



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**Relaciones entre el erizo de mar *Echinometra lucunter*
(Echinodermata: Echinoidea) y su fauna acompañante en la
zona intermareal de la plataforma rocosa de la Playa de Cepe,
Estado Aragua**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller **Raibel Zelideth Núñez González** como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología.

Tutora: Sheila Marques Pauls

Caracas, Venezuela.
Octubre de 2013.

Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado “Relaciones entre el erizo de mar *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) y su fauna acompañante en la zona intermareal de la plataforma rocosa de la Playa de Cepe, Estado Aragua”, presentado por la Br. Raibel Zelideth Nuñez González, titular de la Cédula de Identidad no. 18.304.172, a los fines de cumplir con el requisito para optar al título de Licenciado en Biología, consideramos que este trabajo cumple con los requisitos exigidos por esta Casa de Estudios y es aprobado en nombre de la Universidad Central de Venezuela por el Jurado examinador, abajo firmantes, en la ciudad de Caracas a los 22 días del mes de octubre de 2013.



Prof. Sheila Marques Pauls

C.I. 80.852.308

TUTOR



Prof. Beatriz Vera

C.I. 3.711.677

JURADO



Prof. Nicda Noriega

C.I. 11.036.723

JURADO

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada debo agradecer a mis padres quienes siempre han sido un ejemplo de constancia y responsabilidad, a quienes admiro por su experiencia y por su apoyo incondicional, que me enseñaron que uno debe ser quien quiera ser, que el esfuerzo vale más que muchas cosas, que no hay que rendirse y que las metas son alcanzables si te lo propones. Los amo!

A mis ángeles, mi Nonna y mi Abuela, quienes aunque ahora no están físicamente presentes me han acompañado en todas las cosas que he hecho en la vida, y que el recordar sus sonrisas y las palabras de aliento en mi mente me han hecho seguir adelante.

También debo agradecer a Dios y a la Virgencita del Valle.

A Sheila, quién estuvo conmigo desde antes de comenzar la tesis, orientándome en la carrera, quien me brindó su opinión como docente y como amiga, con quien comparto esa curiosidad infinita sobre la vida marina y con quien pude aprender cosas inimaginables de la Biología, y que hizo posible este sueño de hacer la tesis. Gracias por siempre por ser mi soporte académico y profesional en toda esta última etapa de mi carrera.

A mis familiares, mis hermanos/primos, mis tíos y padrinos, mi abuela Leila, a Eguita, que han hecho feliz mi vida y que siempre han estado conmigo en mis éxitos y decepciones, especialmente mi prima Ivy que desde el día en que me dijo “prima quedaste en la UCV” (y lloramos juntas de felicidad por teléfono) me ha acompañado en la carrera, y mi ahijada Ash quien no tiene ni idea de cómo me hace sonreír en todo momento.

A mis amigos, del colegio y de la Universidad, compañeros de tragos espirituosos, de salidas de campo, de rumbas, de momentos sentimentales, de la mejor experiencia que he tenido a la cual llamamos Universidad, símbolo de universalidad y pluralidad de pensamiento, de experiencias y de sentimientos.

A todos aquellos que han sido parte de mi formación como persona, como biólogo, que han estado conmigo en distintos momentos. GRACIAS: Kimberlyn F., Eleinis A., Carolina C., Alejandro A., Jennifer T., Erick M., Yaremis C., Migdelys A., Alicia S., Roberto A., Yurexi M., Francisco S., Cristina A., Dora P., Aintzane I., y otros que ahorita sus nombres no coloco pero que estuvieron presentes. Hay dos personas que no nombro en esta lista porque salta a la vista su importancia, que aparte de ser mis amigos, confidentes y todo lo otro que nombre antes, fueron mis ayudantes de campo, los mejores que pude tener! que me ofrecieron su ayuda y se enfrentaron a este reto que se llama TESIS como si fuera su reto propio, que me ayudaron a esclarecer ideas en momentos de oscuridad en la parte creativa, quienes se dieron trancazos infinitos y quedaron con espinas de erizos en todos lados y salieron sonriendo (hasta que me toco sacárselas jaja), Robert G. (Bob el constructor) y Pedro (Pascal) C.

¡Los quiero infinitamente!

A algunos de los profesores que sembraron en mí la curiosidad y la pasión de ser un científico, que me dieron ánimos durante la carrera y que fueron parte importante en mi formación profesional. Gracias a Maribe Raymunde, Lourdes Suárez, Roschman González, Marcia Toro, Ismael Hernández, Wilmer Tezara, Zaida Tarano, Roxana Gajardo, Jorge Perez, Luis G. Morales, César Molina, J. A. León, entre otros.

También a profesores que me ayudaron a alcanzar exitosamente algunos de mis objetivos de Tesis: Prof. Santiago Marrero (ICT), Roschman González (CME), Lourdes Suarez (IZET), Oscar Lasso-Alcalá (MHN La Salle), Nicida Noriega (USB) y Beatriz Vera (IBE).

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
Asociaciones entre organismos	3
Interacciones mutualísticas y neutras	4
Erizos como refugio para algunos organismos.....	5
ANTECEDENTES.....	7
Organismo de estudio.....	7
Asociaciones de organismos con especies del género <i>Echinometra</i>	8
IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	11
OBJETIVOS	11
Objetivo General	11
Objetivos específicos	12
ÁREA DE ESTUDIO	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Composición geoquímica de la roca de la plataforma	14
Trabajo de campo	15
<i>Delimitación de las zonas y sectores de la plataforma</i>	15
<i>Parámetros hidrográficos</i>	16
<i>Determinación de la densidad de erizos</i>	17
<i>Echinometra lucunter y su fauna acompañante</i>	18
Trabajo de laboratorio	21
Análisis de datos	21
Análisis estadísticos	22
RESULTADOS.....	26
Composición geoquímica de la roca de la plataforma	26
Parámetros ambientales.....	27

