Málaga.....	19
FIGURA 2B: Ubicación del Acantilado Verde dentro de la isla.....	19
FIGURA 3: Relieve del Acantilado Verde.....	20
FIGURA 4: Playa rocosa del Acantilado Verde.....	20
FIGURA 5: Características de la zona de muestreo .....	22
FIGURA 6: Representación esquemática de los perfiles 3 a 9.....	22
FIGURA 7: Perfiles levantados en el Acantilado Verde.....	32
FIGURA 8: Representación esquemática de los perfiles 1 y 2.....	34
FIGURA 9: Gráficas de abundancia vs. área de muestreo para las franjas de altura intermareal.....	39
FIGURA 10: Espécimen adulto de <i>Clastocheilus gorgonensis</i> .....	49
FIGURA 11: Espécimen adulto de <i>Thais melones</i> .....	50
FIGURA 12. Ubicación de <i>T. melones</i> dentro de las cavidades de <i>E. vanbrunti</i>	75



## LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1: Escala de clasificación para las especies presentes en las cavidades de <i>E. vanbrunti</i> de acuerdo al valor del Índice de Ocurrencia ( $I_o$ ).....	29
TABLA 2: Zonas delimitadas dentro de los perfiles de acuerdo al Rango de altura intermareal.....	31
TABLA 3: Patrón de dispersión vertical para <i>E vanbrunti</i> dentro del Acantilado Verde.....	37
TABLA 4: Patrón de dispersión horizontal para <i>E. vanbrunti</i> dentro del Acantilado Verde.....	38
TABLA 5: Conteos realizados durante los muestreos para cada perfil levantado.....	41
TABLA 6: Especies encontradas dentro de las 212 cavidades de <i>E. vanbrunti</i> que presentaron fauna acompañante.....	44
TABLA 7: Valores de abundancia para los acompañantes de los perfiles comparados .....	46

## 1. RESUMEN

Se presenta la distribución espacial de *Echinometra vanbrunti* dentro del Acantilado Verde de la Isla de Palma, y el tipo de relaciones que sostiene con la macrofauna epibentónica presente dentro de sus cavidades de habitación, durante el periodo junio 2003 – febrero 2004. La distribución espacial fue evaluada a nivel vertical y horizontal. Las tres franjas verticales evaluadas presentaron distribución espacial agrupada. Tres de las cuatro franjas horizontales evaluadas presentaron distribución agrupada, mientras que una presentó distribución espacial uniforme. *E. vanbrunti* habita preferiblemente en la zona intermareal comprendida entre los -0.5 – 0.5 m y tiende a agruparse hacia el costado Oeste del acantilado, en donde alcanza sus valores máximos de abundancia. Se registraron 27 especies acompañantes pertenecientes a seis taxones diferentes, siendo Crustácea el más representativo. No se encontraron diferencias significativas entre la abundancia de fauna diurna y nocturna presente en las cavidades, más sí en su composición. También se establecieron diferencias significativas en la abundancia faunística a través de los perfiles de muestreo, condicionada principalmente por el tamaño del erizo. *Clastocheilus gorgonensis* y *Thais melones* se registraron como acompañantes frecuentes, mientras *Gobiesox adustus* e *Hypsoblennius brevipinnis* se clasificaron como ocasionales. Las demás especies fueron acompañantes fortuitos. El tipo de relaciones sostenidas por los acompañantes frecuentes y ocasionales se establecieron como simbióticas de tipo comensalista, en donde estos reciben protección y refugio, mientras el erizo no parece beneficiarse o recibir daño alguno.

## 2. INTRODUCCIÓN

La Isla de Palma es una formación rocosa costera ubicada en la zona central de la cuenca pacífica colombiana. Esta isla hace parte de una plataforma marina de abrasión levantada que incluye los sectores de Juanchaco y Ladrilleros en la zona norte de la bahía de Málaga, y se caracteriza por presentar una línea de costa conformada por paredes verticales de acantilados entre 10 a 14 metros de altura (Cantera & Blanco 1995). Las rocas que conforman los acantilados de Isla Palma son de origen ígneo, depositadas en antiguos periodos geológicos, y de origen sedimentario, formadas a partir del periodo terciario durante procesos tectónicos y plegamientos, destacándose las limolitas y lodolitas (Cantera et al. 1998).

Los organismos que habitan en los acantilados rocosos se enfrentan recurrentemente a condiciones ambientales extremas que pueden condicionar su supervivencia. Estas condiciones pueden estar determinadas por factores físicos o biológicos, siendo la amplitud de la marea, la acción de las olas, el tipo de sustrato, la temperatura, la salinidad y los vientos los principales forzantes físicos; mientras que la presencia de asociaciones vegetales, la competencia por la superficie de fijación y de alimentación, pueden ser los principales forzantes biológicos. El efecto de estos últimos factores puede verse amplificado debido al efecto de la densidad, pues este factor biológico derivado altera la intensidad de la competencia, llegando a provocar la exclusión de algunas especies o la aparición de un patrón definido de zonación y diversidad a lo largo del acantilado (Cuellar 2001).

Los estudios realizados en los acantilados rocosos de Isla Palma se han enfocado principalmente hacia la descripción, biología, taxonomía e incluso etología de los organismos que los habitan. De otro lado, se ha puesto especial atención en el estudio de los procesos erosivos modulados por actividad biológica (Cantera et al. op. cit.). Sin embargo, el estudio de las relaciones ecológicas que puedan existir entre especies claves para el sistema no ha sido abordado aún. En este sentido, *Echinometra vanbrunti* es una especie de gran importancia para el ecosistema litoral en el acantilado verde de Isla Palma debido a su participación activa en los procesos bioerosivos que modifican drásticamente el relieve costero, pues en su proceso de alimentación, este erizo desprende grandes cantidades de partículas rocosas valiéndose del pico corneo y las púas, creando paulatinamente una cavidad profunda que le sirve de protección y habitación (Toro-Farmer 1998).

Con el propósito de establecer las bases ecológicas para dilucidar progresivamente las intrincadas redes de asociaciones que existen entre los habitantes del Acantilado Verde, se evaluaron las interacciones bióticas entre el erizo de mar *E. vanbrunti* y los organismos epibentónicos que se encuentran presentes dentro de sus cavidades de fijación o habitación, conocidas también como “*boreholes*”. Para lograr este objetivo, se estudiaron los factores ambientales que determinan la distribución espacial de *E. vanbrunti* en el Acantilado Verde, y los factores que influyen sobre la abundancia y desenvolvimiento de las diferentes especies de organismos epibentónicos asociados con las cavidades en donde habita del erizo.

### 3. ANTECEDENTES

En Colombia, los equinodermos son organismos que han sido poco estudiados en comparación con otros grupos de invertebrados. Las investigaciones sobre este grupo taxonómico en nuestro país se han enfocado principalmente hacia temáticas como biogeografía, taxonomía y bioerosión. Por ejemplo, Pardo (1989) realizó un estudio taxonómico y ecológico de los principales grupos de equinodermos presentes en la costa pacífica de Colombia, en el que registró 53 especies, siendo los ofiuroideos y equinoideos los grupos más representativos. En este mismo sentido, Neira & Prahel (1986) realizaron una descripción taxonómica sobre los equinodermos presentes en la Isla de Gorgona, mientras que Toro-Farmer (op. cit.) estimó la tasa de erosión en un arrecife coralino de esta isla, debida a la actividad alimenticia de los erizos que lo habitaban. De otro lado, en el Caribe colombiano se destaca el trabajo realizado por Schoppe (1991), en donde estudió a *E. lucunter* y sus asociaciones con *Acyrtus rubiginosus* (Gobiesocidae), *Clastocheilus vanderhorsti* (Porcellanidae) y *Ophiothrix* sp. (Ophiotrichidae). No obstante, estudios específicos sobre la especie *E. vanbrunti* son escasos, en especial aquellos que se refieran al comportamiento y posibles relaciones ecológicas con la demás fauna presente en el biotopo litoral.

La zona intermareal rocosa de Isla Palma presenta fácil accesibilidad y amplia diversidad de micro ambientes que alojan una gran riqueza faunística. Estas características la convierten en una zona apropiada para realizar experimentos y observaciones “*in situ*” sobre las relaciones entre los componentes bióticos del ecosistema e incluso evaluar su respuesta a diferentes forzantes físicos (A.

Giraldo com. pers.) Hasta el momento, los estudios realizados en esta zona han estado dirigidos hacia el conocimiento descriptivo de la macrofauna bentónica presente (Cantera & Blanco op. cit.), procesos de bioerosión por bivalvos y crustáceos (Ricaurte 1995 y Ricaurte et. al. 1995), respuestas morfológicas adaptativas de gasterópodos a factores ambientales (Aparicio et. al. 1991, Giraldo et. al. 1992, Giraldo & Gómez 1993, Giraldo 1995, 1996), procesos de “*homing*” por parte de algunas especies de gasterópodos (Navarrete & Cantera 1995) y etología de una especie de gasterópodo predador (Cuellar op. cit.).

Dentro de los proyectos de investigación que se han adelantado con participación de estudiantes, profesores o investigadores adscritos al Departamento de Biología de la Universidad del Valle, los equinodermos han sido medianamente estudiados, destacándose específicamente un trabajo relacionado con bioerosión realizado por Cantera et al.(op. cit.); Sin embargo, la biología y relaciones intra e interespecíficas de los mismos han sido poco o nada caracterizadas. Con este trabajo se pretende contribuir a la ampliación del conocimiento de la especie de equinodermo más común en Isla Palma, abriendo un espacio para la realización de trabajos posteriores, que permitan conocer a fondo los aspectos biológicos y ecológicos de estos organismos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General

Determinar las relaciones ecológicas entre *E. vanbrunti* y la macrofauna asociada a sus cavidades de habitación o “*boreholes*” en la zona litoral del Acantilado Verde de la Isla de Palma.

### 4.2 Específicos

Determinar la distribución espacial de la población de *E. vanbrunti* en el Acantilado Verde.

Definir las relaciones ecológicas entre *E. vanbrunti* y los diferentes organismos presentes en el interior de su cavidad de habitación.

Establecer el grado de asociación de las especies acompañantes con *E. vanbrunti*.

Incrementar el conocimiento de las interacciones tróficas de la macrofauna bentónica del litoral rocoso en el Acantilado Verde.

## 5. HIPÓTESIS DE TRABAJO

H<sub>01</sub> No hay diferencias en la distribución del erizo entre las zonas intermareales del Acantilado Verde.

H<sub>02</sub> La abundancia y la diversidad de la fauna presente en las cavidades de fijación del erizo difiere entre el día y la noche, y a través de los perfiles.

H<sub>03</sub> El volumen disponible (magnitud de la diferencia entre el volumen del erizo y el volumen de su cavidad), está directamente relacionado con la abundancia de fauna acompañante.

H<sub>04</sub> La fauna acompañante presente en las cavidades de habitación es permanente.



## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Especie estudiada

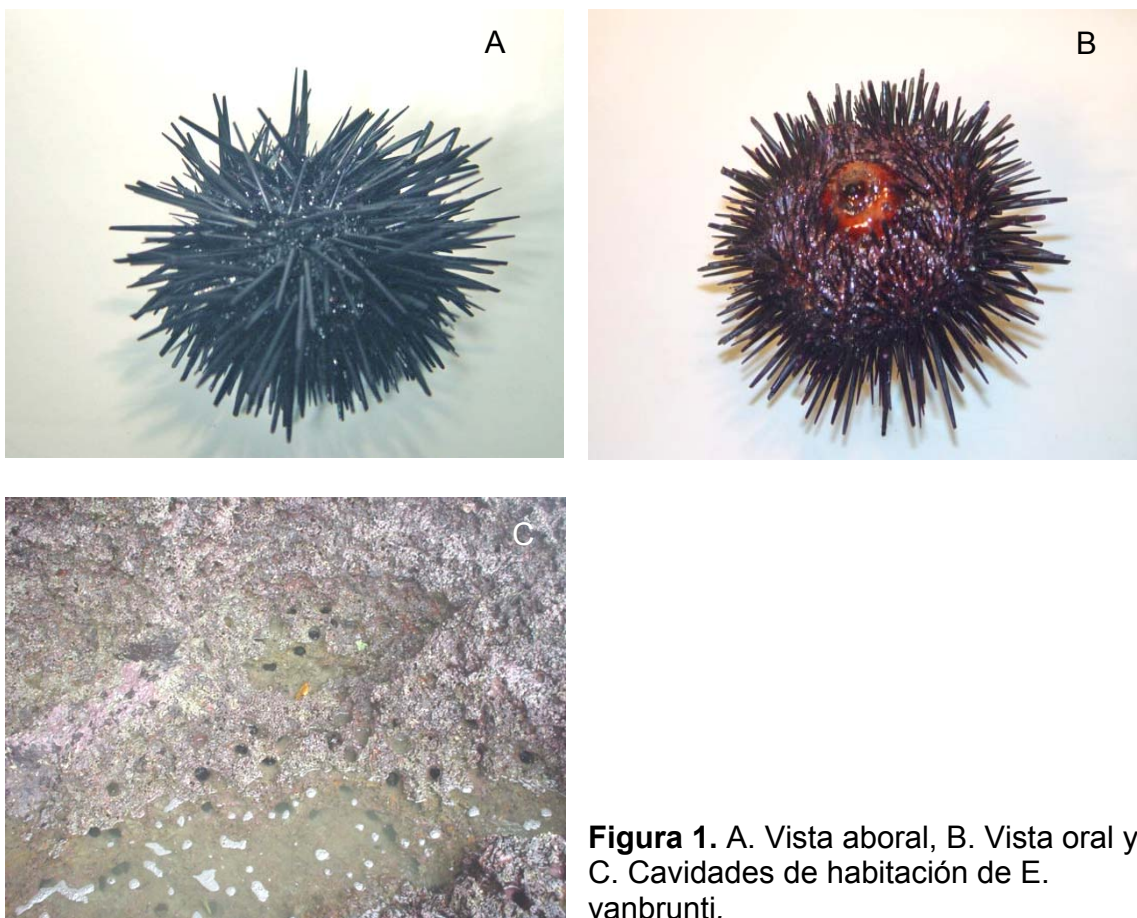
Los equinodermos son Metazoos marinos que se caracterizan por poseer espinas calcáreas de origen dérmico. Poseen un esqueleto interno formado por placas soldadas o independientes, o por pequeñas espículas, y recubierto por la epidermis. A pesar de la posesión de este esqueleto, los equinodermos están clasificados dentro de los invertebrados, dada la simplicidad general de su estructura.

Son acéfalos, característica que está ligada a la simetría radial del cuerpo.

Poseen un sistema hidráulico o ambulacral, formado por una serie de canales internos que se comunican con el exterior mediante una placa especial llamada placa madreporica (situada en la parte superior cerca del ano). Este sistema ambulacral controla el movimiento, la respiración y la sensibilidad.

(EQUINODERMOS, <[http://scriptusnaturae.8m.com/II\\_ento/gusanos,moluscosyequinodermos.htm](http://scriptusnaturae.8m.com/II_ento/gusanos,moluscosyequinodermos.htm)> consulta: 03 marzo 2003). Los equinodermos están divididos en cuatro clases: Asteroideos, Ofiuroideos, Holoturoideos, y Equinoideos, siendo estos últimos los típicos erizos de mar, con un esqueleto de placas grandes y soldadas, formando una concha dura y compacta. Todas las placas tienen espinas más o menos desarrolladas. (MARENOSTRUM, <<http://marenostrum.org/vidamarina/animalia/invertebrados/equinodermos/equinodermos.htm>> consulta: 03 marzo 2003)

*Echinometra vanbrunti* (Agassiz 1863) es un erizo regular perteneciente a la clase Echinoidea. Se reconoce por su caparazón grueso y el dorso convexo con espinas estriadas y robustas de color púrpura, negro o rojo oscuro (Figuras 1A y 1B). Generalmente con 6 a 9 poros ambulacrales. Los pedicelarios pueden ser globosos, oficéfalos y trifoliados. Habita generalmente zonas rocosas intermareales y submareales, en agujeros hechos al raspar con el aparato masticador y las espinas, en busca de las algas que le sirven de alimento. Estos agujeros le sirven como refugio del impacto de las olas y de fuertes corrientes (BIBLIOTECA LUIS ANGEL ARANGO, <<http://www.banrep.gov.co/blaavirtual/letra-f/fen/texto/medio/bioer1.htm>> consulta: 04 marzo 2003) (Figura 1C).