<i>Salinidad</i>	27
<i>Temperatura del agua</i>	28
<i>Hidrodinamismo</i>	31
Abundancia y distribución de <i>Echinometra lucunter</i> en la plataforma	34
Erizos evaluados por zonas y sectores	36
Características de los erizos	36
Características de las cavidades de <i>Echinometra lucunter</i>	38
Relación entre las características de <i>Echinometra lucunter</i> y sus cavidades	42
Prevalencia de especies asociados a <i>Echinometra lucunter</i>	43
Organismos asociados a <i>Echinometra lucunter</i>	44
<i>Riqueza y composición de especies</i>	44
<i>Abundancia de los organismos asociados a los erizos <i>Echinometra lucunter</i></i>	50
<i>Índices de Diversidad y Equidad</i>	57
<i>Número de especies asociadas por erizos</i>	59
<i>Análisis multivariados</i>	61
DISCUSIÓN	66
Composición de la roca de la plataforma	66
Parámetros ambientales	66
Tamaño y densidad de <i>Echinometra lucunter</i>	67
Coloración de <i>Echinometra lucunter</i>	70
Relación entre cavidades y <i>Echinometra lucunter</i>	72
Organismos asociados a <i>Echinometra lucunter</i>	72
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	87

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Individuo de Echinometra lucunter y algunos organismos asociados: A) Acyrtus rubiginosus, B) Ophiothrix synoecina y C) Clastotoechus vanderhorstii. (Tomado y modificado de Schoppe y Werding, 1996)</i>	9
<i>Figura 2. Ubicación de la playa de Cepe y de la plataforma rocosa. (Mapa tomado y modificado de maps.google.co.ve, e imagen de satélite tomada de Google Earth, 15/05/2012).</i>	13
<i>Figura 3. Representación esquemática de las zonas y sectores de muestreo dentro de la plataforma rocosa de Cepe. Paralelo a la costa se ubican las 3 zonas (pozas de marea, zona intermedia y zona de rompiente) y perpendicular a la costa los 3 sectores (occidental, central y oriental).</i>	16
<i>Figura 4. Bolsa de malla utilizada para la captura de los individuos asociados a Echinometra lucunter dentro de las cavidades del mismo erizo.</i>	18
<i>Figura 5. Diámetros medidos en los caparazones de los individuos de Echinometra lucunter. A) Diámetro menor (2) y diámetro mayor (3) del caparazón, y B) Altura del caparazón. (Tomado y modificado de Moss y Meehan, 1968).</i>	20
<i>Figura 6. Imagen de la muestra de los residuos obtenidos posterior a la digestión de los carbonatos, vista en un microscopio óptico, con un aumento de 4x.</i>	27
<i>Figura 7. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 8 de diciembre de 2012.</i>	29
<i>Figura 8. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 9 de diciembre de 2012.</i>	29
<i>Figura 9. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 20 de diciembre de 2012.</i>	30
<i>Figura 10. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 21 de diciembre de 2012.</i>	30
<i>Figura 11. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 22 de diciembre de 2012.</i>	31

<i>Figura 12. Índices de disolución de las barra de tiza correspondientes a las pozas de marea (PM), durante el muestreo. Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color verde corresponden al sector oriental (OR).</i>	32
<i>Figura 13. Índices de disolución de las barra de tiza correspondientes a la zona intermedia (ZI), durante el muestreo. Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color verde corresponden al sector oriental (OR). (*: Tiza perdida por acción del oleaje)</i>	32
<i>Figura 14. Índices de disolución de las barra de tiza correspondientes a la zona de rompiente (ZR), durante el muestreo. Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color verde corresponden al sector oriental (OR).</i>	33
<i>Figura 15. Medias con errores estándar de los Índices de disolución de las barras de Tiza (IDT) correspondientes a las zonas y sectores de la plataforma rocosa. (pozas de marea (PM), zona intermedia (ZI) y zona de rompiente (ZR). Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color rojo al sector oriental (OR).</i>	33
<i>Figura 16. Densidades promedio del erizo Echinometra lucunter en la plataforma rocosa de Cepe en 12 bandas transectas paralelas a la costa: transecta I ubicada en la zona de rompiente, hasta la transecta XII ubicada en la zona de pozas de marea junto a la costa. Las barras indican el error estándar de los datos. ..</i>	35
<i>Figura 17. Densidades promedio del erizo Echinometra lucunter en la plataforma rocosa de Cepe en 12 bandas transectas perpendiculares a la costa: transecta I ubicada en Sector Occidental, hasta la transecta 11 ubicada en Sector Oriental. Las barras indican el error estándar de los datos.</i>	35
<i>Figura 18. Análisis de correlación entre el diámetro mayor y menor del caparazón de Echinometra lucunter en la plataforma rocosa de Cepe (n=103).</i>	36
<i>Figura 19. Análisis de correlación entre el diámetro mayor del caparazón y el volumen corporal de Echinometra lucunter en la plataforma rocosa de Cepe (n=101).</i>	37
<i>Figura 20. Proporción (%) de colores del caparazón de Echinometra lucunter clasificados en rojo y negro, en las distintas zonas y sectores de la plataforma de Cepe. PM: pozas de marea, ZI: zona intermedia, ZR: zona de rompiente, OC: sector occidental, C: sector central y OR: sector oriental.</i>	37
<i>Figura 21. Proporción (%) de colores de las espinas de Echinometra lucunter clasificados en 4 colores: rojo, marrón, verde y negro, en las distintas zonas y sectores de la plataforma de Cepe. PM: pozas de marea, ZI: zona intermedia, ZR: zona de rompiente, OC: sector occidental, C: sector central y OR: sector oriental.</i>	38

<i>Figura 22. Análisis de correlación entre los diámetros (mayor y menor) de las cavidad redondeadas ocupadas por el erizo Echinometra lucunter en la plataforma rocosa de Cepe (n=63).</i>	40
<i>Figura 23. Análisis de correlación entre los diámetros de las cavidades redondeadas ocupadas por el erizo Echinometra lucunter y la profundidad de las mismas en la plataforma rocosa de Cepe (n= 63). A) Diámetro mayor y B) diámetro menor.</i>	41
<i>Figura 24. Análisis de correlación entre el diámetro A) mayor y B) menor de las cavidades redondeadas Echinometra lucunter y la profundidad del agua en la plataforma rocosa de Cepe (n= 103).</i>	41
<i>Figura 25. Análisis de correlación entre el diámetro mayor de Echinometra lucunter y la profundidad de las cavidades ocupadas en la plataforma rocosa de Cepe (n=103).</i>	42
<i>Figura 26. Análisis de correlación entre el volumen de Echinometra lucunter y la profundidad de las cavidades ocupadas en la plataforma rocosa de Cepe (n=101).</i>	42
<i>Figura 27. Prevalencia de organismos asociados al cuerpo del erizo Echinometra lucunter o a su cavidad (n= 103).</i>	43
<i>Figura 28. Número de especies por grupos taxonómicos asociados a Echinometra lucunter en la plataforma de Cepe. Los valores sobre las barras indican el número de especies de cada grupo.</i>	46
<i>Figura 29. Curva de acumulación de especies asociadas al erizo Echinometra lucunter y curvas estimadas por el programa EstimateS, con 100 aleatorizaciones de los erizos evaluados.</i>	47
<i>Figura 30. Número de especies asociadas a Echinometra lucunter en las 3 zonas de la plataforma rocosa: pozas de marea (PM), zona intermedia (ZI) y zona de rompiente (ZR).</i>	48
<i>Figura 31. Número de especies asociadas a Echinometra lucunter en los zonas y sectores de la plataforma rocosa (PM: pozas de marea, ZI: zona intermedia y ZR: zona de rompiente).</i>	48
<i>Figura 32. Comparación de las medias y desviaciones estándar de los valores de riqueza promedio correspondientes a las zonas y sectores de la plataforma rocosa: (Pozas de marea (PM) de color azul, zona intermedia (ZI) de color rojo y zona de rompiente (ZR) de color verde, sector occidental (OC) y sector oriental (OR).</i>	49
<i>Figura 33. Frecuencia de aparición (%) de las especies asociadas a Echinometra lucunter en la plataforma rocosa de la playa de Cepe. Los colores indican los grupos taxonómicos a los cuales pertenecen: cnidarios (rojo), platyhelminths (amarillo), crustáceos (verde claro), anélidos (verde oscuro), moluscos (azul claro), equinodermos (azul oscuro) y peces (morado).</i>	50

<i>Figura 34. Frecuencia de aparición (%) de las especies asociadas con individuos de Echinometra lucunter en los sectores Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR) de la zona de pozas de marea (PM) de la plataforma rocosa.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 35. Frecuencia de aparición (%) de las especies asociadas con individuos de Echinometra lucunter en los sectores Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR) de la zona intermedia (ZI).</i>	<i>52</i>
<i>Figura 36. Frecuencia de aparición de las especies asociadas con individuos de Echinometra lucunter en los sectores Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR) de la zona de rompiente (ZR) de la plataforma rocosa.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 37. Índices de diversidad de Simpson y Shannon calculados para cada una de las zonas (PM= Poza de marea, ZI= zona intermedia y ZR= zona de rompiente) y sectores de la plataforma rocosa.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 38. Índice de Equidad de Pielou (J) calculados para cada una de las zonas (PM= Poza de marea, ZI= zona intermedia y ZR= zona de rompiente) y sectores de la plataforma rocosa.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 39. Número de especies asociadas por erizo (%) evaluadas en la plataforma rocosa de Cepe (n=103). Los números sobre las barras indican el porcentaje de erizos con ese número de especies asociadas al erizo.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 40. Análisis de correlación entre el diámetro mayor del erizo y la riqueza de especies asociadas a Echinometra lucunter en la plataforma rocosa de Cepe (n=103).</i>	<i>60</i>
<i>Figura 41. Análisis de Componentes Principales (PCA) realizados con matriz de correlación, y mostrando la ordenación bidimensional de las 3 zonas de la plataforma a lo largo de los dos primeros componentes principales. Los vectores representan las variables de los datos de los erizos (diámetro mayor), las características de las cavidades (profundidad de la cavidad, profundidad de la columna de agua, distancia a la costa) y la riqueza de organismos asociados a cada muestra. Los puntos azules representan muestras de la zona intermedia, los verde de la zona de pozas de marea y el rosado representa la zona de rompiente.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 42. Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado con matriz de correlación, de las variables asociadas a la ubicación de los erizos (zonas y sectores de la plataforma rocosa, y profundidad de las cavidades) con la frecuencia de aparición de cada una de las especies asociadas al erizo.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 43. Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado con matriz de correlación, de las variables asociadas al erizo (diámetro, altura y color del caparazón y espinas) con la aparición de cada una de las especies asociadas al erizo.</i>	<i>65</i>

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Resultados del análisis de la reacción con HCl (4M) de las muestras A y B con sus respectivas réplicas (A' y B'). Pf= papel de filtro.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. Valores promedio de salinidad y desviaciones estándar de los mismos, por salida de campo. (n= número de muestras).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3. Resultados de la prueba de ANOVA (una vía) de la comparación del índice de disolución de las barras de tiza (IDT) en seis áreas de la plataforma rocosa. Nivel de significancia del 95%.</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4. Prueba a posteriori de Tukey de comparación de probabilidades de pares de medias de las 6 áreas de la plataforma rocosa (PM: poza de marea, ZI: zona intermedia, ZR: zona de rompiente, OC: occidental, OR: oriental).</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5. de erizos evaluados por zonas y sectores de la plataforma rocosa.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6. Porcentajes promedio de los colores del caparazón (negro y rojo) y de las espinas (negro, marrón, rojo y verde) del erizo Echinometra lucunter.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 7. Número de cavidades redondeadas e irregulares evaluadas en las 3 zonas de la plataforma de Cepe: pozas de marea (PM), zona intermedia (ZI) y zona de rompiente (ZR).</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 8. Número de cavidades redondeadas e irregulares evaluadas en los 3 sectores de la plataforma de Cepe: Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR).</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 9. Número de Echinometra lucunter en los cuales se registraron organismos asociados tanto a su cuerpo como a sus cavidades y número de erizos en los que no se observaron organismos asociados en las 9 áreas de la plataforma (n= 103).</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 10. Número y proporción de Echinometra lucunter con y sin organismos asociados tanto a su cuerpo como a sus cavidades por zonas y sectores de la plataforma (n= 103).</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 11. Especies encontradas asociadas al erizo Echinometra lucunter en los muestreos en la plataforma rocosa de Cepe. (Juv= juvenil).</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 12. Resultados del análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis para la determinación de diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza de especies por zonas y sectores de la plataforma rocosa. H= 7,157; Hc= 7,476; p= 0,4127.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 13. Organismos asociados a Echinometra lucunter presentes en 2 o más sectores de la zona de pozas de marea de la plataforma rocosa.....</i>	<i>51</i>