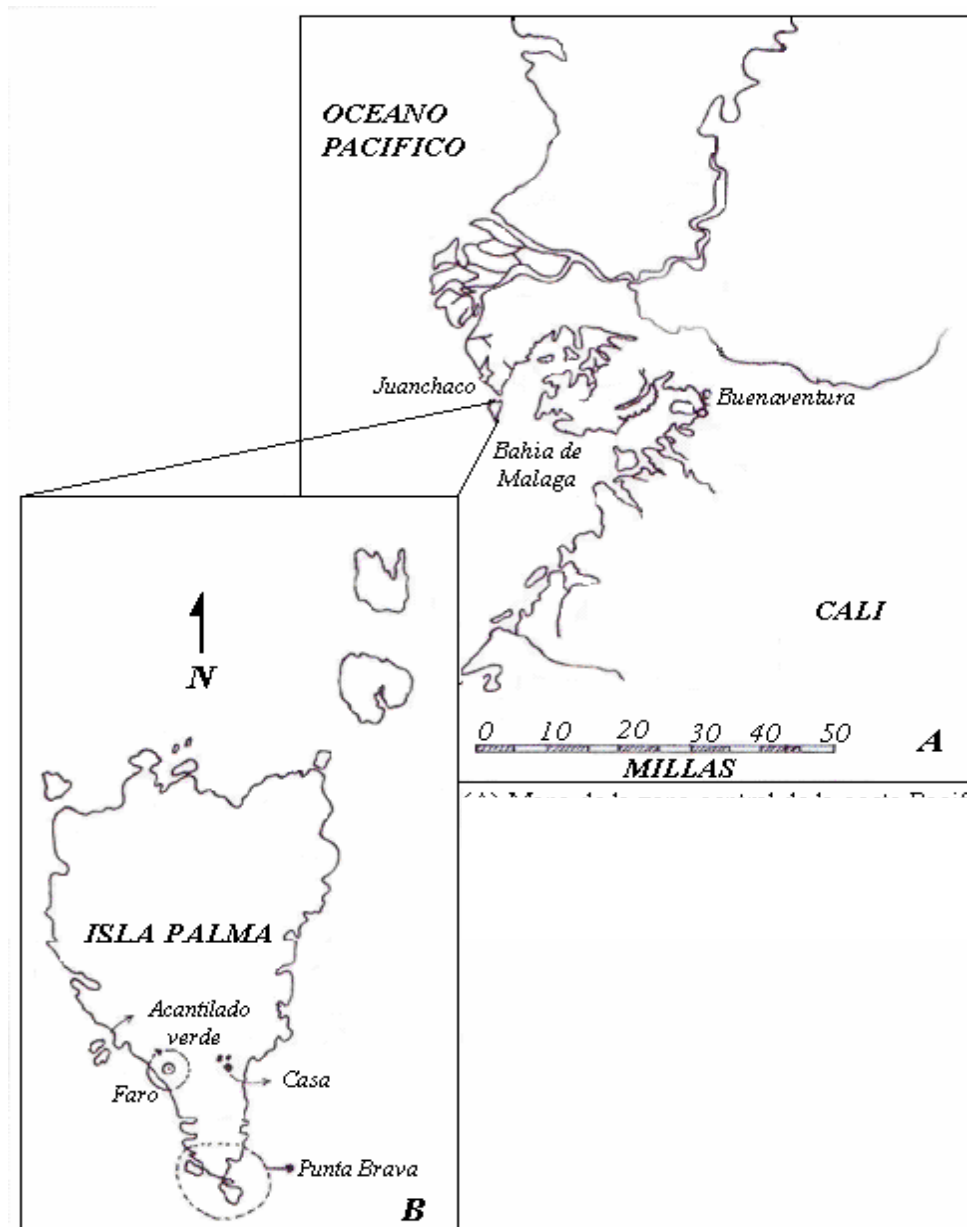
**Figura 1.** A. Vista aboral, B. Vista oral y C. Cavidades de habitación de *E. vanbrunti*.

## 6.2 Área de estudio

La Isla de Palma se encuentra en la boca de la Bahía de Málaga (3°53'N-77°21'W), región central de la costa pacífica colombiana (Figura 2A). De acuerdo con Pabón et. al. (1998), las características climáticas de esta región geográfica están determinadas por la concurrencia de la zona de convergencia intertropical (ITCZ) y la zona ecuatorial de baja presión (ELPT). En el sector de Isla Palma el patrón anual de pluviosidad es bimodal, con un pico principal entre los meses de septiembre-noviembre y un pico secundario entre los meses de abril-mayo (Cantera 1991). El promedio de precipitación anual alcanza los 6000 mm anuales, la humedad relativa es de 90%, la temperatura del agua oscila en un rango entre 26.6°C a 29.7°C, la salinidad fluctúa entre 13 y 30, y el patrón de mareas es semidiurno con un rango promedio de 4.12 m (Cantera op cit, Cantera et al. op. cit). Debido a la alta precipitación y lo escarpado del terreno, se encuentran abundantes salidas de agua dulce hacia la costa. Además es frecuente el impacto del oleaje oceánico en el sector noroeste de la isla, intensificándose el proceso natural de erosión debido a la acción abrasiva de algunos organismos bentónicos (Ricaurte op. cit., Cantera et al. op. cit)

El Acantilado Verde se encuentra hacia el costado sur occidental de Isla Palma (Figura 2B). Presenta un relieve accidentado, es un acantilado escalonado, con grietas y salientes rocosas de diversos tamaños (Figura 3), con abundante presencia de micro y macroinvertebrados que se ubican en zonas diferenciales.

Este acantilado está ligeramente separado del mar por una estrecha playa rocosa resultante de la erosión de las formaciones terciarias (Pardo op. cit.) (Figura 4).



**Figura 2.** A) ubicación de la Isla de Palma en la boca de la Bahía de Málaga. B) Ubicación del Acantilado verde dentro de la Isla.



**Figura 3.** Relieve del Acantilado Verde.



**Figura 4.** Playa rocosa del Acantilado Verde.

### **6.3 Muestreo**

Los muestreos se llevaron a cabo entre junio de 2003 y febrero de 2004 en Isla de Palma, Pacífico Colombiano, durante la marea más baja del mes correspondiente, con el propósito de acceder a una mayor área de trabajo. Se trabajó en la zona intermareal del Acantilado (Figura 5), realizando dos muestreos diarios (diurno y nocturno) en las horas de bajamar. El muestreo se dividió en tres partes: descripción del área de trabajo, distribución de *E. vanbrunti* dentro del Acantilado Verde, y relaciones entre el erizo y la fauna presente en sus cavidades de fijación.

#### **6.3.1 Descripción del área de trabajo**

Se delimitó una grilla de trabajo conformada por 9 transectos previamente establecidos, separados 5 m entre sí y cubriendo la totalidad de la zona intermareal del Acantilado Verde (Figura 6). Se utilizó la altura intermareal de la marea baja mínima durante el día de muestreo como punto de referencia, y con ayuda de una manguera plástica con agua a modo de nivel, se subdividieron los transectos en zonas contiguas que diferían en 0.20 m de altura vertical la una de la otra. Se obtuvo entonces un perfil vertical para cada uno de los transectos, demarcando las zonas de diferente altura intermareal con puntillas de acero. Con base en los datos de altura mareal para cada perfil, se estimó la marea promedio, con el propósito de construir el levantamiento topográfico de cada perfil de estudio.

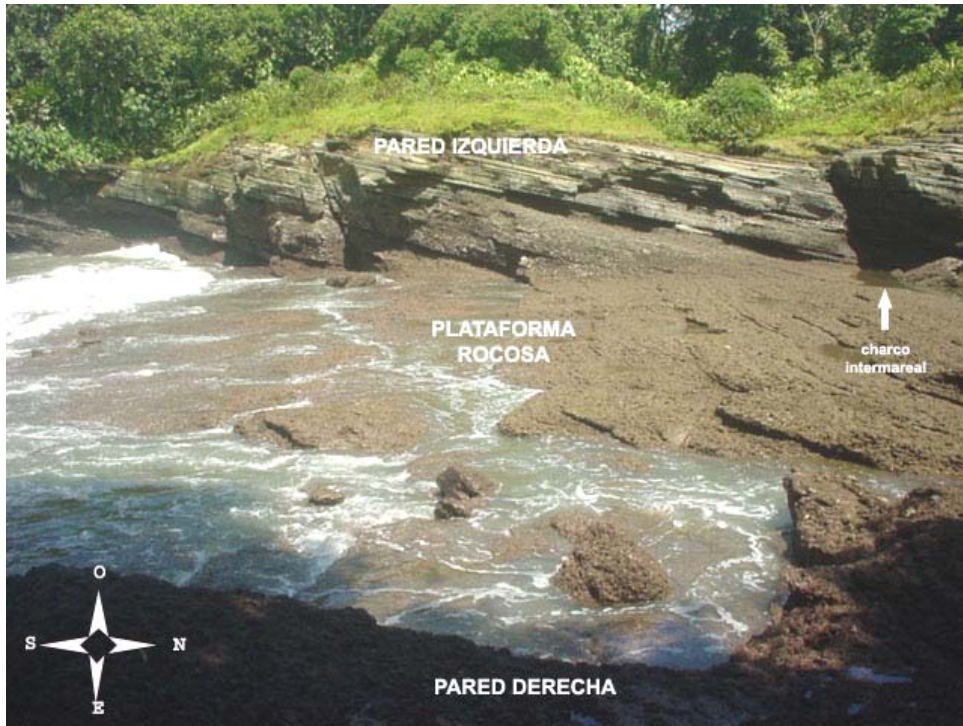


Figura 5. Características de la zona de muestreo.

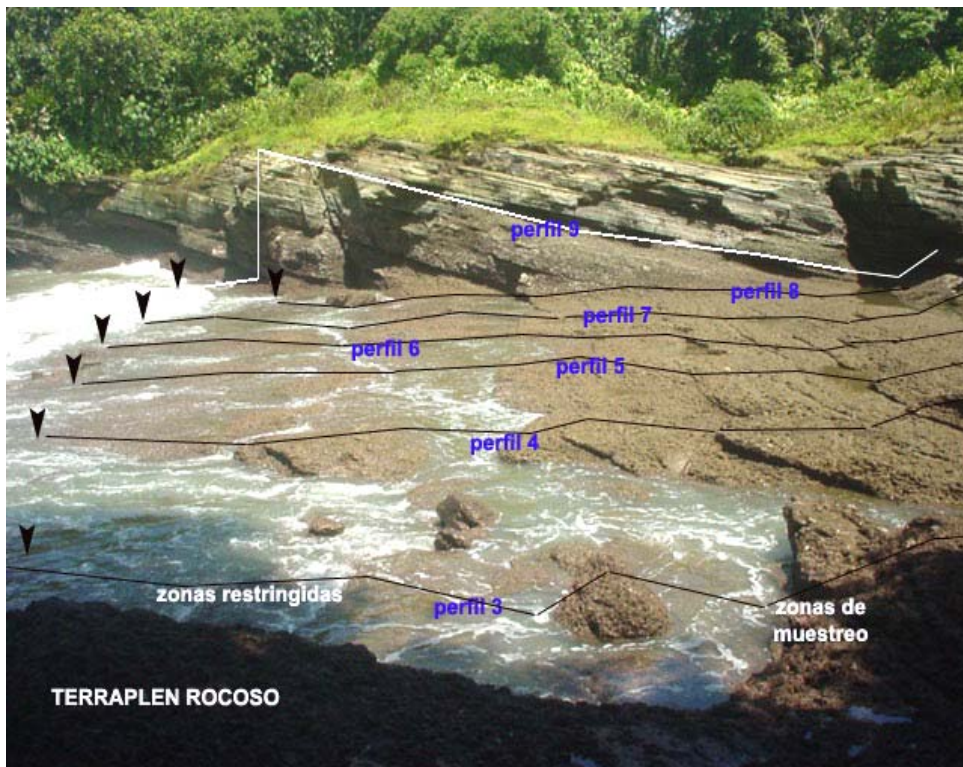


Figura 6. Representación esquemática de los perfiles 3 al 9 en el Acantilado Verde.

### 6.3.2 Distribución espacial de *E. vanbrunti*

Con el propósito de establecer la distribución espacial de *E. vanbrunti*, se delimitó una cuadrícula de trabajo, formada por las ocho franjas verticales demarcadas por los perfiles previamente levantados y cuatro franjas horizontales de altura intermareal. Para tal fin, se extendió una cuerda de extremo a extremo del Acantilado Verde, demarcando los 0 m de altura mareal. Partiendo de este punto, se delimitaron las cuatro franjas (-0.50 a 0.0, 0.0 a 0.50, 0.50 a 1.0 y 1.0 a 1.5 m) utilizando el mismo método empleado en el levantamiento de los perfiles. Se obtuvo una cuadrícula formada por 29 cuadros.

Para obtener el patrón de distribución horizontal, se utilizó el método de cuadrantes contiguos (Krebs, 1999) a lo largo de cada una de las franjas de altura intermareal, empleando un cuadrante de 0.32 x 0.32 m. En este caso el tamaño del cinturón o franja (N) fue de 111 cuadrantes contiguos lineales, con un promedio de 15 cuadrantes por cuadro, a excepción de la franja 1.0 - 1.5 que se encuentra interrumpida por peñascos rocosos, y presentó un tamaño de 82 cuadrantes contiguos lineales.

Para evaluar el patrón de distribución vertical, se escogió una franja representativa de cada una de las zonas (zona Oeste, franja 7; zona Centro, franja 5; zona Este, franja 2), y se contaron los individuos muestreados en cada cuadro, utilizando los datos obtenidos en el procedimiento anterior.



### **6.3.3 Relaciones entre *E. vanbrunti* y la fauna presente en sus cavidades de habitación.**

Para cada transecto, se seleccionaron 10 cavidades por cada una de las zonas de muestreo que difirieran en 0.20 m de altura vertical, sin que estas cavidades estuvieran necesariamente sobre el área del transecto. Debido al poco tiempo de exposición de la zona de estudio, se trabajó un transecto por día, realizando una visita diurna y una nocturna a las cavidades seleccionadas de cada zona. Durante cada visita, se identificaron, contaron y colectaron las especies presentes dentro de las cavidades. Además se hizo una observación preliminar del erizo y sus acompañantes durante 5 minutos, y se registraron las actividades realizadas, ubicación y características de los mismos; posteriormente, se aplicó una nube de solución al 10% de extracto de clavo en agua marina entre las púas del erizo, a fin de adormecerlo para facilitar su extracción ya que, al sentirse perturbado, el animal se aferra fuertemente al piso de la cavidad utilizando el pico córneo y los pedicelarios. Los erizos fueron extraídos de sus cavidades para facilitar la observación y captura de la fauna acompañante, y para realizar la toma de medidas morfométricas de diámetro de la testa, y diámetro de la cavidad. Toda la fauna acompañante presente dentro de las cavidades muestreadas fue capturada, fijada en una solución de formol buffer al 10% y depositada en frascos plásticos rotulados, para su posterior identificación.

## 6.4 Análisis matemático

### 6.4.1. Distribución de *E. vanbrunti*

El patrón de distribución horizontal se evaluó con el con el Índice Estandarizado de Dispersión de Morisita (Smith-Gill, 1975). Este índice es una versión mejorada del Índice de Morisita, al incluir sus valores en una escala absoluta comprendida entre  $-1$  y  $+1$  (Krebs, op. cit). Inicialmente, se calculó el Índice de Dispersión de Morisita ( $I_D$ ) (Morisita, 1962) como:

$$I_D = n \left[ \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \right]$$

Donde,  $I_D$  = Índice de Dispersión de Morisita

$n$  = Tamaño de la muestra

$\sum x$  = Sumatoria de los conteos por cuadrante =  $x_1 + x_2 + x_3 \dots$

$\sum x^2$  = Sumatoria de los conteos por cuadrante elevados al cuadrado  
 $= x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \dots$

Seguidamente, se calcularon dos valores críticos, el Índice de Uniformidad ( $M_U$ ) y el Índice de Agrupamiento ( $M_C$ ), mediante las siguientes fórmulas:

$$M_U = \frac{X^2_{.975} - n + \sum x_i}{(\sum x_i) - 1} \quad M_C = \frac{X^2_{.025} - n + \sum x_i}{(\sum x_i) - 1}$$

Donde,  $M_U$  = Índice de Uniformidad

$M_C$  = Índice de Agrupamiento

$X^2_{.975}$  = Valor chi-cuadrado tabulado, con  $n - 1$  grados de libertad, y 97.5% del área hacia la derecha.

$X^2_{.025}$  = Valor chi-cuadrado tabulado, con  $n - 1$  grados de libertad, y 2.5% del área hacia la derecha.

$x_i$  = Número de organismos en cada cuadrante ( $i = 1, \dots, n$ )

$n$  = Número de cuadrantes.

Finalmente, en base a los valores críticos estimados, se calculó el Índice Estandarizado de Dispersión de Morisita de acuerdo con la siguiente regla de decisión:

$$\text{Si } I_D \geq M_C > 1.0, \quad I_p = 0.5 + 0.5 \left( \frac{I_D - M_C}{n - M_C} \right)$$

$$\text{Si } M_C > I_D \geq 1.0, \quad I_p = 0.5 \left( \frac{I_D - 1}{M_U - 1} \right)$$

$$\text{Si } 1.0 > I_D > M_U, \quad I_p = -0.5 \left( \frac{I_D - 1}{M_U - 1} \right)$$

$$\text{Si } 1.0 > M_U > I_D, \quad I_p = -0.5 + 0.5 \left( \frac{I_D - M_U}{M_U} \right)$$

Este índice ( $I_p$ ) es una de las mejores medidas de dispersión que pueden aplicarse a muestreos hechos con cuadrantes, ya que es independiente de la densidad poblacional y del tamaño de la muestra (Krebs, op. cit). Un  $I_p$  de cero sugiere una distribución espacial al azar,  $I_p$  menor que cero sugiere distribución espacial uniforme y finalmente,  $I_p$  mayor que cero indica distribución espacial agrupada.

Se realizaron gráficas de abundancia vs. área de muestreo (cuadro) para describir esquemáticamente la distribución espacial del erizo a lo largo de las franjas de altura intermareal del acantilado. Seguidamente se evaluó el efecto de esta altura sobre la distribución espacial del animal, utilizando un análisis de varianza de una vía (ANOVA), previo análisis del test de homogeneidad de varianza de Levene. Finalmente, se utilizó una Prueba de Comportamiento Múltiple de Tukey para establecer la fuente de varianza.