<i>Tabla 14. Organismos asociados Echinometra lucunter presentes en 2 o más sectores de la zona intermedia de la plataforma rocosa.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 15. Organismos asociados a Echinometra lucunter presentes en 2 o más sectores de la zona de rompiente de la plataforma rocosa.</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 16. Abundancia de los organismos asociados a los individuos de Echinometra lucunter en la zona de pozas de marea de la plataforma rocosa en base a los índices de abundancia absoluta y de frecuencia de aparición, y clasificados de acuerdo a la abundancia.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 17. Abundancia de los organismos asociados a los individuos de Echinometra lucunter en la zona intermedia de la plataforma rocosa en base a los índices de abundancia absoluta y de frecuencia de aparición, y clasificados de acuerdo a la abundancia.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 18. Abundancia de los organismos asociados a los individuos de Echinometra lucunter en la zona de rompiente de la plataforma rocosa en base a los índices de abundancia absoluta y de frecuencia de aparición, y clasificados de acuerdo a la abundancia.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 19. Número de especies asociadas al erizo evaluado en las zonas y sectores de la plataforma de Cepe.</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 20. Porcentaje del número de especies asociadas al erizo evaluado en las zonas y sectores de la plataforma de Cepe.</i>	<i>59</i>

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Algunos organismos sésiles fotografiados en las cavidades de *Echinometra lucunter*: A) *Eoacmaea pustulata*, B) *Melanella sp.* y C) juveniles de *Echinometra lucunter*. 87
- Anexo 2. Coloración más común reportada en los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de la Playa de Cepe: A) Caparazón y espinas rojas, B) Caparazón rojo y espinas marrones, C) Caparazón rojo y espinas negras y D) Caparazón y espinas negras. 87
- Anexo 3. Difractograma resultante del análisis de la composición de la roca de la muestra A de la plataforma de Cepe, generado por el análisis de Difracción de rayos X. 88
- Anexo 4. Fotografías de algunas de las cavidades donde fueron encontrados los individuos de *Echinometra lucunter* muestreados en el presente estudio. A) Cavidades irregulares, B) Cavidades poco redondeadas, C) Cavidades redondeadas con el fondo constituido principalmente de algas calcáreas y roca desnuda, D) Cavidades redondeadas con algas filamentosas en el fondo y paredes de la misma y E) Cavidades redondeadas con el fondo constituido principalmente por fragmentos de cuarzo y algas calcáreas. 89
- Anexo 5. *Platyhelminthes* de vida libre, *Armatoplana cf. divae*, encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. 90
- Anexo 6. Anfípodos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) y C) Familia *Ampithoidae* y B) Familia *Eusiridae*. (Ejemplares preservados en alcohol) 90
- Anexo 7. Cangrejos ermitaños encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A- C) *Clibanarius tricolor* en diferentes conchas de gastrópodos, B) *Calcinus tibicen*. (Ejemplares preservados en alcohol). 90
- Anexo 8. Cangrejos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A)-B) *Teleophrys ornatus*, C) *Acanthonyx petiverii*, D) Juvenil de *Panopeus sp.*, y E) Juvenil de *Petrolisthes armatus*. (Ejemplares preservados en alcohol). 91
- Anexo 9. Gastrópodos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) *Mitrella ocellata*, B) *Nitidella nitida*, C) *Nitidella laevigata*, D) *Gemophos tinctus*, E) *Vexillum puella*, F)-G) *Heliacus cylindricus*, H) *Vasula deltoidea* y I) *Nerita fulgurans*. (Ejemplares preservados en alcohol). 92
- Anexo 10. Otros moluscos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) *Eoacmaea pustulata*, B) *Lottia antillarum*, C) *Isognomon sp.*, D) *Dolabrifera dolabrifera*. (A-C: ejemplares preservados en alcohol, D: ejemplar vivo en campo). 93

<i>Anexo 11. Juveniles de erizos de mar encontrados en asociación con los erizos Echinometra lucunter en la plataforma rocosa. A) Lytechinus variegatus y B) Diadema antillarum. (Organismos vivos en campo)</i>	<i>93</i>
<i>Anexo 12. Ofiuroideos encontrados en asociación con los erizos Echinometra lucunter en la plataforma rocosa. A) Ophiothrix synoecina. vista oral, B) Ophiothrix synoecina. vista aboral, C) Ophioderma brevicauda.(Ejemplares preservados en alcohol).</i>	<i>94</i>
<i>Anexo 13 Pepino de mar Holothuria grisea encontrado en asociación con los erizos Echinometra lucunter en la plataforma rocosa. (Ejemplar vivo).</i>	<i>94</i>
<i>Anexo 14. Peces encontrados en asociación con Echinometra lucunter durante el muestreo en la plataforma de Cepe. A) Abudedefduf saxatilis, B) Malacoctenus sp. y C) y D) Gobiosoma multifasciatum.....</i>	<i>95</i>
<i>Anexo 15. Resultados de la Prueba de Independencia del estadístico χ^2 para los valores de los índices de disolución de barras de tiza generados entre zonas (pozas de marea, zona intermedia y zona de rompiente) y sectores (occidental y oriental) de la plataforma rocosa, realizados con el programa PAST.</i>	<i>96</i>
<i>Anexo 16. Resultados de la Prueba de Normalidad de los datos de de los índices de disolución de barras de tiza (IDT).</i>	<i>96</i>