Para evaluar el patrón de distribución vertical se utilizó el Índice Estandarizado de Dispersión de Morisita ( $I_p$ ) para las zonas Oeste y Centro. La zona Este fue evaluada con el Índice de Dispersión de Morisita, ya que Green (1966) recomienda un tamaño mínimo de muestra de 50 cuadrantes para que los resultados obtenidos utilizando el  $I_p$  sean confiables. En el caso del Índice de Dispersión de Morisita ( $I_D$ ), si este es igual a uno, la distribución es al azar, si es mayor que uno, agregada, y si es menor que uno es uniforme.

#### **6.4.2. Relaciones entre *E. vanbrunti* y la fauna presente en sus cavidades de habitación**

Para evaluar las diferencias entre la abundancia de fauna de los transectos, y el efecto día – noche sobre la abundancia de fauna presente en las cavidades del erizo, se escogieron tres perfiles representativos (2, 4 y 8) y se evaluaron los datos obtenidos mediante una ANOVA anidada de dos vías. Se utilizó un test de Tukey para establecer las fuentes de variación.

Para evaluar si la composición de la fauna difiere entre el día y la noche, se obtuvo el coeficiente de similitud de Sorensen (Krebs op.cit) para los perfiles 2 y 8. Este coeficiente estima la cantidad de especies que aparecen en ambas muestras comparadas (“*matches*”), más que las que solo se presentan en una sola de las muestras (“*mismatches*”), y se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$S_s = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Donde,  $S_s$  = Coeficiente de similitud de Sorensen

a = Número de especies en la muestra A y en la B

b = Número de especies en la muestra B pero no en la muestra A

c = Número de especies en la muestra A pero no en la muestra B

d = Número de especies ausentes en las dos muestras.

Para evaluar si la presencia del erizo condiciona la abundancia de fauna presente en las cavidades, se estimó el volumen disponible de cada cavidad (magnitud de la diferencia entre el volumen del erizo y el volumen de su cavidad). Considerando a las cavidades y a los erizos como esferas, se estimó su volumen como:

$$V = \frac{4\pi R^3}{3}$$

Donde,  $V$  = Volumen de la cavidad o volumen del erizo

$R^3$  = Radio de la cavidad o radio del erizo elevados al cubo.

Se obtuvo la magnitud del volumen disponible ( $v_d$ ) para los acompañantes, siendo esta igual a la diferencia entre el volumen de la cavidad ( $v_c$ ) y el volumen del erizo ( $v_e$ ).

A fin de evaluar el grado de significancia de la relación entre el espacio disponible y la abundancia de fauna presente dentro de las cavidades, los datos de volumen disponible vs. abundancia y diámetro de la testa vs. abundancia fueron tratados con una regresión lineal y con el Coeficiente de correlación de Spearman,

Se estimó la frecuencia de ocurrencia de las especies acompañantes con base en el Índice de Ocurrencia ( $I_o$ ) calculado mediante la siguiente ecuación:

$$I_o = \left( \frac{N_x}{N} \right) \times 100$$

En donde,  $I_o$  = Índice de ocurrencia

$N_x$  = No. de cavidades con determinado acompañante

$N$  = No. de cavidades examinadas que presentaron fauna

Se clasificó la frecuencia de ocurrencia de una especie utilizando la Tabla 1.

**Tabla 1.** Escala de clasificación para las especies presentes en las cavidades de *E. vanbrunti* de acuerdo al valor del Índice de Ocurrencia ( $I_o$ ):

Tipo de acompañante	Valor de $I_o$
Fortuito	0 - 10%
Ocasional	10 - 30%
Frecuente	30 - 70%
Permanente	70 - 100%

Se evaluó la composición porcentual de la fauna acompañante como:

$$F = \frac{N_i}{N} \times 100$$

Donde, F = Frecuencia

$N_i$  = Abundancia de  $i$  dentro de N

N = Total de individuos capturados

Finalmente, a fin de determinar el tipo de relaciones ecológicas existentes entre *E. vanbrunti* y las especies clasificadas como frecuentes dentro de sus cavidades (*Thais melones* y *Clastocheilus gorgonensis*), se aplicó una regresión lineal simple a fin de evaluar la relación existente entre el espacio disponible dentro de la cavidad (diámetro de la cavidad – diámetro del erizo) y el tamaño de las especies en cuestión (longitud corporal). Para *C. gorgonensis* se midió la longitud del caparazón, se calculó la tasa de sexos y el porcentaje de individuos dentro de las cavidades que lo presentaron. Para *T. melones* se obtuvo la longitud total de la concha (desde el ápice hasta el sifón), los porcentajes de abundancia y de ubicación dentro de las cavidades en las que fue reportado.

Se obtuvo la longitud estándar promedio para los peces clasificados como acompañantes ocasionales (*Gobiosox adustus* e *Hypsoblennius brevipinnis*). Su posible relación con *E. vanbrunti* y las de los acompañantes fortuitos, fueron inferidas con base en las observaciones realizadas y la bibliografía disponible.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Descripción del área de trabajo

Los perfiles fueron levantados con base en la marea promedio estimada (-0.21 m).

Se definieron siete rangos fijos de altura intermareal, que delimitaron las zonas de muestreo de fauna acompañante (Tabla 2).

**Tabla 2.** Zonas delimitadas dentro de los perfiles de acuerdo al rango de altura intermareal

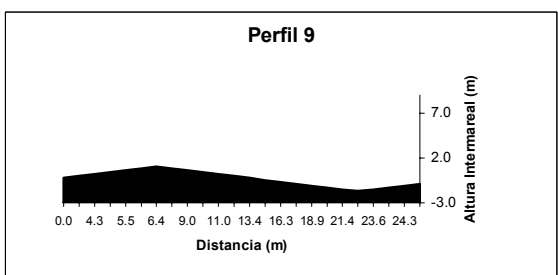
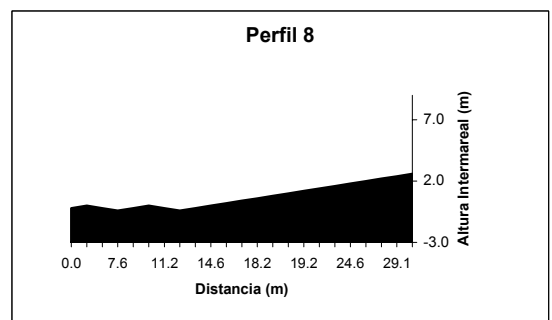
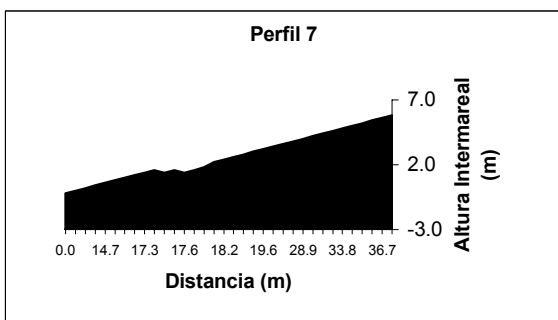
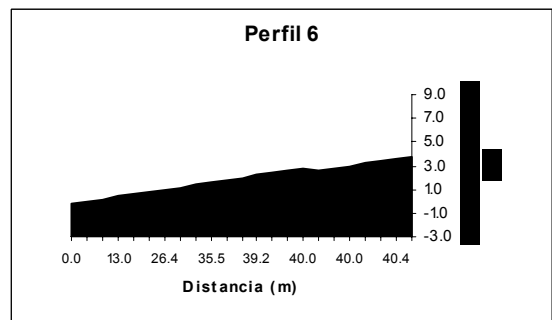
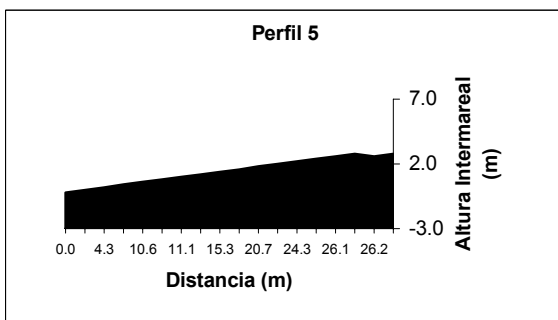
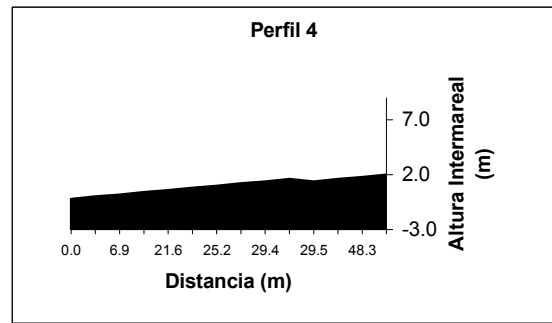
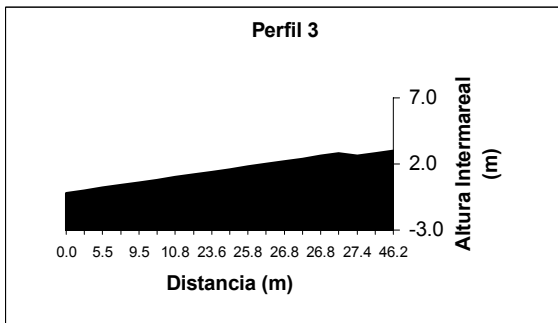
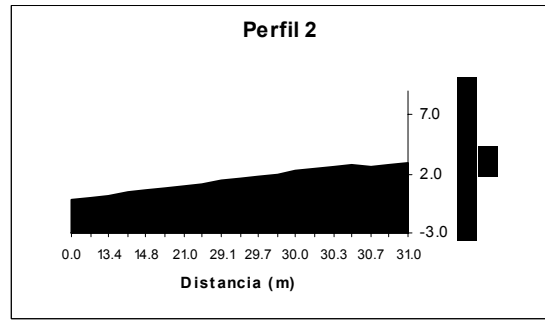
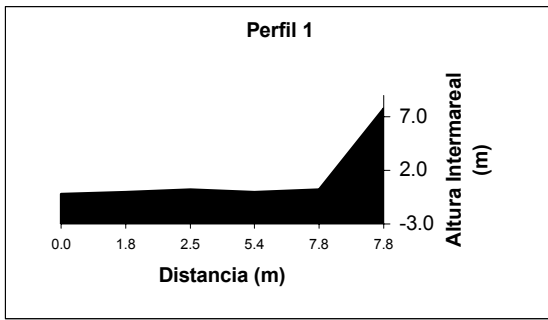
ZONA DEFINIDA	RANGO DE ALTURA
1	-0.21 – -0.01
2	-0.01 – 0.19
3	0.19 – 0.39
4	0.39 – 0.59
5	0.59 – 0.79
6	0.79 – 0.99
7	0.99 – 1.19

Cada perfil levantado presentó características físicas y topográficas particulares (Figura 7); a continuación se presenta una breve descripción de cada uno.

#### Perfil 1

Levantado el 25 de noviembre de 2003. Marea 0.0 m. 7.81 m de longitud.





**Figura 7.** Perfiles levantados en el Acantilado Verde.

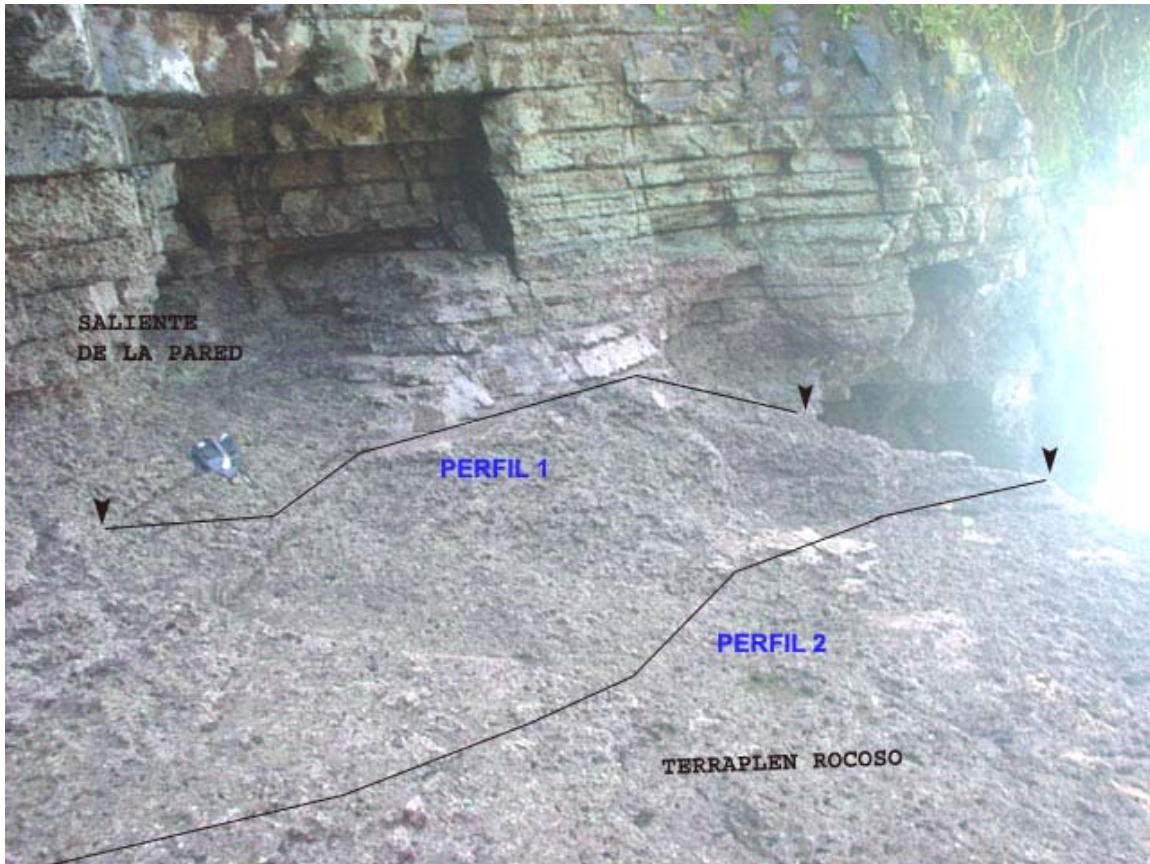
Se ubicó en un terraplén rocoso junto a la pared derecha del acantilado, por lo cual fue el primero en descubrirse al bajar la marea y el último en ser cubierto cuando esta subió; el embate que recibió de las olas fue mínimo y se encontró permanentemente sombreado. Las zonas que se ubicaron en la base del terraplén se consideraron como restringidas debido a su difícil acceso y no fueron tenidas en cuenta, además el perfil fue bruscamente interrumpido en el mesolitoral por una saliente de la pared rocosa. Estas características lo hicieron el más corto de los nueve perfiles trabajados (Figura 8). Sólo la zona 2 presentó erizos, ubicados dentro de un pequeño charco intermareal cercano al borde del terraplén rocoso. Este perfil fue el que menor cantidad de erizos y fauna acompañante fueron registrados.

### **Perfil 2**

Levantado el 17 de junio de 2003. Marea 0.12 m. 30,99 m de longitud. Este perfil también presentó muy poca incidencia de luz solar, pues la pared derecha del acantilado le proporcionó sombra constante. Presentó características similares a las del perfil 1, pero se encontró a menor altura en la plataforma rocosa, y no presentó zonas restringidas (Figura 8). Solo la zona 2 presentó erizos; esta zona se ubicó cerca al extremo derecho del terraplén, por lo que recibió constante salpicadura.

### **Perfil 3**

Levantado el 28 de noviembre de 2003. Marea -0.03 m. 46,2 m de longitud.



**Figura 8.** Representación esquemática de los perfiles 1 y 2 en el Acantilado Verde.

Este perfil presentó incidencia directa de la luz solar, con sombra tenue. La zona infralitoral posterior a los 0.0 m se consideró como zona restringida, pues se ubicó en una hondonada muy accidentada que recibió fuerte embate de las olas, lo que hizo peligroso y difícil el muestreo allí (Figura 6). Por lo tanto, solo fueron accesibles las zonas 5, 6 y 7. Las demás zonas no presentaron erizos.

#### **Perfil 4**

Levantado el 17 de junio de 2003. Marea 0.12 m. 49.29 m de longitud. El relieve en donde se ubicó este perfil es diferente al de los tres primeros perfiles. Las dos

zonas que presentaron erizos se ubicaron en una plataforma rocosa situada aproximadamente a 1.20 m de la línea 0.0 m de marea. Esta plataforma está separada del resto de la zona infralitoral del acantilado por un charco intermareal de profundidad variable, de aproximadamente 25 m de longitud (Figura 5). Dicha plataforma presentó embate de las olas fuerte y constante, además de exposición directa y permanente a la luz solar. Las zonas 1 y 2 presentaron erizos

#### **Perfil 5**

Levantado el 29 de noviembre de 2003. Marea 0.2 m. 26.25 m de longitud. Este perfil presentó características similares a las del perfil 4 (Figura 6). Las dos zonas (1 y 2) que presentaron erizos estuvieron expuestas directa y constantemente a la luz solar y al embate de las olas.

#### **Perfil 6**

Levantado el 25 de noviembre de 2003. Marea -0.40 m. 40.71 m de longitud. Comparte características similares con los perfiles 4 y 5. Estos tres perfiles podrían considerarse como los más homogéneos y extensos, pues a excepción del charco intermareal que separa la plataforma rocosa en donde se ubicaron los erizos del resto del acantilado, los perfiles no presentaron ningún tipo de interrupción y se prolongaron libremente hasta la zona supralitoral (Figuras 5 y 6). Las zonas 1 a 4 presentaron erizos.

#### **Perfil 7**

Levantado el 17 de junio de 2003. Marea 0.12 m. 36.94 m de longitud.

Este perfil se ubicó a 15 m de la pared izquierda del acantilado. Presentó un relieve muy accidentado; las zonas que presentaron erizos (1 a 4) se encontraron ubicadas en la plataforma rocosa nombrada en los tres anteriores perfiles, pero el charco intermareal se hizo más profundo y amplio en este punto (Figura 5). Estas zonas también presentaron fuerte exposición a la luz solar y embate de las olas. En la zona mesolitoral el perfil fue interrumpido por un peñasco rocoso.

### **Perfil 8**

Levantado el 30 de octubre. Marea 0.03 m. 31.17 m de longitud. El perfil 8 presentó características particulares. Se ubicó aproximadamente a 1.5 m de la pared izquierda del acantilado; la base de esta pared presentó una gran cantidad de erizos, por lo que fue incluida dentro del muestreo. Todo el perfil estuvo expuesto a la luz solar y recibió salpicadura constante, aunque el embate de las olas no fue tan fuerte. También fue interrumpido en la mesolitoral por el peñasco nombrado anteriormente (Figura 6). Las zonas 1 a 3 presentaron abundantes erizos.

### **Perfil 9**

Levantado el 28 de octubre. Marea  $-0,37$  m. 24.89 m de longitud. Este perfil presentó un relieve particular; las primeras zonas se ubicaron en la base de la pared izquierda del acantilado, en donde el embate de las olas fue muy fuerte y hubo exposición constante a la luz solar.

Las zonas que presentaron erizos fueron 4: una ubicada en una roca aislada, separada de la pared por aproximadamente 5 m. Las otras se ubicaron en una hondonada formada en la base de la pared rocosa, la cual se hizo vertical para luego transformarse en un declive continuo que bajó hasta el fondo del charco intermareal de 25 m de longitud, subió de nuevo convirtiéndose en una pared vertical y luego alcanzó la zona supralitoral (Figura 6).

## 7.2 Distribución espacial de *E. vanbrunti*

Las tres franjas verticales seleccionadas para evaluar la distribución espacial de *E. vanbrunti* presentaron una dispersión agrupada (Tabla 3), mientras que en el eje horizontal, la dispersión espacial fue agrupada para las franjas 1, 3 y 4, mientras que la franja 2 presentó distribución uniforme (Tabla 4).

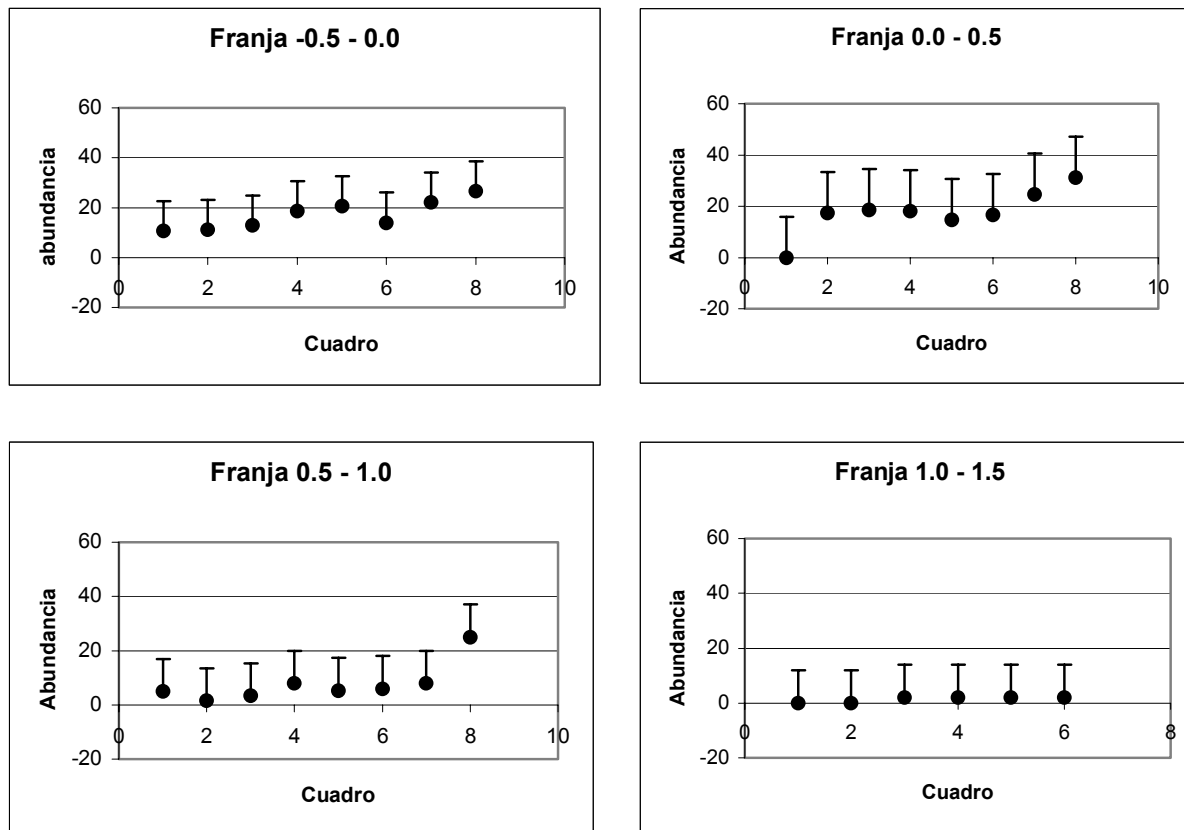
**Tabla 3** Patrón de dispersión vertical para *E. vanbrunti* dentro del Acantilado Verde

	FRANJA 7	FRANJA 5	FRANJA 2
<b>N</b>	60	60	38
$\Sigma x$	85	63	19
$\Sigma x^2$	241	151	55
$I_D$	1.31	1.35	1.08
$I_P$	0.50	0.50	-
<b>DISTRIBUCION</b>	Agrupada	Agrupada	Agrupada

**Tabla 4.** Patrón de dispersión horizontal para *E. vanbrunti* dentro del Acantilado Verde

	FRANJA 1 (-0.5 – 0.0 m)	FRANJA 2 (0.0 – 0.5 m)	FRANJA 3 (0.5 – 1.0 m)	FRANJA 4 (1.0 – 1.5 m)
<b>N</b>	111	111	111	82
<b><math>\Sigma x</math></b>	195	193	89	11
<b><math>\Sigma x^2</math></b>	538	511	189	17
<b><math>I_D</math></b>	1.13	0.95	1.33	4.42
<b><math>I_P</math></b>	0.50	-0.13	0.50	0.50
<b>DISTRIBUCION</b>	Agrupada	Uniforme	Agrupada	Agrupada

Las gráficas de abundancia vs. área de muestreo indicaron alta desviación estándar para las franjas -0.5 – 0.0 (5.78), 0.0 – 0.5 (8.88) y 0.5 – 1.0 (7.30), mientras que la franja 1.0 – 1.5 presenta desviación estándar baja (1.03). Se estableció una tendencia de agrupamiento hacia el costado Oeste del Acantilado, y como era de esperar, una disminución de la abundancia a medida que se incrementa la altura intermareal (Figura 9).



**Figura 9.** Gráficas de abundancia vs. área de muestreo para las franjas de altura intermareal.

El análisis de varianza de una vía (ANOVA) indicó que existen diferencias en la distribución del erizo en las zonas intermareales del Acantilado Verde ( $F = 12.93$ ;  $P < 0.05$ ). La Prueba de Comportamiento Múltiple de Tukey reveló diferencias significativas entre las franjas de altura intermareal, específicamente entre las que están por debajo de los 0.5 m y las que están por encima de esta referencia.



### **7.3 Relaciones entre *E. vanbrunti* y la fauna presente en sus cavidades de habitación.**

Se observó que la abundancia de erizos y de individuos presentes en las cavidades tiende a incrementar a medida que la altura intermareal desciende. Además, la cantidad de cavidades que presentan algún tipo de acompañante se hace mayor hacia la franja Oeste del acantilado, tanto en el día como en la noche (Tabla 5).

Los perfiles 6 a 9 son los que mayor abundancia de acompañantes presentan, mientras que el perfil 1 es el que muestra menor cantidad de *E. vanbrunti* y acompañantes. El perfil 2 presenta abundante cantidad de erizos, pero, ya que la mitad de las cavidades muestreadas no presentaron fauna acompañante, es posible sugerir que esta tiende a ser escasa dentro de dicho perfil (Tabla 5).

Se muestrearon un total de 308 cavidades en 7 zonas definidas de altura intermareal, 228 durante el día y 80 durante la noche. 212 cavidades presentaron algún tipo de acompañante (68.8%), 96 se presentaron vacías (31.2%), y se registró un total de 424 individuos dentro de estas cavidades, para un promedio de 2 individuos por cavidad (Tabla 5). Dentro de las 212 cavidades que presentaron algún tipo de acompañante, se identificaron 27 especies pertenecientes a 6 taxones diferentes. El taxón que mayor variedad y abundancia de especies presentó fue Crustacea, con 11 especies agrupadas en 8 familias diferentes.

**Tabla 5.** Conteos realizados durante los muestreos para cada perfil levantado.

MUESTREO DIURNO				
PERFIL	ZONA DELIMITADA	No. CAVIDADES MUESTREADAS	CON FAUNA	SIN FAUNA
1	1	10	4	6
2	2	30	14	16
3	7	1	1	0
	6	10	7	3
	5	7	2	0
4	2	13	8	5
	1	7	6	1
5	2	5	3	2
	1	10	7	3
6	4	5	5	0
	3	10	6	4
	2	10	7	3
	1	10	6	4
7	4	4	3	1
	3	10	6	4
	2	10	5	5
	1	10	7	3
8	3	10	8	2
	2	10	9	1
	1	10	9	1
9	4	6	3	3
	3	10	7	3
	2	10	7	3
	1	10	7	3

**Tabla 5. Continuación.** Conteos realizados durante los muestreos para cada perfil levantado.

MUESTREO NOCTURNO				
PERFIL	ZONA	No. CAVIDADES	CON FAUNA	SIN FAUNA
	DELIMITADA	MUESTREADAS		
2	2	30	20	10
4	2	10	9	1
	1	10	9	1
8	3	10	10	0
	2	10	8	2
	1	10	7	3
TOTALES	27	308	212	96

La especie más abundante fue *C gorgonensis*, con una frecuencia de 37.97%; también presenta el Índice de Ocurrencia ( $I_o$ ) más alto, apareciendo en el 42.45% de las cavidades muestreadas. En segundo lugar se ubicó el taxón Písces, con 6 especies, representantes de 3 familias. La especie más abundante para este taxón fue *Tomocodon* sp., con una frecuencia de 8.72%; esta especie tiene un  $I_o$  de 7.08%. El  $I_o$  más alto fue para *Gobiesox adustus*, que aparece en el 16.04% de las cavidades. El tercer lugar fue ocupado por el taxón Mollusca, con 5 especies agrupadas en 4 familias; la especie más abundante fue *Thais melones*, con una frecuencia de 24.29%, y un  $I_o$  de 41.51%, el más alto dentro del taxón y el segundo a nivel general. En cuarto lugar se ubicó el taxón Polychaeta, con 3 familias representativas, dentro de las cuales Flabelligeridae presentó la frecuencia más alta (1.18%). El  $I_o$  fue el mismo para las tres familias (0.47%). El

taxón Echinodermata se ubicó en quinto lugar con un solo representante, *Ophioderma panamense*, que presentó una frecuencia de 0.70% y un  $I_O$  de 1.42%. Finalmente, el taxón Sipunculida también exhibió un solo representante, *Phascolosoma perluscens*, el cual presentó una frecuencia de 0.23% y apareció en el 0.47% de las cavidades muestreadas (Tabla 6).

Respecto a la comparación entre el muestreo diurno y nocturno, se estableció que no existen diferencias entre la abundancia de la fauna acompañante ( $F = 0.17$ ;  $P > 0.05$ ). Sin embargo, se detectaron diferencias significativas en la abundancia de la fauna presente entre los perfiles evaluados ( $F = 10.30$ ;  $P < 0.05$ ), siendo el perfil 2 la fuente principal de varianza (Tukey,  $P < 0.05$ )

En cuanto a las diferencias en la composición de fauna diurna y nocturna, el Coeficiente de Similitud de Sorensen fue de 0.54 para el perfil 2 y de 0.85 para el perfil 8. Dado que el rango de los coeficientes de similitud para datos binarios va de cero (ninguna similitud) a uno (similitud total) (Krebs, op. cit), este resultado sugiere que existe una similitud media entre la composición de la fauna diurna y nocturna del perfil 2, mientras que la del perfil 8 presenta similitud alta.

En conjunto se registraron 178 individuos para los perfiles 2 y 8 (97 diurnos y 81 nocturnos). Los taxones Písces y Crustácea presentaron la mayor cantidad de especies, con 6 cada uno. El perfil 2 presenta menor riqueza (8 especies) que el perfil 8 (12 especies), específicamente peces (Tabla 6).

**Tabla 6.** Especies encontradas dentro de las 212 cavidades de *E. vanbrunti* que presentaron fauna acompañante.

TAXON	No. DE INDIVIDUOS	No. DE CAVIDADES QUE LOS PRESENTAN	INDICE DE OCURRENCIA (%)	FRECUENCIA (%)
<b>PISCES</b>				
<b>Familia Gobiesocidae</b>				
<i>G. adustus</i>	36	34	16.04	8.49
<i>Tomicodon</i> sp.	37	15	7.08	8.72
<b>Familia Blennidae</b>				
<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>	33	25	11.79	7.78
<i>Hypsoblennius</i> sp.	6	4	1.89	1.41
<i>Entomacrodus chiostictus</i>	2	2	0.94	0.47
<b>Familia Labrisomidae</b>				
<i>Malacoctenus zonifer</i>	2	1	0.47	0.47
<b>CRUSTACEA</b>				
<b>Familia Porcellanidae</b>				
<i>C. gorgonensis</i>	161	90	42.45	37.97
<i>Petrolisthes armatus</i>	2	2	0.94	0.47
<i>Megalobrachium</i> sp.	1	1	0.47	0.23
<i>Pachycheles</i> sp.	1	1	0.47	0.23
<b>Familia Alpheidae</b>				
<i>Alpheus</i> sp.	8	7	3.30	1.88
<b>Familia Palaemonidae</b>				
Palaemónidos indeterminados	6	5	2.36	1.41
<i>Palaemon</i> sp.	1	1	0.47	0.23
<b>Familia Grapsidae</b>				
<i>Pachygrapsus transversus</i>	5	5	2.36	1.18
<b>Familia Xanthidae</b>				
Especie indeterminada	1	1	0.47	0.23
<b>Familia Gnatophyllidae</b>				
Especie indeterminada	1	1	0.47	0.23

**Tabla 6. Continuación.** Especies encontradas dentro de las 212 cavidades de *E. vanbrunti* que presentaron fauna acompañante.

TAXON	No. DE INDIVIDUOS	No. DE CAVIDADES QUE LOS PRESENTAN	INDICE DE OCURRENCIA (%)	FRECUENCIA (%)
<b>CRUSTACEA</b>				
<b>Familia Mithracidae</b>				
<i>Mithrax denticulatus</i>	1	1	0.47	0.23
<b>MOLLUSCA</b>				
<b>Familia Muricidae</b>				
<i>Thais melones</i>	103	88	41.51	24.29
<b>Familia Buccinidae</b>				
<i>Cantharus sanguinolentus</i>	2	2	0.94	0.47
<i>Cantharus ringens</i>	1	1	0.47	0.23
Nudibranquio indeterminado	2	2	0.94	0.47
<b>Familia Chitonidae</b>				
<i>Chiton stokesii</i>	1	1	0.47	0.23
<b>POLYCHAETA</b>				
<b>Familia Oweniidae</b>				
<i>Owenia</i> sp.	1	1	0.47	0.23
<b>Familia Nereididae</b>				
	1	1	0.47	0.23
<b>Familia Flabelligeridae</b>				
	5	1	0.47	1.18
<b>ECHINODERMATA</b>				
<b>Familia Ophiodermatidae</b>				
<i>Ophioderma panamense</i>	3	3	1.42	0.70
<b>SIPUNCULIDA</b>				
<b>Familia Phascolosomatidae</b>				
<i>Phascolosoma perluscens</i>	1	1	0.47	0.23
<b>TOTAL DE OBSERVACIONES REALIZADAS</b>				
	<b>DIURNO</b>	<b>NOCTURNO</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>Cavidades Muestreadas</b>	228	80	308	
<b>Individuos Observados</b>	299	125	424	

Mientras *C. gorgonensis* es abundante en el perfil 8, durante los muestreos diurnos y nocturnos, su presencia es nula en el perfil 2. *T. melones* parece ser más abundante durante el día, específicamente en el perfil 8, en donde se registra el valor más alto de abundancia. Junto con *C. gorgonensis*, fueron las especies más abundantes dentro de ambos perfiles (Tabla 7).