RESUMEN

Los litorales rocosos presentan variaciones extremas de factores ambientales como el oleaje, estimulando diversos organismos a buscar refugio. Los erizos del género *Echinometra* bioerosionan los substratos rocosos produciendo cavidades que sirven de protección a los erizos y a otros organismos ante factores ambientales adversos. Debido a esto, se evaluó algunos factores de la estructura comunitaria como riqueza, diversidad, abundancia, y distribución de los organismos asociados al erizo de mar *Echinometra lucunter* en sus cavidades en la plataforma rocosa de la playa de Cepe, Estado Aragua. Se realizaron 4 muestreos donde se evaluó la composición de la roca de la plataforma, la densidad de erizos adultos (diámetro grande de caparazón ≥ 3 cm) con cuadratas de 1 m^2 , la variación individual de los erizos (color, tamaño y volumen) y tamaño de sus cavidades. Además, se determinaron parámetros ambientales locales como profundidad, salinidad, temperatura e hidrodinamismo sobre la plataforma. Se evaluaron 103 individuos de *E. lucunter* en 9 áreas (3 zonas y 3 sectores) de la plataforma. La plataforma rocosa está conformada por areniscas de grano fino (principalmente de cuarzo) cementados por una matriz calcárea. La salinidad estuvo dentro de los valores normales (33,5-35,67‰); la temperatura osciló entre 26,9- 29,19 °C, habiendo un incremento notorio en las horas del mediodía. El hidrodinamismo (estimado como un índice de disolución de una barra de tiza) fue mayor al reportado en otras zonas del litoral central, debido a la alta energía del oleaje que presentaba la plataforma durante los meses de muestreo. La densidad de erizos en la plataforma varió de 1 a 156 ind/ m^2 de acuerdo a la zona muestreada, siendo el promedio de erizos 29,6 ($\pm 32,37$) ind/ m^2 , presentando sus más altos valores hacia la zona de rompiente con un máximo promedio de 43,17 ($\pm 41,251$) ind/ m^2 y los menores junto a la costa 0,3 ($\pm 0,4$) ind/ m^2 . El 61,17% de las cavidades evaluadas eran redondeadas, indicando que fueron formadas por los propios erizos. Los diámetros de los erizos presentaron una relación positiva y significativa ($r^2=0,8856$; $p=2,34\text{E-}49$) al igual que el diámetro mayor y el volumen del erizo ($r^2=0,7005$; $p=3,79\text{E-}27$). Tanto en el caparazón como en las espinas, el color predominante fue el negro (caparazón: 59,20, y espinas: 77,86). La relación entre la profundidad de la cavidad y el diámetro mayor de los erizos fue positiva y no significativa ($r^2=0,0201$; $p=0,315$). El 82,5% de los erizos tenían organismos asociados, siendo la zona intermedia y el sector central los que obtuvieron una mayor prevalencia (84,6 % en ambos casos). Se capturaron 46 spp asociadas al erizo, distribuidas en 7 grupos taxonómicos, siendo los moluscos los más diversos (19 spp). Las especies más frecuentes fueron el gastrópodo *Mitrella ocellata* (29,1%), el ermitaño *Clibanarius tricolor* (22,7%) y el ofiuroideo *Ophioderma brevicauda* (22,7%). La zona de la plataforma con la mayor riqueza de especies asociadas al erizo fue la zona intermedia, donde las condiciones ambientales poseen valores intermedios con respecto a las otras dos zonas. La abundancia de especies entre zonas y sectores de la plataforma varió debido a las características ambientales de las mismas, y pocas especies alcanzaron una frecuencia de aparición mayor al 10%. El mayor valor del índice de diversidad de Shannon y de Simpson fue en la zona intermedia, y el de equidad de Pielou fue en la zona de rompiente, ambos en el sector occidental. El número de especies asociadas por erizo varió entre 1 y 6, siendo lo más frecuente 1 o 2 especies asociadas. La correlación entre la riqueza de especies y el diámetro mayor del erizo fue positiva y no significativa ($r^2=0,017$; $p=0,19$). Las características ambientales como el hidrodinamismo y la heterogeneidad morfológica del substrato son los factores que parecen estar determinando la distribución y abundancia de los erizos y sus organismos asociados.

INTRODUCCIÓN

La estructura de las comunidades en los litorales rocosos está determinada por la compleja interacción entre los factores bióticos y abióticos. Los organismos de los litorales rocosos, de la zona intermareal están expuestos a un amplio intervalo de variación de factores físicos como lo son el oleaje, las mareas, la temperatura del agua y el sustrato en el cual se encuentran, siendo la temperatura el factor que más influye sobre la distribución de las poblaciones a nivel mundial, y mientras que el oleaje y las mareas influyen principalmente a nivel local (McQuaid y Branch, 1984).

El oleaje es uno de los factores que más influye en las zonas intermareales, debido a que afecta la manera en la cual ocurre el intercambio gaseoso entre la superficie del agua y el aire, en la penetración de la luz (ya que se resuspenden los sedimentos) y en la erosión de los sustratos. Está influenciado directamente por la velocidad, duración, dirección y distancia de los vientos, y a su variación de acuerdo a las épocas del año. El oleaje es capaz de mover rocas u objetos pesados e impactar la zona cercana a las costas produciendo erosión y abrasión, lo cual afecta a los organismos que habitan en dichas áreas por remoción de los mismos (Moore, 1957; Menge y Branch, 2001).

Otro factor que afecta estas comunidades es la salinidad del agua, la cual se puede ver disminuida por las lluvias y descargas de aguas continentales. Las variaciones en la salinidad afectan a los organismos marinos por las alteraciones de la presión osmótica en las células y en otros su flotabilidad. En general, los organismos juveniles tienen menores intervalos de tolerancia a las variaciones de salinidad y de temperatura con respecto a lo encontrado en los organismos adulto (Moore, 1958).

A medida que aumenta la duración de las condiciones extremas (altas temperaturas y salinidad), algunos organismos pueden disminuir su tolerancia a las mismas y en algunas ocasiones llegar a la muerte. Otras especies tienen adaptaciones que les permiten aumentar dicha tolerancia, como por ejemplo poseer esqueletos calcáreos y conchas que les permite protegerse durante esos períodos de condiciones extremas (Moore, 1958).

Existen organismos capaces de formar microhábitats que potencialmente pueden ser utilizados por otros organismos de la misma comunidad, aumentando así su tolerancia a factores ambientales adversos. Algunos de éstos que han sido bien estudiados son un grupo de erizos de mar principalmente de las familias Echinometridae, Diadematidae y Cidaridae, que excavan la roca como una forma de protegerse ante factores ambientales extremos, como lo son la acción del oleaje, de las mareas, y la desecación, formando a su vez sustratos secundarios utilizables por otros organismos (Otter, 1932; Zoppi de Roa, 1967; McGehee, 1992; Bak, 1994; Glynn, 1997).

La excavación realizada por los erizos de mar ocurre en diferentes tipos de sustratos duros, como coral muerto, rocas ígneas y metamórficas, basalto, areniscas duras ferruginosas, entre otras. Las cavidades son formadas en áreas cubiertas periódicamente con agua como en las pozas de marea o en depresiones donde el agua se mantiene casi perennemente sobre las cavidades. El tamaño de las cavidades se ajusta al tamaño del individuo que ahí habita y los orificios abandonados puede ser ocupados por otros erizos (Otter, 1932).

La formación de las cavidades por los erizos de mar ocurre mediante la utilización de los dientes movidos por los músculos de la Linterna de Aristóteles y por las espinas que recubren el cuerpo, los cuales ejercen tal fricción en la roca que la van erosionando mecánicamente hasta que se forman las cavidades, mientras el erizo se sujeta a las paredes de la misma por las podias (Otter, 1932; McLean, 1967). Se ha documentado que el área del fondo de la cavidad posee una textura lisa, debido a que es la más erosionada, y que en las paredes de la cavidad el relieve es poco uniforme o rugoso, lo cual ayuda a mantener al erizo adherido a la misma, proporcionándole mayor protección ante factores físicos, como el oleaje, y factores biológicos, como los depredadores (Otter, 1932).

Algunos organismos sésiles como poliquetos tubícolas y briozoarios son capaces de crecer en el fondo de dichas cavidades, lo cual es una evidencia de que la excavación cesa después de cierto tiempo, al alcanzar una determinada profundidad que es cuando los organismos sésiles se establecen (Otter, 1932).

Ciertos equinoideos suelen salir de sus madrigueras en la noche para alimentarse, en otros casos son incapaces de salir debido a la profundidad de las mismas, ya que tienen orificios

de entradas estrechas que fueron realizados cuando los individuos eran más jóvenes y de menor tamaño. Por ello muchos de estos organismos dependen del alimento que llega a estos espacios por la acción del oleaje y de las mareas (Otter, 1932; McPherson, 1969; Hyman, 1971).

En las costas rocosas los factores ambientales locales, cuando están asociados con fenómenos naturales extremos o catastróficos (tempestades, mareas bajas extremas, entre otros), producen efectos que hacen variar dichos parámetros ambientales como la temperatura y salinidad, y la exposición al aire de los substratos rocosos durante la marea baja, afectando así la composición y abundancia de organismos de estas comunidades. Las especies de erizos del género *Echinometra*, que viven en costas rocosas, poseen una alta tolerancia ante dichas variaciones, lo cual compensa su baja tasa de reproducción anual, comparada con las tasas de reproducción de otros erizos como los del género *Diadema* (Hendler, 1977).

Estas variaciones de los parámetros ambientales en los ecosistemas rocosos hacen que organismos de diferentes tamaños, formas y hábitos busquen protegerse de factores como lo son el oleaje, la desecación y la depredación, y muchas veces utilizan a los erizos como refugios (protegiéndose entre sus espinas y debajo del cuerpo del mismo). Siendo esta una de las principales razones para explicar las asociaciones que pueden encontrarse en estos ecosistemas rocosos intermareales.

Asociaciones entre organismos

En las comunidades, los organismos pueden interactuar de manera indirecta, si éstos no se relacionan de manera directa con una segunda especie sino, que su efecto sobre una tercera especie afecta la natalidad y mortalidad de la segunda. También ocurre cuando los organismos tienen la capacidad de modificar el espacio físico donde se desarrollan. Las interacciones directas ocurren cuando dos poblaciones de especies distintas coinciden en tiempo y espacio, ejemplo de ello son las interacciones del tipo competencia, depredación y simbiosis. Todas estas interacciones influyen en la estructura y dinámica de dichas comunidades (Smith y Smith, 2001).

Las especies que se asocian íntimamente con otros organismos vivos pueden obtener beneficios importantes (protección, comida), pero también costos substanciales (defensa, movilidad restringida) de su estilo de vida como simbiote (Thiel et al., 2003).

En general, la permanencia de un organismo en un sitio específico, por ejemplo en un hospedero, depende de los recursos explotables del mismo y del balance resultante entre el costo y el beneficio de quedarse. Si el costo de cambiar de hospedero es muy alto, los simbiotes presentarán una alta relación de fidelidad hacia el mismo. Los factores intrínsecos (como el sexo, estadio y tamaño) y extrínsecos (como la presión de depredación, estrés físico) son los que determinarán el balance entre el costo y el beneficio de mantenerse con un solo hospedero (Thiel et al., 2003).

Algunos autores argumentan que, para que exista una relación mutualística debe existir coevolución entre las especies involucradas, aunque por el contrario otros plantean que no existen razones para restringir el mutualismo a tal tipo de interacción. Es por ello que algunos autores se refiere a mutualismo como las relaciones interespecíficas en las cuales los beneficios exceden el costo de las especies participantes (Hay et al., 2004).

Interacciones mutualísticas y neutras

Las relaciones interespecíficas pueden ser clasificadas en relación al beneficio que de ellas obtienen las especies asociadas. En las relaciones mutualísticas ambas especies se benefician de la asociación. Cuando ellas también pueden vivir sin la otra especie, la relación se denomina mutualismo facultativo, pero cuando una depende de la otra de tal manera que no pueden vivir separadas, la relación se denomina mutualismo obligatorio (Molles, 2010).

Existen otras asociaciones que se denominan neutras, donde los organismos aunque no se favorecen mutuamente, tampoco se perjudican. Son relaciones donde uno de los organismos obtienen beneficios, mientras que para el otro la relación puede ser neutra, como en el caso del inquilinismo y comensalismo (Cognetti et al., 2001).

En ocasiones es difícil clasificar determinadas asociaciones, debido a que entre una categoría y otra pueden existir numerosos matices o porque se desconoce exactamente los beneficios o perjuicios que pueden tener los organismos involucrados en una asociación dada.

Erizos como refugio para algunos organismos

Uno de los recursos más importantes que necesitan algunos organismos móviles en los ecosistemas marinos, son los refugios ya que estos permiten esconderse y protegerse de los depredadores y de algunos parámetros ambientales extremos (oleaje, corrientes, mareas, entre otros). Algunos erizos cumplen este papel y son utilizados como refugio por una diversidad de especies (Schoppe y Werding, 1996).

Existen autores que mencionan que la complejidad topográfica del hábitat que afecta la estructura de las comunidades bentónicas, estando la riqueza, abundancia y la diversidad de organismos correlacionada positivamente con la heterogeneidad topográfica (Hernández-Ávila et al., 2013).

Muchos animales marinos, principalmente crustáceos y peces pequeños, buscan refugio y protección entre las espinas de muchas especies de erizos de la familia Diadematidae, los cuales poseen espinas de hasta 30 cm de largo (Hyman, 1971; Hendler et al., 1995).

Las espinas de los erizos cidaroides, carecen de una epidermis y a menudo tienen una superficie rugosa, por lo que generalmente están cubiertas con una gran variedad de organismos sésiles adheridos, como algas, hidrozoarios, zoántidos, anémonas, briozoarios, branquiópodos, poliquetos tubícolas, cirripedios, y otros organismos similares (Hyman, 1971; Keammerer, 2008; Gonzalez-Irusta et al., 2012).

En relación a interacciones entre erizos y grupos particulares de organismos, parece no haber casos de interacciones mutualísticas entre equinoideos y los cnidarios, aparte del uso de las espinas como sitios de anclaje por parte de hidrozoarios y anémonas pequeñas, y el registro de un ctenóforo, *Coeloplana bannworthi*, que trepa por las espinas del erizo *Diadema savignyi* en el Golfo de Suez (Hyman, 1971).