**Tabla 7:** valores de abundancia para los acompañantes de los perfiles comparados.

TAXONES	PERFIL 2		PERFIL 8		TOTAL
	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	
<b>PISCES</b>					
<i>G. adustus</i>	3	0	14	3	14
<i>Tomicodon</i> sp.	0	0	29	14	29
<i>H. brevipinnis</i>	2	10	18	3	18
<i>Hypsoblennius</i> sp.	0	0	3	2	3
<i>E. chiostictus</i>	0	0	0	1	1
<b>CRUSTACEA</b>					
<i>C. gorgonensis</i>	0	0	33	22	55
<i>P. transversus</i>	3	2	5	0	5
Xanthidae	1	0	1	0	1
Palaemonidae	0	4	4	0	4
<i>Alpheus</i> sp.	0	1	4	0	5
<b>MOLLUSCA</b>					
<i>T. melones</i>	14	11	42	7	42
<b>EQUINODERMATA</b>					
<i>O. panamense</i>	0	1	1	0	1
<b>TOTAL</b>	23	29	74	52	178

*Clastocheilus gorgonensis* y *T. melones* presentaron el Índice de Ocurrencia ( $I_o$ ) más alto, con 42.45% y 41.51% respectivamente, siendo clasificados como especies frecuentes dentro de las cavidades. *G. adustus* (16.04%) e *H. brevipinnis* (11.79%) se clasificaron como especies ocasionales, mientras que las demás especies y familias registradas se clasificaron como fortuitas ( $I_o < 10\%$ ) (Tabla 6).

La regresión lineal y el Coeficiente de Correlación de Spearman ( $R = 0.08$ ;  $P > 0.05$ ) sugieren que no existe relación significativa entre el espacio disponible en la cavidad y la abundancia de fauna presente; sin embargo, la relación entre el diámetro de la testa del erizo y la abundancia de fauna fue sugerentemente significativa ( $R = 0.2$ ;  $P < 0.05$ ).

Al evaluar la relación entre el espacio disponible y el tamaño de las dos especies más frecuentes dentro de las cavidades de habitación de *E. vanbrunti*, se estableció que no existe una correlación significativa (*C. gorgonensis*:  $R^2 = 0.01$ , *T. melones*:  $R^2 = 0.02$ ). En total se registraron 124 individuos de *C. gorgonensis*, siendo el 51.6% machos y el 48.4% hembras. Del total de machos, el 79.7% fueron adultos y el 20.3% juveniles, mientras que del total de hembras, el 46.7% se reportaron como grávidas, el 36.6% fueron hembras vírgenes y el 16.7% hembras juveniles. *C. gorgonensis* fue detectado en 69 cavidades (muestreo diurno solamente), encontrándose un individuo en el 42% de las cavidades, dos individuos en el 39%, tres individuos en el 16% y cuatro individuos en el 3.0% de las cavidades. En este mismo sentido, de 70 individuos de *T. melones*



registrados, el 64% se ubicó a la entrada de las cavidades, mientras que el 36% restante se ubicó en el interior de las mismas, en el techo o en las paredes.

### **7.3.1 Descripción morfológica de los acompañantes frecuentes presentes en las cavidades de *E. vanbrunti*.**

#### **7.3.1.1 *Clastotoechus gorgonensis* (Porcellanidae) (Werding & Haig 1982)**

Caparazón ligeramente más ancho que largo, cubierto con surcos transversos conspicuos, divididos en surcos más pequeños en el área frontal, donde están separados por un profundo surco medial. Borde anterior de los surcos con una hilera de setas finas. Región frontal prominente, trilobada. Margen orbital marcadamente oblicuo, recto o ligeramente convexo. Ángulo orbital externo prolongado en un pequeño diente. Epímera incompleta, la porción posterior consistente en varios fragmentos pequeños separados por una membrana.

Segmento basal de las antenas con tres lóbulos en la región anterior. Primer segmento móvil de la antena con un lóbulo fuerte en el margen anterior. Segundo segmento con tubérculos pronunciados en el margen anterior. Tercero más o menos liso. Flagelo con setas finas.

Meros de los quelípedos cubiertos con tubérculos aplanados. Carpos con filas longitudinales de tubérculos aplanados imbricados, más o menos pequeños, con los bordes cubiertos de setas finas. Margen anterior con cuatro dientes grandes de bordes crenulados. Palma y dactilo tuberculados. Los dactilos pueden traslaparse ligeramente. Mero de las patas caminadoras con rugosidades

transversales, carpos y própodos con varias series de surcos cortos cubiertos de setas finas. Margen ventral de los própodos y el dácilo con filas de espínulas móviles agudas. Márgenes y superficie dorsal de todos los segmentos con setas largas y finas. Telson con 5 placas (Werding & Haig 1982) (Figura 10). *C. gorgonensis* solo ha sido reportado en Gorgona y en Bahía Piñas, Panamá (Werding & Haig, *op. cit.*). Es un nuevo registro para la Isla de Palma.



**Figura 10.** Espécimen adulto de *C. gorgonensis*

#### **7.3.1.2. *Thais melones* (Muricidae) (Duclos 1832)**

Concha globosa, de paredes sólidas y compactas; vuelta del cuerpo ancha, espira corta y achatada. Ornamentación consistente en líneas longitudinales y transversales muy marcadas, coloración compuesta por franjas intercaladas de color blanco y oscuro en la vuelta del cuerpo, espira con pequeñas manchas

oscuras sobre fondo claro. Labio interno con un callo conspicuo de bordes amarillentos y centro de color púrpura más o menos oscuro. Borde del labio externo levemente crenulado, de color amarillo claro. Opérculo corneo (Figura 11). *T. melones* se distribuye desde el golfo de Tehuantepec, Mexico, hasta Callao en Peru.



**Figura 11.** Especímen adulto de *T. melones*.

### **7.3.2. Descripción morfológica de los acompañantes ocasionales presentes en las cavidades de *E. vanbrunti*.**

#### **7.3.2.1. *Gobiesox adustus* (Gobiesocidae) (Jordan & Gilbert 1882)**

Radios dorsales: 11, radios anales: 9 -10, radios pectorales: 21 – 24; radios caudales: 10 – 12. Papilas lobuladas bien desarrolladas, en la cabeza y a lo largo del margen de labio superior. Ano situado más o menos en el punto medio entre el margen posterior del disco y el origen de la aleta anal, bastante hacia delante

del origen de la aleta dorsal. Color canela a blancuzco, con todo el dorso cubierto con manchas café claro separadas por un retículo fino de líneas azules. Se distribuye desde el Golfo de California a Ecuador. Habita en arrecifes rocosos (Allen & Robertson 1998).

#### **7.3.2.2. *Hypsoblennius brevipinnis* (Blennidae) (Gunther 1861)**

Radios dorsales: X-XII, 15 – 16; radios anales: II, 13 – 14; abertura nasal posterior con un cirro ancho, un cirro relativamente largo, delgado con 1-2 ramas basales sobre cada ojo; sin cirros en la nuca; dientes mandibulares incisiformes, en una sola serie y no móviles. Aleta dorsal con una hendidura entre las porciones espinosas y las de radios suaves; parte superior de los costados café oscuro, con una fila horizontal de manchas circulares color canela (a menudo con centros café oscuro) justo debajo de la base de la aleta dorsal, y una segunda fila de manchas o puntos más pequeños inmediatamente debajo; parte inferior de los costados blancuzca a amarilla. Cabeza con manchitas cafés o rojas y una banda oblicua prominente de color canela detrás del ojo, bordeada por franjas blancuzcas con márgenes oscuros. Se le encuentra desde el golfo de California a Perú, incluyendo las Islas Galápagos y otras islas oceanicas. Vive en conchas vacías de percebes. Es el primer registro para Isla Palma (Allen & Robertson op. cit.).

### **7.3.3. Descripción morfológica de los acompañantes fortuitos presentes en las cavidades de *E. vanbrunti*.**

#### **7.3.3.1 *Tomicodon* sp. (Gobiesocidae)**

Radios dorsales: 6; radios anales: 6 – 7; radios pectorales: 16 – 18; radios caudales: 10 – 12. Cuerpo alargado de color amarillento, con un patrón de pequeñas manchas dispersas de color café. Zona A de la ventosa abdominal con cuatro filas de papilas transversales. Ano muy por delante del inicio de la inserción de la aleta dorsal. Individuos muy pequeños, ubicados casi siempre en grupos numerosos dentro de las cavidades del *E. vanbrunti*.

#### **7.3.3.2. *Hypsoblennius* sp.(Blennidae), *Malacoctenus zonifer* (Labrisomidae) (Jordan & Gilbert 1882) y *Entomacrodus chiostictus* (Blennidae) (Jordan & Gilbert 1882)**

*Hypsoblennius* sp. presentó 15 radios pectorales, 13 radios anales, 12 radios caudales y XI, 10 radios dorsales. Se caracterizó por su coloración, con costados plateados que presentan barras longitudinales de color café y rosa; vientre blanquecino; cirros nasales y supraorbitales pequeños, sin cirros en la nuca.

*Malacoctenus zonifer* se caracteriza por el maxilar no expuesto cuando la boca está cerrada, oculto en el pliegue cutáneo del hueso suborbitario. Cirros nucales muy ramificados. Aleta dorsal no con exactamente veintisiete espinas pero su número menor a treinta. Presenta ligeras diferencias en la coloración con respecto al sexo: en los machos la cabeza es de color oscuro, usualmente el opérculo está

dividido por una línea angosta y arqueada; en las hembras la cabeza presenta manchas en su parte ventral. La aleta dorsal, caudal y las pectorales presentan manchas en ambos sexos. Con cinco bandas oscuras en el cuerpo, las primeras cuatro no se extienden ventralmente. Se distribuye desde la porción sur de la Península de Baja California a Ecuador.(MALACOTENUS ZONIFER <[www.cicimar.ipn.mx](http://www.cicimar.ipn.mx)> consulta: 16 mayo 2004)

*Entomacrodus chiostictus* presenta XIII, 14 – 16 radios dorsales, II, 15 – 17 radios anales, 14 radios pectorales, cirros postnasales presentes, 1 – 10 cirros supraorbitales, un solo cirro a cada lado de la nuca. Aleta dorsal con una hendidura pronunciada entre las porciones espinosas y las de radios suaves. Color oliva en el dorso, blanco en la parte inferior de los costados. Filas longitudinales de manchas negras cuadradas o rectangulares a lo largo de la línea media del costado; puntos pequeños oscuros anterodorsalmente en el cuerpo y en los costados con rayitas blancas; barras verticales delgadas color café en los labios. Se distribuye desde el Golfo de California a Panamá. Habita arrecifes rocosos cubiertos por algas y pozos de marea (Allen & Robertson op. cit.).

**7.3.3.3 *Alpheus* sp.(Alpheidae), *Pachygrapsus transversus* (Grapsidae) (Gibbes 1850), *Mithrax denticulatus* (Mithracidae) (Bell 1835), xántido indeterminado (Xanthidae).**

*Alpheus* sp. se caracteriza por presentar las porciones laterales de la segunda pleura abdominal expandidas, traslapándose por encima de la primera. Quelípedos comprimidos lateralmente, frente del caparazón con o sin espinas

laterales (Brusca 1980). Cuerpo de aspecto alargado y grueso. Los ojos son pequeños, de posición anterior y no son pedunculados. Coloración blanquecina a amarillenta.

*Pachygrapsus transversus*, crustáceo muy común dentro del acantilado, se caracteriza por el caparazón estriado de color verdoso, cubierto por manchas blancas dispersas, y por la coloración blanquecina de los quelípedos. Posee dos espinas suborbitales, pereopodos aplanados y cubiertos de espinas delgadas. Se distribuye en zonas cálidas del pacífico oriental y el atlántico occidental.

*Mithrax denticulatus* presenta un caparazón triangular, cubierto de fuertes espinas tuberculares. Quelípedos muy pequeños, pereopodos cubiertos de espinas finas, presentes también en el cuerpo, pero en menor cantidad. Coloración amarillenta. Se distribuye desde Punta Malárrimo (costa oeste de Baja California) y golfo de California (México) a Punta Santa Elena (Ecuador). Islas Revillagigedo, Malpelo y Galápagos (García – Madrigal 2000).

El xántido indeterminado presentó una longitud de caparazón de 0.3 cm. A pesar de su pequeño tamaño, se le vio como un adulto completamente formado. Caparazón con tres espinas aserradas en los bordes externos, coloración naranja pálido, cubierto de manchas dispersas de color naranja oscuro. Quelípedos desiguales, gruesos y fuertes, mayores que la longitud del caparazón, cubiertos de vellosidad gruesa y abundante; terminados en fuertes pinzas aserradas de color

café oscuro. Carpo y mero de los quelípedos cubiertos de verrugas, pereiópodos cubiertos de vellosidades.

#### **7.3.3.4. *Palaemon* sp.(Palaemonidae)**

*Palaemon* sp. es un crustáceo muy pequeño, de aproximadamente 3 mm de longitud, con el cuerpo comprimido lateralmente. Es muy rápido y móvil, se ubica entre las púas del erizo en sentido perpendicular a las mismas y con el cefalotórax dirigido hacia abajo, como mimetizándolas. Su cuerpo presenta en su totalidad una coloración violeta oscuro, muy similar a la de las púas de *E. vanbrunti*, aunque al ser capturado y conservado en formol al 10%, la coloración desapareció, quedando vestigios de la misma en los extremos de los pereiópodos y en algunos cromatóforos dispersos en los costados del cuerpo.

#### **7.3.3.5. Otros porcelánidos: *Petrolisthes armatus* (Gibbes 1850), *Pachycheles* sp. y *Megalobrachium* sp.(Porcellanidae).**

*Petrolisthes armatus* presenta el segmento basal de la anténula expandido lateralmente. El segmento basal de la antena está fuertemente dirigido hacia dentro, o presenta una proyección interior característica, formando un margen suborbital parcial. La frente es triangular o trilobada, prominente. Telson con 7 placas (Haig 1960). Juveniles de color café claro con pequeñas manchas de color pardo, adultos de color café claro a oscuro. Los adultos de ambos sexos pueden presentar una brillante coloración azul en las partes bucales (PETROLISTHES ARMATUS <<http://www.dnr.state.sc.us/marine/sertc/P%20armatus%20SOM.pdf>> consulta: 25 mayo 2004)



*Pachycheles* sp. presentó quelípedos doblados en la articulación del carpus y el manus, con el manus dirigido hacia dentro. Caparazón casi tan largo como ancho, sin concavidad orbital sobre el margen hepático. El segmento basal de las antenas es corto, sin prolongaciones delanteras, por lo que no alcanza el margen anterior del caparazón. Segmentos móviles con acceso libre a la órbita. Porción posterior de las paredes del caparazón consistente en una o más piezas pequeñas separadas por interespacios membranosos. Quelípedos gruesos y robustos, uno más grande que otro. Frente no prominente, redondeada en vista dorsal (Haig op. cit.)

*Megalobrachium* se caracteriza por un caparazón tan largo como ancho, frente trilobada a fuertemente tridentada en vista frontal. El segmento basal de las anténulas es muy pequeño, retraído tras la frente y finalmente proyectándose por encima de la misma (Haig op. cit.).

#### **7.3.3.6. *Cantharus ringens* (Reeve 1846) y *Cantharus sanguinolentus* (Duclos 1833) (Buccinidae)**

*Cantharus ringens* se caracteriza por la robusta vuelta del cuerpo, rematada por una espira corta, de longitud aproximada a la mitad de la longitud de la vuelta del cuerpo. La ornamentación está compuesta por costillas espirales y fuertes pliegues axiales que se engrosan formando una fila de tubérculos en cada voluta. El labio externo es grueso y de color blanco, levemente crenulado; el labio interno, también de color blanco, presenta granulaciones conspicuas que se extienden

hasta la apertura del sifón. Coloración grisácea a rojiza, con los tubérculos de color blanco; opérculo córneo.

*Cantharus sanguinolentus* presenta una descripción muy similar a la anterior, pero se caracteriza por el labio externo de bordes rojizos, fuertemente crenulado, y por el labio interno, que presenta varias filas de pequeños tubérculos de color blanco sobre un fondo de color rojo oscuro, de donde se deriva el nombre de la especie.

#### **7.3.3.7. *Chiton stokesii* (Chitonidae) (Broderip 1832) y nudibranquio indeterminado.**

*Chiton stokesii* se caracteriza por la forma ovalada del caparazón, que presenta una coloración café oscuro a verdoso. El centro de las ceramas es de color blanco. Las áreas laterales poseen una escultura típica en forma de red, con bordes levemente pronunciados. El interior del caparazón es de color azul pálido, blanco hacia los extremos.

El nudibranquio indeterminado se caracterizó por su coloración verde intensa, con pequeñas manchas dispersas de color verde pálido. Los pedúnculos oculares están surcados por líneas gruesas de color blanco y negro. El dorso del animal presentó dos filas de crestas, con bordes de color naranja brillante. Vientre de color blanquecino. Aparentemente de hábitos carnívoros (obs. pers.).

#### **7.3.3.8. Poliquetos: familias Oweniidae, Flabelligeridae y Nereididae.**

El individuo representante de la familia Oweniidae se caracterizó por el cuerpo delicado, de color blanco, con parapodios pequeños muy separados. El pigidio presenta una serie de pequeñas espinas, mientras el prostomio exhibe una especie de penacho membranoso.

Se encontraron 5 representantes de la familia Flabelligeridae embebidos en una matriz mucosa y de granos de arena, dentro de un pequeño orificio ubicado en la pared de una de las cavidades muestreadas. Uno de los individuos presentó mayor tamaño que los demás, con parapodios conspicuos y un espeso penacho de sedas prostomiales; Los otros cuatro, de menor tamaño, no presentaron penacho ni parapodios visibles, pero sí abundantes branquias filiformes envueltas en el cuerpo.