Se han reportado varias asociaciones entre erizos de mar y otros equinodermos como con el pepino de mar *Taeniogyrus cidaridis*, encontrado en la región aboral de cidarioideos en el Indo-Pacífico. Las asociaciones entre ofiuroides y equinoideos son más comunes. En California se ha registrado el ofiuoideo, *Ophiopteris papillosa*, de la zona intermareal, cercano a la boca del erizo *Strongylocentrotus purpuratus*; además hay reportes de que es bastante común conseguir ofiuoideos sujetos en las espinas apicales del cidarioideo *Schizocidaris assimilis* (Hyman, 1971).

Las asociaciones con equinodermos no se restringen solo a relaciones interespecíficas, sino que se han observado casos de relaciones intraespecíficas. Barnes (1987) describe que los juveniles del erizo *Strongylocentrotus franciscanus* viven debajo de las espinas del erizo adulto, comparten el alimento y se desplazan hacia la periferia del adulto a medida que crecen.

En relación a la asociación entre poliquetos con equinoideos hay más de 200 casos reportados en la bibliografía (Martin y Britayev, 1998). Entre ellos se destacan: *Flabelligera affinis* en *Echinus esculentus*, una especie de Polynoidae sobre *Schizocidaris assimilis*, y muchos individuos de *Haplosyllis spongicola* entre las espinas de la zona oral de *Asthenosoma varium*. Estos reportes no son suficientes para determinar la existencia de una interacción del tipo comensalismo definitivo en los casos antes mencionados, aunque hay observaciones que indican que muchos poliquetos roban la comida de los equinoideos (Hyman, 1971).

Las asociaciones con crustáceos son más comúnmente encontradas, variando desde microcrustáceos (copépodos, misidaceos y anfípodos) hasta camarones, cangrejos y cirripedios. Como ejemplos, se menciona que el anfípodo *Urothoe marina* habita en las madrigueras del erizo *Echinocardium cordatum*. Otra especie de vida libre *Amphilocus neapolitanus*, ha sido registrada en las Bermudas, adherido a la parte distal de las espinas aborales de *Lytechinus variegatus*. Especies de camarones han sido también reportados sobre varias especies de erizos en diferentes localidades, como *Arcte dorsalis* sobre *Echinometra lucunter* en Djibouti, *Stegopontonia commensalis* adherido a las espinas de diademátidos en el Indo-Pacífico, *Gnathophylloides mineri* sobre *Tripneustes ventricosus*, *Latreutes parvulus* y *Tuteoriocaris neglecta* sobre *Diadema antillarum* y *Astropyga*

magnifica, y además *Athanas indicus* con *Stomopnestes variolaris* en India, entre otros, (Moore y McPherson, 1963; Hyman, 1971; Ganapati y Sastry, 1972; Criales, 1984; Hendler et al., 1995).

En relación a los cangrejos, los miembros de la familia Porcellanidae son los más diversos en cuanto a asociaciones. Algunos son comensales y viven dentro de las cavidades de los erizos o entre sus espinas (Hyman, 1971; Werding 1977; Schoppe y Werding, 1996; Baeza y Thiel, 2000; Vallejo, 2007).

Las relaciones con los moluscos registradas en la bibliografía, generalmente son interacciones del tipo parasíticas, donde los erizos salen perjudicados por especies de gasterópodos de las familias Eulimidae, Melanellidae y Stiliferidae (Hyman, 1971; Crossland et al., 1993; Hendler et al., 1995).

Las asociaciones entre erizos y peces generalmente ocurren entre especies de peces pequeños de las familias Blenniidae y Gobiidae, que utilizan los erizos como refugio y en algunos casos, ellos depredan el hospedador consumiendo sus podias y pedicelarias como *Ginsburgellus novemlineatus* (Teytaud 1971; Ganapati y Sastry, 1972; Alvarado 2008; Almeida et al., 2010). En otros casos, existen relaciones más estrictas con el erizo, como por ejemplo el góbido *Lythrypnus dalli* con el erizo *Centrostephanus coronatus* (Hartney y Ground, 2001).

ANTECEDENTES

Organismo de estudio

Echinometra lucunter Linnaeus, 1758, es un erizo de mar, perteneciente a la Clase Echinoidea, Orden Echinoida y de la Familia Echinometridae. Se distribuye por todo el Caribe y Atlántico este hasta el sur de Brasil (Lewis y Storey, 1984).

Posee un caparazón de forma ovalada y un diámetro máximo de 150 mm. Las espinas mayores no son más largas que el diámetro mayor del cuerpo, son anchas en la base y más delgadas en la punta. El color de las espinas y del cuerpo suele ser de colores oscuros

(negro, marrón, violeta verdoso, verde oliva oscuro) aunque se pueden conseguir individuos de color rojo y marrón rojizo (Hendler et al., 1995). Es un erizo que se encuentra comúnmente sobre sustratos duros, en litorales rocosos y en arrecifes coralinos poco profundos, desde la zona intermareal hasta los 3 m de profundidad, en áreas de alta y baja energía (oleaje), por lo cual puede tolerar variaciones extremas de salinidad y de temperatura (Zoppi de Roa, 1967; McPherson, 1969; Hendler et al., 1995).

Asociaciones de organismos con especies del género *Echinometra*

Pocos han sido los estudios realizados para determinar las asociaciones entre *Echinometra lucunter* y otros organismos marinos de los litorales rocosos y de los cuales destacan los siguientes:

Teytaud (1971) consiguió asociado al erizo de mar *Echinometra lucunter*, dos especies de peces *Arcyrtus* (=Arcos) *rubiginosus* (Gobiesocidae) y *Ginsburgellus novemlineatus* (Gobiidae) en las Islas Vírgenes. En algunos casos, individuos de ambas especies compartían refugio en el mismo erizo. Además el autor determinó que en la mayoría de los contenidos estomacales de los individuos de *Ginsburgellus novemlineatus* habían restos de pedicelarios y podias de *Echinometra lucunter*, a diferencia de los contenidos estomacales de los individuos de *Arcyrtus* (=Arcos) *rubiginosus* en los cuales no habían restos del erizo sino restos de crustáceos. Es por ello que se menciona que la asociación de *A. rubiginosus* con *E. lucunter* está principalmente asociada a la protección y en el caso de *G. novemlineatus*, se sugiere que existe una asociación del tipo ectoparasitismo.

En cuanto a la asociación con crustáceos, Werding (1977) reporta la presencia de un cangrejo porcelánido *Clastoechus vanderhorsti* exclusivamente en las cavidades formadas por *E. lucunter* en las rocas de la zona intermareal del Caribe Colombiano. Anfípodos gamáridos han sido encontrados dentro de cavidades de *E. lucunter* en Guarapari (Brasil) por Wirtz et al. (2009).