El representante de la familia Nereididae presentó cuerpo robusto de color verde brillante, con reflejos nacarados. Exhibió además parapodios conspicuos y pigidio con dos cirros. Prostomio y peristomio bien separados, el primero con dos pares de antenas y un par de palpos bien desarrollados.

#### **7.3.3.9. *Phascolosoma perluscens* (Phascolosomatidae) (Baird)**

Especie de tamaño mediano, con el área dorsal preanal cubierta de pequeños tubérculos de color café; el extremo distal del cuerpo también presenta un área de este tipo. De 12 a 15 tentáculos bucales, de color verde oliva. Bandas

musculares longitudinales visibles a través de la pared del cuerpo. Introverto de color café a púrpura (Brusca op. cit.)

**7.3.3.10. *Ophioderma panamense* (Ophi Dermatidae) (Lutken 1859)**

*Ophioderma panamense* habita en charcos intermareales o en fondos arenosos, ocultándose bajo rocas y dentro de cavidades. Es un organismo detritívoro y filtrador. El disco aboral y los brazos son de color castaño oscuro a negro. Los cinco brazos flexibles presentan anillos de color blanco.

(OPHIODERMA. < [biology.fullerton.edu/.../ Web/im/S98/ft/ft64.html](http://biology.fullerton.edu/.../Web/im/S98/ft/ft64.html) >. Consulta: 28 febrero 2004).

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 descripción del área de trabajo

La zona intermareal del Acantilado Verde presenta un relieve muy accidentado; sin embargo la zona en donde se desarrolló este estudio se caracterizó por su relativa homogeneidad, pues a excepción de los perfiles que se ubicaron en los costados de dicho acantilado, los demás presentaron una topografía similar, al ubicarse sobre una plataforma rocosa mesolitoral que se extiende hasta la zona supralitoral, en donde es interrumpida por un charco intermareal profundo, y por la pared derecha del acantilado, en el caso de los perfiles seis a ocho. La topografía parece no condicionar la abundancia de *E. vanbrunti*, la cual se ve afectada por las características ambientales (salinidad, temperatura, disponibilidad de oxígeno, etc.) y biológicas (competencia, predación, entre otras) que predominan a lo largo de los perfiles.

### 8.2 Distribución de *E. vanbrunti*

Las playas rocosas son la continuación de un acantilado que ha sufrido erosión; La parte inferior de estas playas constituye uno de los ecosistemas costeros con mayor biodiversidad en el Pacífico colombiano, presentando una fauna de casi todos los grupos de organismos bentónicos marinos, los cuales pueden habitar sobre cavidades de las rocas, o debajo o dentro de estas, como protección contra la desecación y los predadores (BIBLIOTECA LUIS ANGEL ARANGO, <<http://www.banrep.gov.co/blaavirtual/letra-p/pacific1/cap5a.htm>>consulta: 21 abril

2004). Dentro de este estudio, se considera como parte inferior de la playa rocosa del Acantilado Verde, la zona situada entre los -0.5 y los 0.5 m de altura mareal. Esta zona nunca se descubre totalmente durante el régimen diario de mareas; solo es posible acceder a ella por tres o cuatro días al mes, durante las llamadas mareas secas. Por lo tanto, no se presentan cambios drásticos en factores fisicoquímicos como temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y humedad, y los animales que habitan en esta zona no presentan adaptaciones que les permitan sobrevivir bajo condiciones extremas de desecación o anoxia, entre otras. *E. vanbrunti* es un organismo de este tipo; su respiración branquial, movilidad mínima, fotosensibilidad y poca resistencia a la desecación lo llevan a habitar en zonas que permanezcan total o parcialmente cubiertas por agua. El refugio creado por él mismo le protege de la luz solar, y resiste el embate de las olas al aferrarse fuertemente al piso de la cavidad con el pico córneo y los pies ambulacrales. Además, las macroalgas clorophyceas (*Chaetomorpha* sp., *Cladophora* sp., *Cladophoropsis* sp. y *Derbesia* sp.) y rhodophyceas (*Gelidium* sp., *Hydrolithon* sp., *Jania* sp., *Ceramium* sp. y *Caloglossa* sp. entre otras) (Puglisi 2003) que le sirven de alimento sólo se ubican en zonas con disposición constante de agua y luz solar.

Como fue referido en la descripción del área de trabajo, la zona intermareal del acantilado presenta características particulares que varían de un extremo a otro del mismo. Las franjas Oeste y Centro se caracterizaron por presentar condiciones topográficas y ambientales muy similares, mientras que la franja Este se distinguió por estar ubicada en una plataforma sombreada situada

aproximadamente dos metros por encima de las demás (Figura 8). En las franjas Oeste y Centro, *E. vanbrunti* se distribuye agrupadamente, lo que indica que la presencia de un individuo genera una mayor probabilidad de encontrar en las cercanías otros de la misma población; los erizos se ubican solo en los lugares de estas franjas que presentan las condiciones apropiadas para su supervivencia, es decir, en la parte inferior de la playa rocosa. En la franja Este, *E. vanbrunti* también presentó distribución agrupada. Las condiciones fisicoquímicas a lo largo de la plataforma son ideales para la supervivencia del erizo (más sombra, menor temperatura, poco embate de las olas). Sin embargo, al estar más elevada que las demás, la zona permanece descubierta mucho más tiempo y los erizos corren el riesgo de morir por desecación y falta de oxígeno. Los animales contrarrestan este hecho al ubicarse dentro de depresiones y grietas que permanecen llenas de agua cuando la zona se descubre, o cerca de los bordes de la plataforma rocosa que reciben salpicadura constante, lo que les garantiza las condiciones adecuadas para sobrevivir.

En la zona litoral rocosa se da una disposición de los organismos en bandas o zonas horizontales. La causa de esta zonación es la existencia de un límite entre el aire y el agua que se mueve verticalmente con las olas y mareas (Lewis 1964). La distribución de *E. vanbrunti* a lo largo de las franjas de altura intermareal demarcadas en este estudio, parece confirmar esta hipótesis. El Índice Estandarizado de Dispersión de Morisita señaló una distribución agrupada para la franja 1 (-0.5 – 0.0 m); la gráfica de abundancia vs. área de muestreo indicó que esta zona es la que mayor abundancia de erizos presenta, y que los mismos

tienden a agruparse en el costado Oeste del Acantilado Verde, en menor medida en la zona Centro, mientras que la zona Este presenta la menor concentración. Lo anterior sugiere que los erizos utilizan parches de alta calidad ambiental que garantizan su supervivencia.

Es importante destacar que el costado Este también puede ofrecer condiciones de vida adecuadas, sin embargo el esfuerzo de muestreo en este sector fue reducido debido a las características topográficas de la zona; solo se muestreó la zona de la plataforma rocosa, y como se señaló anteriormente, esta presenta condiciones muy diferentes a las del resto del área de muestreo.

Con respecto a la franja 2 (0.0 – 0.5 m), el  $I_p$  señaló una distribución espacial uniforme; los individuos son encontrados siguiendo un patrón regular, de manera que al localizar un ejemplar, disminuye la probabilidad de encontrar otro en las cercanías. Esto sugiere interacciones negativas entre los miembros de la población, tales como la competencia o el comportamiento agresivo intraespecífico (Little & Kitching 1996) *E. vanbrunti* es una especie semisésil y solitaria, sobre la cual no se tienen reportes de comportamiento agresivo o territorial. Por lo tanto, es posible sugerir que esta distribución se debe a las características de la franja, la cual se encuentra en un punto medio entre las condiciones adecuadas de supervivencia y la carencia de las mismas, lo que puede llevar a los animales a competir entre sí por ubicación y, específicamente, por alimento, al ser este un recurso limitado por las características de la zona. Sin embargo, la gráfica de abundancia vs. Área de muestreo señala un alto grado de variabilidad en la



dispersión, pues hay un máximo de abundancia en el costado Oeste, pero la zona Centro y una parte de la Este presentan casi la misma cantidad de erizos. Si la distribución es uniforme, la competencia debe presentarse en estas dos últimas zonas, en donde las condiciones de supervivencia y la disposición de alimento parecen no ser tan adecuadas como en la zona Oeste.

En la franja 3 (0.5 – 1.0 m), el  $I_p$  obtenido indica que la distribución de los animales es agrupada. Esta franja se caracterizó porque siempre se descubre en la bajamar, no únicamente en las mareas secas, por lo que los erizos que en ella viven están más expuestos a la desecación, a la anoxia y a la falta de alimento. La gráfica de abundancia vs. área de muestreo indicó una menor cantidad de individuos y un valor muy alto de abundancia en el costado Oeste del Acantilado, mientras que la zona Centro y Este presentan una abundancia baja. Es posible concluir entonces que los erizos ubicados en esta franja se agrupan en el lugar que presenta condiciones adecuadas para su supervivencia.

Finalmente, la franja 4 (1.0 – 1.5 m) también presenta distribución agrupada. La gráfica de abundancia vs. área de muestreo indica que la cantidad de erizos es mínima, menos de 10 individuos por cuadro. Esta franja tal vez sea la más inhóspita para *E. vanbrunti*, ya que permanece descubierta y expuesta a la luz solar por mucho tiempo, elevando el riesgo de muerte por desecación, anoxia o falta de alimento. Esto lleva a los pocos habitantes a buscar refugio en las zonas Centro y Oeste, lo que se refleja en el valor de la desviación estándar, pues la dispersión tiende a ser mínima debido al bajo número de individuos..

El análisis de varianza refuerza la hipótesis de la zonación horizontal, pues sus resultados permiten rechazar la hipótesis nula que propone la ausencia de diferencias entre las franjas de altura intermareal. Además, el Test de Tukey muestra que hay una diferencia significativa entre la zona comprendida entre los -0.5 y los 0.5 m (franjas 1 y 2) y la comprendida entre los 0.5 y 1.5 m (franjas 3 y 4), lo que indica que *E. vanbrunti* se ubica preferiblemente en la primera, al ser esta la que brinda las condiciones ideales para su supervivencia y desarrollo.

### **8.3 Relaciones entre *E. vanbrunti* y la fauna presente en sus cavidades de habitación.**

Más de la mitad de las cavidades muestreadas presentaron algún tipo de fauna acompañante; en promedio, *E. vanbrunti* comparte su cavidad con dos individuos más, de igual o diferente especie. Se destacaron tres taxones específicos dentro de las cavidades: Crustácea, Peces y Mollusca. La abundancia y variedad del taxón más representativo, Crustácea, puede deberse a la diversidad y cantidad de estos organismos bentónicos presente en la zona intermareal del Acantilado Verde, pues las condiciones físicas del lugar son ideales para especies de hábitos rupestrinos (Stillman & Somero 1996), como muchos de los braquiuros y anomuros que allí residen.

La abundancia de peces encontrados dentro de las cavidades está directamente relacionada con la onda de marea, pues es la encargada de depositarlos allí cuando baja o sube. Algunos, como los gobiesócidos, cuentan con adaptaciones

corporales especializadas que les permiten permanecer dentro de la cavidad durante más tiempo que los demás peces hallados, pues estos últimos suelen ir y venir con las olas. Finalmente, la abundancia de moluscos, específicamente de *T. melones* se debe al recorrido constante de la especie dentro de la zona, en busca de presas y de protección.

La abundancia de especies presentes dentro de las cavidades varía de acuerdo al perfil, debido a las condiciones ambientales de cada uno. La abundancia de acompañantes presentes en las cavidades de los perfiles 4 y 8 no presenta diferencias, debido a que se encuentran ubicados dentro de una zona con condiciones ambientales muy similares, ideales para la habitación y supervivencia de *E. vanbrunti*, mientras que el perfil 2 se ubica en una zona que presenta características diferentes, menos apropiadas para el mismo, lo que se refleja en la baja abundancia de fauna presente dentro de las cavidades.

No se presentaron diferencias entre la abundancia de fauna diurna y nocturna. Es posible sugerir entonces que, en ambos períodos de bajamar, existen dentro de las cavidades del erizo las condiciones adecuadas para la supervivencia de sus acompañantes, ya que durante estos momentos, *E. vanbrunti* se repliega dentro de su cavidad, ofreciendo protección contra la luz solar y la predación durante el día y refugio contra posibles depredadores en horas de la noche.

La radiación solar parece ser uno de los forzantes físicos más importantes dentro del Acantilado Verde, específicamente en el área de trabajo de este estudio, en

donde la incidencia de la luz solar es directa durante la bajamar. Esta característica obliga a muchos organismos presentes en la zona a buscar un refugio en donde protegerse de la desecación, siendo la cavidad de *E. vanbrunti* un lugar ideal, pues provee sombra, humedad, y adicionalmente, protección contra posibles depredadores gracias a las espinas del erizo, que actúan a modo de barrera. Adicionalmente, cada especie presente dentro de las cavidades de *E. vanbrunti* exhibe un patrón característico de actividad, determinado por las condiciones ambientales, físicas y biológicas propias de cada zona del acantilado. Este patrón suele variar entre el día y la noche, pues mientras algunas especies aprovechan la radiación solar, otras la evitan, mostrándose activas solo en horas nocturnas.

Los datos de abundancia permiten inferir que las especies acompañantes son de hábitos prioritariamente diurnos, aunque los valores del coeficiente de Sorensen reflejan una composición faunística muy similar para ambos periodos de tiempo en el caso del perfil 8, lo que sugiere que el recurso ofrecido por las cavidades de *E. vanbrunti* no presenta explotación diferencial por parte de la fauna acompañante detectada. En el caso del perfil 2, las condiciones ambientales menos adecuadas pueden ser las causantes de que solo la mitad de los acompañantes reportados se presenten durante el día y la noche, pues la supervivencia dentro de las cavidades se hace más difícil.

El volumen disponible dentro de la cavidad no está relacionado con la abundancia de fauna presente en la misma. La mayor parte de este volumen disponible está

ocupado por las púas del erizo, y es entre las mismas en donde los acompañantes de tamaño pequeño, como *C. Gorgonensis*, *G. adustus* y los juveniles de *T. melones* encuentran su refugio (obs. pers.). Es el diámetro de la testa, como una medida del tamaño, el que afecta la abundancia de fauna acompañante, ya que a mayor tamaño del erizo, mayor longitud tendrán sus púas y habrá más espacio disponible para habitar.

De las 27 especies reportadas dentro de las cavidades de *E. vanbrunti*, dos fueron clasificadas como acompañantes frecuentes, dos como ocasionales, y 23 fueron clasificadas como acompañantes fortuitos. Ninguna se clasificó como acompañante permanente. Con respecto a las posibles relaciones existentes entre estos acompañantes y *E. vanbrunti*, es importante resaltar que en el mundo marino tropical, casi cada criatura sostiene relaciones simbióticas con otra. Es una forma fácil y simple de asegurar la supervivencia en un mundo donde los recursos suelen ser escasos y existe una fuerte competencia por ellos.

Una de las relaciones simbióticas más interesantes y comunes es el endoecismo. Se refiere a animales que viven en refugios creados por un hospedero, típicamente cavidades. La proximidad es una de las principales razones para el crecimiento y desarrollo de este tipo de relación, combinada con una búsqueda permanente de refugio por quien se convertirá en el simbiote. Este simbiote usualmente es el que obtiene mayor beneficio en este tipo de relación.

(RELATIONSHIPS ON THE REEF. <[www.underwaterphotos.com/article5.htm](http://www.underwaterphotos.com/article5.htm)>.

consulta: 10 marzo 2004)

Dentro del endoecismo, pueden desarrollarse relaciones simbióticas paralelas, como el inquilinismo (uso de las defensas especializadas de ciertas especies por otras que carecen de ellas), parasitismo, comensalismo o mutualismo, entre otras; dentro de las cavidades de *E. vanbrunti*, se detectaron este tipo de relaciones entre el erizo y sus acompañantes, específicamente relaciones de tipo comensalista, en donde los acompañantes reciben protección contra depredadores y condiciones ambientales adversas, mientras el erizo no parece recibir ningún tipo de daño o beneficio por parte de sus comensales

### **8.3.1 Acompañantes Frecuentes**

#### **8.3.1.1. *Clastoechus gorgonensis***

Existe un amplio registro acerca de familias de crustáceos asociadas a equinodermos. Por ejemplo, en el orden Brachyura, la familia Pinnotheridae (*pea crabs*) está representada por un grupo diverso de pequeños cangrejos simbiotes de moluscos (almejas, ostras, mejillones, ostiones y otros bivalvos), poliquetos, equinodermos, holoturoideos y urocordados (Cabrera - Peña et al, 2001). Los pinotéridos del complejo *Dissodactylus* se encuentran asociados a un erizo irregular del orden Epatangoides (*Meoma ventricosa*) y a los erizos clipeasteroideos *Encope emarginata*, *E. michelini* y *Clypeaster subdepressus*. (Campos – González & Solís-Marín 1998). Dentro del orden Anomura, se destaca la familia Porcellanidae; Haig (op. cit.) (Citada por García-Madrigal 1999) destaca el hábito comensal de los porcelánidos e incluye los diferentes hospederos, entre

los que se encuentran esponjas, equinodermos, corales gorgónidos y madreporidos, además de anémonas, cangrejos ermitaños y poliquetos.

Aunque la mayoría de los porcelánidos que habitan en el pacífico tropical son de vida libre, muchos sostienen relaciones simbióticas con organismos diversos. Gore & Abele (1976) reportan la asociación existente entre *Pisidia magdalenensis* y holoturias e hidroides, aunque no indican una relación clara de comensalismo. Otras especies de porcelánidos, como *Porcellana cancrisocialis* y *P. paguriconviva*, son conocidos comensales de cangrejos ermitaños como *Petrochirus californiensis*, *Dardanus sinistripes*, *Aniculus elegans* y *Paguristes digueti*. Muchas especies pertenecientes al este género son encontradas comúnmente dentro de las conchas habitadas por cangrejos ermitaños (Haig op. cit., Brusca op. cit.).

Dentro del género *Clastotoechus*, Werding (1978) destaca la presencia permanente de la especie *C. vanderhorsti* dentro de las cavidades del erizo *E. lucunter* en la región de Acandí (Golfo de Urabá) y la región de Santa Marta. En un trabajo anterior, Werding (1977) reporta la posible relación existente entre *Minyocerus angustus* y la estrella de mar *Astropecten* sp., y la estrecha vinculación de la especie *Pachycheles ackleianus* con una esponja indeterminada, que forma incrustaciones entre piedras superpuestas.

*Clastotoechus gorgonensis* es el acompañante más frecuente encontrado dentro de las cavidades de *E. vanbrunti*. En Isla Gorgona, solo es posible encontrarlo

dentro de los refugios de este erizo (Werding & Haig op. cit) Las observaciones realizadas sugieren que estos cangrejos utilizan al erizo y a su cavidad como refugio para protegerse de depredadores y para evitar ser arrastrados por las olas cuando la marea baja o sube. También se determinó que suelen ubicarse en la parte trasera de la cavidad, cerca a la zona oral del erizo, o en la zona aboral, en la base de las púas.

Los porcelánidos son organismos delicados y de poca actividad, la cual se limita al proceso de alimentación y la consecución de pareja. Por lo general permanecen ocultos en grietas, cavidades o bajo rocas. Parecen ser de hábitos diurnos, y prefieren las zonas en donde el riesgo de desecación sea mínimo. Su dieta está conformada por fito y zooplancton (Pardo et. al. 1997), y por otras partículas orgánicas (Baeza et. al. 2002) dato que puede ser corroborado por la presencia de penachos bucales (Figura 10) que parecen ayudar en la filtración del alimento. Es probable que durante la pleamar, *C. gorgonensis* no abandone el refugio seguro ofrecido por la cavidad en busca de alimento, pues puede obtenerlo desde allí.

Se encontraron hembras y machos en porcentajes similares, la mayoría de hembras estaban grávidas, con huevos en estadios diversos de desarrollo. Con respecto al número de individuos dentro de las cavidades, los porcentajes mas altos fueron para las que presentaron uno o dos individuos; 16 de las 27 cavidades que presentaron dos cangrejos contenían parejas. Este hecho, junto al alto porcentaje de hembras grávidas, permite sugerir que *C. gorgonensis* utiliza la cavidad de *E. vanbrunti* para proteger su descendencia. El alto número de



individuos solitarios podría sugerir una posible relación de territorialidad como la reportada por Baeza et al. para *Allopetrolisthes spinifrons* (op. cit.). Sin embargo, no se encontró relación significativa entre el espacio disponible dentro de la cavidad y el espacio ocupado por los porcelánidos, lo que sugiere que la presencia de más de dos individuos dentro de la cavidad no es un limitante para que otros individuos puedan ocuparla. Además, la alta disponibilidad y el tamaño del hospedero hacen de él un recurso no limitado, lo que evita el comportamiento agonístico; no obstante, el bajo número de cavidades infestadas por más de dos individuos sugiere que, aunque aparentemente no se presente territorialidad, *C. gorgonensis* prefiere cavidades en donde el número de individuos de su misma especie sea mínimo; Werding (1977), reporta que, en la mayoría de los casos, *C. vanderhorsti* se encuentra por pares dentro de los refugios de *E. lucunter*.

La presencia de juveniles permite reforzar la hipótesis del uso de la cavidad como refugio protector. Campos-González & Macías-Chávez (1987) reportaron la relación existente entre las fases posplanctónicas de *Petrolisthes armatus* (megalopas y juveniles tempranos) y la lapa *Crucibulum spinosum* en el Alto Golfo de California (México); los cangrejos infestan las lapas buscando un refugio que los proteja de la depredación durante pleamar y de la deshidratación en bajamar, la cual afecta más a fases de desarrollo temprano. Esta misma relación puede ser aplicada a los juveniles de *C. gorgonensis*, pues estos siempre fueron encontrados en la base de las púas, o cerca de la boca, zonas de difícil acceso para un predador, y en donde la película de agua que recubre al erizo tarda más en evaporarse durante la bajamar, lo que garantiza protección contra la desecación.

Durante el periodo de muestreo, no se observó ningún comportamiento por parte de *C. gorgonensis* que permitiera deducir si *E. vanbrunti* recibe algún tipo de beneficio a partir de la relación que ambos mantienen. Schoppe (1991) describe las relaciones sostenidas entre *E. lucunter* y *C. vanderhorsti* como comensalistas, ya que el porcelánido recibe protección contra depredadores y efectos intermareales, mientras el erizo no recibe ninguna clase de beneficio ni de daño. Basándose en las observaciones y pruebas realizadas, y en la literatura consultada, es posible concluir que las relaciones existentes entre *C. gorgonensis* y *E. vanbrunti* también son puramente comensalistas.

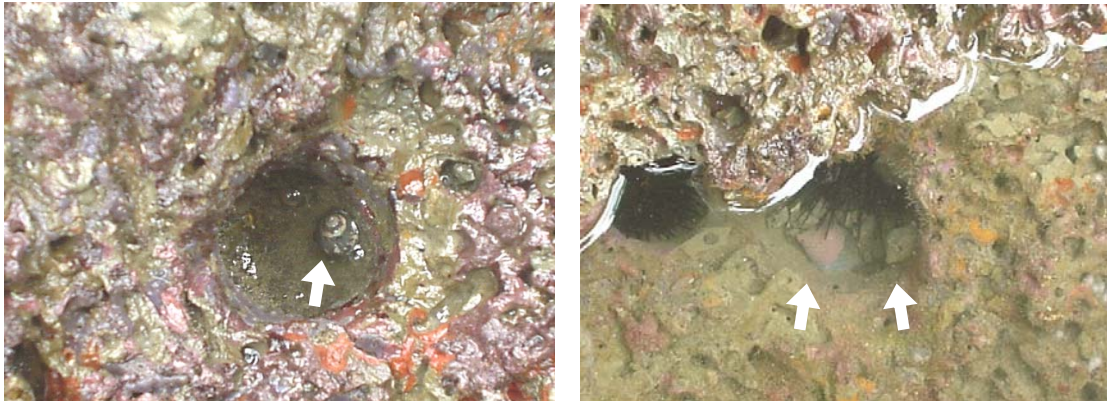
#### **8.3.1.2 *Thais melones***

*Thais melones* es uno de los principales predadores en zonas de acantilados y playas rocosas y entre sus presas se encuentran los bivalvos, gasteropodos, chitones, balanos y poliquetos. Generalmente presenta mayor actividad en periodos de oscuridad tanto en marea baja como alta, y en sus ataques se guía por marcas químicas dejadas por sus presas (West 1998), aunque los datos obtenidos en campo lo señalan como un organismo de hábitos diurnos (Tabla 7). En las cavidades de *E. vanbrunti* siempre se le observó quieto, nunca cazando o desplazándose.

No se detectó relación entre el espacio disponible dentro de la cavidad y el tamaño de *T. melones*, es decir que la disponibilidad de espacio libre no condicionó la presencia del gasterópodo. Sin embargo, observaciones directas en el área de estudio permiten hipotetizar que los caracoles de menor tamaño se aventuran más

adentro de la cavidad; el rango de longitud de los caracoles encontrados dentro de los refugios fue entre 0.2 – 2.4 cm, mientras que el rango de los encontrados en la entrada fue entre 1.5 – 3.9 cm.

La gran mayoría de las cavidades presentaron un solo individuo, lo que indica que *T. melones* parece preferir los refugios en donde la presencia de individuos de su misma especie es nula o mínima. Esto puede deberse a los hábitos caníbales del gasterópodo (Cuellar op. cit), por lo que éste evita coincidir con sus congéneres; es probable entonces que utilice las cavidades de *E. vanbrunti* como refugio contra depredadores, introduciéndose dentro de la mismas hasta donde su tamaño y las espinas del erizo se lo permitan (Figura 12). Cabe resaltar que los siete individuos que se encontraron juntos fueron juveniles (ninguno mayor de 0.3 cm), agrupados junto a la boca del erizo, en la zona más protegida de la cavidad. Aunque es probable que *T. melones* también acuda a las cavidades para protegerse de las condiciones adversas que se presentan en la bajamar, es un organismo que está bien adaptado a los cambios intermareales al poseer una concha sólida y un opérculo hermético, entre otras características, que lo protegen de la desecación y el golpe de las olas, por lo que esta relación puede ser descartada. Esta hipótesis es reafirmada por la presencia constante del gasterópodo en toda la zona de trabajo, no únicamente dentro de las cavidades del erizo, y porque no mostró preferencia por las condiciones de algún perfil en particular.



**Figura 12.** Ubicación de *T. melones* dentro de las cavidades de *E. vanbrunti*.

El predominio de un solo individuo por cavidad, junto a la ausencia, o presencia mínima de las demás presas habituales de *T. melones* dentro de los refugios de *E. vanbrunti*, permiten descartar la hipótesis de que el gasterópodo emplea las cavidades como zona de caza. Finalmente, es posible concluir que *T. melones* también presenta relaciones de comensalismo con *E. vanbrunti*, pues mientras el caracol recibe protección contra los depredadores, el erizo no parece recibir beneficios ni sufrir daño alguno.

### **8.3.2 Acompañantes ocasionales**

#### **8.3.2.1 *Gobiesox adustus***

Este pez fue el acompañante ocasional más abundante, y parece ser de hábitos diurnos (tabla 7) Siempre fue observado en el fondo de las cavidades, adherido al suelo o a las paredes mediante el disco ventral. Se colectaron individuos pequeños, con una longitud estándar promedio menor de un centímetro. *G. adustus* es encontrado frecuentemente dentro de los charcos intermareales de la

Isla de Palma, y su dieta está compuesta principalmente por braquiuros de la familia Grapsidae, isópodos, anfípodos y moluscos gasterópodos y bivalvos (Castellanos 2003). Ya que las cavidades de *E. vanbrunti* presentan muy pocos o ninguno de sus ítems alimenticios, y debido al pequeño tamaño de los individuos colectados, es probable que *G. adustus* las utilice como refugio ocasional contra la predación y la desecación, pues puede introducirse entre las púas y alcanzar las zonas más protegidas. Esta relación también puede ser clasificada como de comensalismo, pues el erizo no parece recibir daño o beneficio alguno.

#### **8.3.2.2. *Hypsoblennius brevipinnis***

Este pez fue colectado tanto en muestreos diurnos como nocturnos; por lo general se le observó en los costados de las cavidades, asomando la cabeza por entre las púas del erizo, tratando de no ser descubierto (obs. pers.). Este pez suele ser encontrado habitando dentro de conchas vacías de percebes, en áreas rocosas. Se alimenta atrapando pequeños trozos de alimento flotantes en la columna de agua (HYPSOBLENNIUS BREVIPINNIS. <[www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)> consulta: abril 30 2004)

Los hábitos sedentarios de *H. brevipinnis*, la aparente ausencia de defensas corporales y su pequeño tamaño, lo señalan como un organismo vulnerable a la predación, por lo que necesita un refugio dentro del cual protegerse; es posible sugerir que este pez utiliza las cavidades de *E. vanbrunti* como refugio alternativo a las conchas vacías de balanos o a los otros lugares en donde se oculta habitualmente, pues el bajo índice de ocurrencia señala que no existe una relación

estrecha entre pez y erizo (Tabla 6). La protección que le brindan las espinas del equinodermo hace posible que *H. brevipinnis* emplee la cavidad como zona de alimentación durante la pleamar; sin embargo, este dato está sujeto a verificación. El tipo de relación que sostiene con *E. vanbrunti* puede ser clasificada como de comensalismo.

### **8.3.3 Acompañantes fortuitos**

Debido al bajo número de individuos encontrados dentro de las cavidades, se consideró que estas 23 especies no presentan ningún tipo de relación simbiótica con *E. vanbrunti*. Su presencia en las cavidades pudo deberse a factores diversos, que se revisan a continuación.

#### **8.3.3.1 *Tomicodon* sp.**

Según Allen & Robertson (op.cit.), el género *Tomicodon* habita orillas rocosas y charcos intermareales de poca profundidad cercanos a la orilla. Fue el acompañante fortuito más abundante encontrado dentro de las cavidades de *E. vanbrunti*. Dentro de estas, se le observó ubicado en el fondo de la cavidad, adherido al techo o las paredes mediante el disco ventral, sin presentar movimiento alguno. Es probable que utilice la cavidad de *E. vanbrunti* como refugio temporal durante la bajamar, a fin de escapar de la desecación y de posibles predadores

### 8.3.3.2. *Hypsoblennius* sp., *Malacoctenus zonifer* y *Entomacrodus*

#### *chiostictus*.

*Hypsoblennius* sp. se observó en los costados de la cavidad, ocultándose entre las púas del erizo, por lo que se infiere que también la utiliza como refugio temporal durante la bajamar. Las otras dos especies, al parecer, quedaron atrapadas accidentalmente dentro de la cavidad al subir la marea, pues se observaron inquietas y escaparon a la primera oportunidad.

### 8.3.3.3. *Alpheus* sp., *Pachygrapsus transversus*, *Mithrax denticulatus*,

#### Xántido indeterminado.

*Alpheus* sp. es un crustáceo depredador y territorial que habita en pequeñas galerías de la zona intermareal (EL PROCESO DE BIOEROSION.

<[www.banrep.gov.co/blaavirtual/letra-f/fen/texto/medio/bioer2.htm](http://www.banrep.gov.co/blaavirtual/letra-f/fen/texto/medio/bioer2.htm)> consulta:12

mayo 2004). Algunas de estas galerías se ubicaron dentro de las cavidades de *E.*

*vanbrunti*; al agregar el narcótico, estos individuos fueron capturados

accidentalmente junto con la demás fauna acompañante. En el caso de *P.*

*transversus*, es probable que esta especie llegara a la cavidad del erizo durante sus recorridos de pastoreo, en busca de las algas que le sirven de alimento.

*Mithrax denticulatus* y el xántido indeterminado se observaron quietos, ubicados en el fondo de la cavidad, cerca de la zona oral del erizo. Su pequeño tamaño y ubicación sugieren que ingresaron a la cavidad buscando protección contra depredadores.

#### 8.3.3.4. Camarones de la familia Gnatophylliidae y Palaemonidae. *Palaemon* sp.

Estos pequeños camarones fueron observados nadando libremente dentro de algunas cavidades de *E. vanbrunti* que estaban llenas de agua, por lo que se infiere que su presencia allí es accidental, al quedar atrapados durante la bajamar.

Existen registros de camarones palaemónidos comensales de erizos de mar en los Océanos Atlántico e Indo Pacífico; *Stegopontonia commensalis* es uno de ellos.

Se distingue por su cuerpo comprimido y alargado de color negro o púrpura, con tres líneas longitudinales blancas en el dorso. Se encuentra siempre en asociación con los erizos de mar *Diadema* spp., *Echinotrix diadema* y *Astropiga radiata*. Vive entre las espinas, nunca sobre el cuerpo, con el cefalotórax orientado hacia abajo. (STEGOPONTONIA COMENSALIS

<[http://www.jaytorborg.com/commensal\\_shrimp\\_urchin.htm](http://www.jaytorborg.com/commensal_shrimp_urchin.htm)> consulta: 04 marzo 2004). Los camarones Coleman (*Periclimenes colemani*), habitan sobre el erizo de fuego *Astenosoma varium*, y se mueven libremente entre sus espinas venenosas y pedicelarios sin sufrir daño alguno, mientras limpian la superficie del erizo de partículas de desecho. El camarón emperador *Periclimenes imperator* sostiene una relación mutualista con holoturias del género *Actinopyga* (RELATIONSHIPS ON THE REEF. <[underwaterphotos.com/article5.htm](http://underwaterphotos.com/article5.htm)>.

consulta: 05 diciembre 2003), finalmente, se ha reportado a *Periclimenes hirsutus* como comensal del erizo *Astropiga radiata* en fondos arenosos del Indopacífico y el Pacífico Occidental (PERICLIMENES HIRSUTUS <<http://www.edge-of-reef.com/macruri/MACPericlimenescfrectirostrisen.htm>> consulta: 05 diciembre



2003). Aunque *Palaemon* sp. fue observado solamente una vez durante el periodo de muestreo, en base a su comportamiento particular dentro de la cavidad y a la literatura citada, es posible sugerir la existencia de una relación simbiótica entre este crustáceo y el erizo, específicamente comensalista, en donde *Palaemon* sp. busca refugio y protección mimetizándose entre las púas de *E. vanbrunti*.

#### **8.3.3.5. Otros Porcelánidos: *Petrolisthes armatus*, *Pachycheles* sp. y *Megalobrachium* sp.**

Estos porcelánidos suelen habitar bajo rocas, entre grietas, galerías y cavidades que los protejan de la desecación y la depredación, por lo que su presencia dentro de la cavidad puede obedecer a una necesidad fortuita de protección durante la bajamar.

#### **8.3.3.6. *Cantharus ringens* y *Cantharus sanguinolentus*.**

Los buccinidos son gasterópodos carnívoros, y carroñeros (BUCCINIDAE <[http://seashellsofnsw.org.au/Buccininae/Pages/Buccinidae\\_intro.htm](http://seashellsofnsw.org.au/Buccininae/Pages/Buccinidae_intro.htm)> consulta: 04 marzo 2004), se alimentan de bivalvos y poliquetos, entre otros. Es posible que accedieran a la cavidad durante una de sus excursiones de caza.

#### **8.3.3.7. *Chiton stokesii* y nudibranquio indeterminado.**

Es probable que *C. stokesii* llegara a la cavidad durante una de sus excursiones de pastoreo, mientras el nudibranquio indeterminado tal vez utilice las cavidades de *E. vanbrunti* como zona de caza, pues al colectarlo para su identificación, se le

puso en un acuario junto a varios individuos de *C. gorgonensis*, que fueron predados por este organismo (obs. pers.).

#### **8.3.3.8. Poliquetos: familias Oweniidae, Flabelligeridae, Nereididae.**

Los Oweniidos, comúnmente conocidos como “poliquetos de arena”, son sedimentívoros selectivos, o filtradores de partículas en suspensión, las cuales obtienen utilizando una corona prostomial foliácea (Barnes, 1996). Todos son organismos tubícolas, que viven dentro de tubos conformados por partículas de arena, fragmentos de conchas o caparazones de pequeños animales marinos. Teniendo en cuenta estas características y las del sustrato circundante, es poco probable que el individuo encontrado dentro de la cavidad habitase en la misma, por lo que es posible inferir que fue arrastrado allí por el oleaje desde uno de los sustratos arenosos próximos al Acantilado Verde.

Según Fauchald (1977), los Flabelligeridos son excavadores sedentarios que se encuentran impregnados de arena o lodo dentro de una matriz mucosa. Son sedimentívoros que colectan las partículas de alimento utilizando las setas prostomiales o el semicírculo dorsal de filamentos branquiales. Estos organismos no son tubícolas; viven bajo rocas en charcos intermareales, en fondos arenosos, en playas rocosas o en galerías abandonadas de moluscos.

Con base en esta información, es posible proponer que los poliquetos flabelligeridos encontrados dentro de la cavidad del erizo o bien se resguardaban en una galería excavada por ellos mismos, o estaban utilizando como refugio uno de los agujeros hechos por los bivalvos bioerosionadores, sin que necesariamente la cavidad de *Echinometra vanbrunti* sea considerada como su refugio primario.

La familia Nereididae esta conformada por poliquetos errantes de gran tamaño, caracterizada por poseer cuatro ojos y cuatro pares de cirros peristomiales. Presentan diversidad de hábitos alimenticios; algunos son omnívoros, otros carnívoros, otros detritívoros y los demás se alimentan de algas (Barnes, op. cit.). Es probable entonces que este poliqueto estuviera buscando refugio o alimento dentro de la cavidad del erizo o en las galerías de los bioerosionadores presentes dentro de la misma.

#### **8.3.3.9. *Phascolosoma perluscens***

Los sipuncúlidos son animales bentónicos que viven en aguas poco profundas. Algunos viven entre la arena y el fango, y son excavadores activos, mientras otros viven en galerías recubiertas de moco. Otros habitan en grietas del coral, en conchas vacías de moluscos, en tubos de anélidos y en otros refugios. Aparentemente son sedimentívoros no selectivos, y el material particulado lo recogen con sus tentáculos ciliados. *Phascolosoma* es un sipuncúlido horador, que extiende su corona tentacular en la entrada de la galería en la que habita, a fin de obtener las partículas con las que se alimenta. (Barnes, op. cit.). Al ser esta

especie horadora, es probable que tuviera su galería de habitación dentro de la cavidad del erizo. Fue afectada por el aceite de clavo, lo que facilitó su captura.

#### **8.3.3.10. *Ophioderma panamense***

Algunos especialistas en equinodermos consideran a los ofiuroideos como los equinodermos actuales con mayor éxito evolutivo, debido en parte, a su gran movilidad, pequeño tamaño, y a la capacidad de utilizar grietas, agujeros, espacios entre las piedras y otros huecos naturales como refugios (Barnes, op. cit.).

Teniendo en cuenta la información anterior, es probable que los ofiuros buscaran refugio o alimento dentro de la cavidad del erizo. Contrario a los resultados obtenidos por Schoppe (op. cit), quien reportó un porcentaje de ocurrencia del 64,3% para *Ophiotrix* sp. dentro de las cavidades de *E. lucunter*, y propuso una relación de comensalismo en favor del ofiuro, *O. panamense* no parece presentar ningún tipo de relación simbiótica con *E. vanbrunti* y la presencia de los dos individuos dentro de las cavidades puede considerarse como casual.

## 9. CONCLUSIONES

Las características biológicas de *E. vanbrunti* lo condicionan a habitar en zonas del Acantilado Verde que garanticen su supervivencia, al permanecer total o parcialmente cubiertas de agua, pues este equinodermo no presenta adaptaciones que le permitan sobrevivir en lugares expuestos a altas temperaturas, radiación solar constante, poca disponibilidad de humedad y oxígeno; en el eje vertical, la abundancia de erizos decrece a medida que la altura intermareal aumenta, mientras que en el eje horizontal alcanza valores máximos hacia el costado Oeste. Se concluye entonces que la zona intermareal comprendida entre los -0.5 – 0.5 m de altura es la que presenta las condiciones adecuadas para la supervivencia de *E. vanbrunti*, haciéndose óptimas hacia el costado y la base de la pared Oeste del Acantilado Verde, en donde se presentan sus valores máximos de abundancia.

Dentro de un gradiente vertical, *E. vanbrunti* es más abundante hacia las zonas Centro y Oeste del Acantilado Verde, ubicándose preferiblemente en la playa rocosa (zona infralitoral). Esta especie presenta además una zonación horizontal dentro del acantilado, intensificada por la distribución agrupada de tres de las cuatro franjas de altura evaluadas, lo que indica que los erizos explotan parches de alta calidad, por los cuales pueden llegar a competir.

El recurso ofrecido por *E. vanbrunti* a sus acompañantes frecuentes y ocasionales es la protección contra factores ambientales y biológicos adversos durante las horas de bajamar, ya que estos tienden a ser especies frágiles, poco resistentes a

condiciones ambientales extremas y vulnerables a la predación. Estos acompañantes presentan relaciones comensalistas con el equinodermo, pues mientras reciben protección y defensa, no parecen beneficiar ni perjudicar en modo alguno al hospedero.

Mientras el erizo esté presente dentro de la cavidad, esta protección es constante, por lo que la abundancia de acompañantes no difiere durante el día o la noche. La composición de fauna sí presenta diferencias, aunque no muy marcadas, debidas más a los hábitos de cada especie o a las condiciones físicas y ambientales de la zona que a la disponibilidad del recurso.

La abundancia de fauna acompañante decrece con la abundancia de *E. vanbrunti*, por lo que la presencia y tamaño del erizo condicionan la abundancia de fauna presente en sus cavidades. A mayor diámetro de la testa, mayor longitud de las espinas y por ende mayor diámetro de la cavidad, lo que garantiza espacio disponible para que los acompañantes encuentren refugio.

Aunque el porcentaje de cavidades con fauna es alto, ninguna de las especies reportadas dentro de las cavidades se clasificó como permanente. Es probable entonces que no dependan exclusivamente de *E. vanbrunti*, sino que aprovechen el recurso que este les ofrece, al ser abundante y poco limitado en las zona principal de habitación del erizo dentro del Acantilado Verde (franja -0.5 – 0.5).

## 10. LITERATURA CITADA

ALLEN, G.R. & D. R. ROBERTSON. 1998. Peces del Pacífico Oriental Tropical. Ciudad de México. Conabio, Agrupación Sierra Madre y Cemex.

APARICIO, A., C. GÓMEZ, I. RAMÍREZ & J.R. CANTERA. 1991. adaptaciones morfológicas de los moluscos a algunos biotopos intermareales en la costa pacífica Colombiana en: XXVI CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. 1991. Barranquilla. 166p.

BAEZA, J. A., W. STOTZ & M. THIEL. 2002. Agonistic behaviour and development of territoriality during ontogeny of the sea anemone crab *Allopetrolisithes spinifrons* (H. Milne Edwards, 1837) (Decapoda: Anomura: Porcellanidae). *Marine and Fresh Waters Behaviour Physiology* 35(4): 189 – 2002.

BARNES, R. 1996. Zoología de los invertebrados. México, McGraw-Hill Interamericana.

BRUSCA, R.C. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. University of Arizona. Tucson, Arizona.

CABRERA PEÑA, J., M. PROTTI QUESADA, M. URRIOLO HERNANDEZ, O. SAENS VARGAS & R. HIDALGO ALFARO. 2001. Tallas y fecundidad de *Juxtafabia muliniarum* (Brachyura: Pinnotheridae) asociado con *Saccostrea palmula* (Bivalvia: Ostreidae). *Revista de Biología Tropical* 49(3 – 4).

CAMPOS - GONZÁLEZ, E. & L. MACÍAS – CHÁVEZ. 1987. Fases posplanctónicas de *Petrolisthes armatus* (Gibbes) (Decapoda, Porcellanidae) comensales con la lapa *Crucibulum (Crucibulum) spinosum* (Sowerby) (Gastropoda, Caliptraeidae) en el Alto Golfo de California, México. *Revista de biología tropical*, 35(2): 241 – 244.

CAMPOS - GONZÁLEZ, E. & F. SOLÍS – MARÍN. 1998. New records of crabs (Pinnotheridae) symbiotic with irregular echinoids in Cuba. *Caribbean Journal of Science*, 34(3 – 4): 329 – 330.

CANTERA, J.R. 1991. Etude structurales des mangroves et des peuplements littoraux des deux baies du pacifique colombien (Málaga et Buenaventura): rapport avec les conditions du milieu et les perturbations anthropiques. Thèse d'Etat sciences. Marseille, France, Université d'Aix Marseille.

CANTERA, J.R. & J.F. BLANCO. 1995. discusión taxonómica sobre las especies de *Litophaga* perforadoras de acantilados terciarios en la costa pacífica Colombiana. Pags. 110-126 en: Delta del Rio San Juan, Bahía de Málaga y

Buenaventura, Pacífico Colombiano. Colciencias, Universidad EAFIT, Medellín, y Universidad del Valle, Cali.

CANTERA, J. R., R. NEIRA. y C. RICAURTE. 1998. Bioerosión en la costa Pacífica Colombiana: un estudio de la biodiversidad, la ecología y el impacto de los animales destructores de acantilados rocosos sobre el hombre. Fondo FEN Colombia. 133 p.

CASTELLANOS, G. A. 2003. Interacciones tróficas y espaciales de un ensamble de peces de charcos intermareales en un acantilado rocoso tropical, Bahía Málaga, Pacífico Colombiano. Tesis de Pregrado. Cali – Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 88 p.

CUELLAR, J.L. 2001. Relación entre la abundancia de tres posibles presas (balanos, lapas y neritas) y la distribución de *Thais melones* (Gastropoda: Muricidae) en un acantilado intermareal de Isla de Palma, Pacífico Colombiano. Tesis de Pregrado. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 41 p.

FAUCHALD, K. 1977. Polychaetes from intertidal areas in Panama, with a review of previous shallow-water records. *Smithsonian Contributions to Zoology* 221: 1-81.

GARCIA – MADRIGAL, M. 1999. Anomuros (Anomura) del arrecife de Cabo Pulmo – Los Frailes y alrededores, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 47(4): 923 – 928.

GARCIA-MADRIGAL, M. 2000. Cangrejos braquiuros (Brachyura) de la bahía de Maruata, Michoacán, México. *Revista de Biología Tropical* 48(1): 181-191.

GIRALDO, A., C. GOMEZ & F. ZAPATA. 1992. Variaciones morfológicas intermareales de algunos gasterópodos en las playas rocosas de alta y baja energía en Bahía Málaga en: VII SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR y CONGRESO CENTROAMERICANO Y DEL CARIBE EN CIENCIAS DEL MAR. 1991. Santa Marta.

GIRALDO A. & C. GOMÉZ. 1993. variaciones morfológicas de la concha de *Siphonaria maura* (Basommatophora: Siphonariidae) en la Bahía de Málaga, Pacífico Colombiano en: V CONGRESO LATINOAMERICANO SOBRE CIENCIAS DEL MAR. 1993. México.

GIRALDO A. 1995. Variaciones morfológicas intraespecíficas de algunas especies de gasterópodos patelados en tres localidades del Pacífico Colombiano. Tesis de Pregrado. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias.

GIRALDO, A. 1996. Respuesta morfométrica de la concha de *Scurria mesoleuca* a variaciones en la exposición a las olas y la densidad de gasterópodos herbívoros



en: XXXI CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. 1996. Riohacha, Colombia.

GORE, R. H. & L. G. ABELE. 1976. Shallow water porcelain crabs from the Pacific coast of Panama and adjacent Caribbean waters (Crustacea, Anomura, Porcellanidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*. 237: 1-30.

GREEN, R. H. 1966. Measurement of non – randomness in spatial distributions. *Researches on Population Ecology* 8: 1 – 7.

HAIG, J., 1960. The porcellanids (Crustacea: Anomura) of the Eastern Pacific. *Allan Hancock Pacific Expeditions*. 24: 1 - 440.

KREBS, Ch. J. 1999. *Ecological Methodology*. Menlo Park, California. Addison Wesley Longman.

LEWIS, J.R. 1964. *The ecology of rocky shores*. English University Press. Londres, 323 pp.

LITTLE, C. & J. A. KITCHING. 1996. *The biology of rocky shores*. Oxford University Press. New York, 240 pp.

MORISITA, M. 1962. Id-Index, a measure of dispersion of individuals. *Researches on Population Ecology* 4:1-7.

NAVARRETE, A & J.R. CANTERA. 1995. Estudio preliminar sobre el comportamiento de “homing” en *Littorina aspera*, gasterópodo de los acantilados de la Isla de Palma. Págs. 170-180 en: Delta del Río San Juan, Bahía de Málaga y Buenaventura, Pacífico Colombiano. Colciencias, Universidad EAFIT, Medellín, y Universidad del Valle, Cali.

NEIRA, R. & H. VON PRAHL. 1986. Notas sobre los equinodermos. Págs. 29 – 57 en: M. Alberico y H. Von Prahl (eds.). *El redescubrimiento de Gorgona*. Biblioteca banco popular, textos universitarios, Bogotá.

PABON, J. D., P. E. ROJAS, J. E. MONTEALEGRE, R. KIM, J. L. CEBALLOS, N. MARTINEZ & E. ÑAÑEZ. 1998. *El Océano*. p 149-169. en: LEYVA, P. (ed). *El medio ambiente en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Bogotá.

PARDO, L. M., D. VELIZ, I. WEHRTMANN & K. ANGER. 1997. Efecto de periodos de ayuno en el crecimiento de la zoea I de *Petrolisthes violaceus* (Guerin 1831) (Decapada: Anomura: Porcellanidae). *Investigaciones Marinas de Valparaíso* 25: 255 – 262.

- PARDO, R. 1989. Estudio taxonómico y ecológico de los principales grupos de equinodermos del litoral pacífico colombiano. Tesis de pregrado. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 177p.
- PUGLISI, J. 2003. Algas y Lapas: estudio de la estructura de la comunidad en la zona intermareal de un acantilado rocoso, Isla Palma, costa Pacífica Colombiana. Tesis de pregrado. Cali – Colombia, Universidad del Valle, Departamento de Biología. 68 p.
- RICAURTE, C. 1995. Bioerosión de acantilados terciarios en las bahías de Málaga y Buenaventura: principales especies y mecanismos de perforación. Tesis de Pregrado. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias.
- RICAURTE, C., J.R. CANTERA & G.E. RAMOS. 1995. Crustáceos asociados a bioerosión de acantilados en las bahías de Málaga y Buenaventura, Pacífico Colombiano. Págs. 75-91. en: Delta del Río San Juan, Bahía de Málaga y Buenaventura, Pacífico Colombiano. Colciencias, Universidad EAFIT, Medellín, y Universidad del Valle, Cali.
- SCHOPPE, S. 1991. *Echinometra lucunter* (Linnaeus) (Echinoidea, Echinometridae) as host of a complex association in the Caribbean Sea. *Helgol-Meeresunters* 45(3): 373 - 379
- SMITH – GILL, S.J. 1975. Cytophysiological basis of disruptive pigmentary patterns in the leopard frog *Rana pipiens*. II. Wild type and mutant cell specific patterns. *Journal of Morphology* 146. 34-54
- TORO - FARMER, G.A. 1998. Estimación de la intensidad bioerosionadora de los erizos (Echinodermata) en un arrecife coralino de la Isla Gorgona-Pacífico colombiano. Tesis de Pregrado. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. 53p.
- WEST, L. 1998. Prey selection by the tropical snail *Thais melones*: a study of interindividual variation. *Ecology* 69(6): 1839 – 1854
- WERDING, B. 1977. Los porcelánidos (Crustácea: Anomura: Porcellanidae) de la región de Santa Marta, Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín* 9: 173 – 214.
- WERDING, B. 1978. Los porcelánidos (Crustácea: Anomura: Porcellanidae) de la región de Acandí (Golfo de Urabá), con algunos encuentros nuevos de la región de Santa Marta (Colombia). *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín* 10: 213 – 221
- WERDING, B., HAIG, J. 1982. The porcellanid crabs of the Isla Gorgona, Pacific coast of Colombia, with a description of *Clastotoechus gorgonensis* sp. nov.

(Crustacea: Anomura). Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta  
Betin 12: 57 - 70