En 1996, Schoppe y Werding realizan un estudio en el cual describen y comparan el papel de *Echinometra lucunter* (Océano Atlántico) y *Echinometra vanbrunti* (Océano Pacífico) como formadores de microhábitats en los litorales rocosos Colombianos. Una de sus conclusiones fue que el tamaño de las cavidades excavadas por los erizos estaba directamente relacionado con el tamaño del erizo que ahí habitaba, y que los individuos permanecían en sus cavidades.

Los autores determinaron que las especies asociadas al *Echinometra lucunter* en el área de Santa Marta (Caribe Colombiano) fueron el cangrejo porcelánido *Clastocheuch vanderhorstii*, el ofiuroido *Ophiothrix synoecina* encontrado exclusivamente en cavidades de *Echinometra lucunter* y el pez de la Familia Gobiesocidae, *Acyrtus rubiginosus*. Por otro lado, en el Pacífico las especies asociadas a las cavidades de *Echinometra vanbrunti* fueron el cangrejo porcelánido *Clastocheuch gorgonensis* y al pez de la Familia Gobiesocidae *Arcos decoris*. Todos los organismos se encontraron debajo del erizo en el fondo o en las paredes de la cavidad y ocultos de los depredadores (Figura 1).

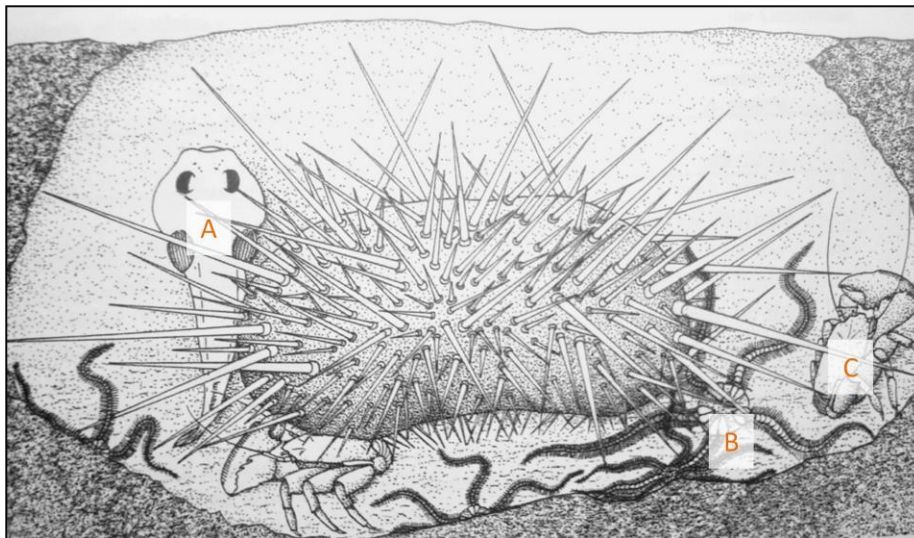


Figura 1. Individuo de *Echinometra lucunter* y algunos organismos asociados: A) *Acyrtus rubiginosus*, B) *Ophiothrix synoecina* y C) *Clastocheuch vanderhorstii*. (Tomado y modificado de Schoppe y Werding, 1996)

También, en el Pacífico Colombiano, se ha realizado otro estudio con los organismos asociados a *Echinometra vanbrunti* por Vallejo (2007). El autor registró 27 especies en las

cavidades del erizo, pertenecientes a 6 phyla, de los cuales los crustáceos fueron los más diversos. De estas especies, se destaca un cangrejo porcelánido (*Clastocheuchus gorgonensis*) y un gastrópodo del género *Thais*, que tuvieron una frecuencia de ocurrencia de más del 40% y 3 especies de peces (*Gobiesox adustus*, *Tomicodon* sp. y *Hypsoblennius brevipinnis*) con más de 7%, los demás organismos fueron considerados especies raras por su baja abundancia y ocurrencia.

En las costas del Caribe Colombiano, Monroy-López y Solano (2005) describen que los principales hospederos encontrados en las cavidades de *E. lucunter* fueron el cangrejo porcelánido *C. vanderhorstii* y el ofiuro *O. synoecina*, estando esta especie en agrupaciones de hasta 10 individuos por cavidad. También mencionan que el platyhelminto *Armatoplana divae* descrito por Marcus en 1947 y el cangrejo májido *Teleophrys pococki*, se encuentran en las cavidades del erizo, aunque en menor proporción.

En el 2008, Monroy-López y Solano hacen un estudio limitado a la asociación de *Echinometra lucunter* con *Ophiothrix synoecina*, un ofiuroideo asociado exclusivamente a las cavidades del erizo. Consiguieron a *O. synoecina* en el 38,1% de las cavidades estudiadas de *E. lucunter*, y al compararlo con el trabajo de Schoppe y Werding (1996) determinaron que la frecuencia de aparición de la especie ha disminuido en un 50%, lo cual atribuyen a la contaminación en el área. Otra especie del mismo género, *Ophiotrix stri* también fue reportada asociada a *E. lucunter* en Costa Rica y Panamá (Hendler, 2005).

La asociación con una especie de pez de la familia Gobiidae, *Elecatinus figaro* fue estudiada por Almeida et al. (2010). Mencionan que el 57% de los peces fueron encontrados dentro del perímetro de las espinas de *Echinometra lucunter*, aunque existiesen otras especies de erizos como *Lytechinus variegatus* y *Paracentrotus gaimardi* en los fondos rocosos de Arraial do Cabo, Brasil, sugiriendo así que hay una especificidad en la relación entre ambas especies.

Una de las razones por las cuales los organismos están asociados a *E. lucunter* puede ser explicado por el bajo movimiento que presenta el mismo, ya que se ha reportado que apenas se mueve unos pocos centímetros en la noche para buscar alimentos, que consiste en

algas muchas veces encontradas en el interior de la cavidad o que vienen con el oleaje (Odgen y Lobel, 1978).

IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Echinometra lucunter es un organismo clave dentro de los ecosistemas de litoral rocoso del Caribe ya que modifican la topografía del substrato por bioerosión, y las cavidades formadas sirven de refugio a otros organismos, lo cual incrementa la diversidad local en dicho ecosistema (Bak, 1994; Schoppe y Werding 1996; Monroy-López y Solano, 2005).

Poca atención se ha dado al uso de organismos vivos como refugio para otros, además del potencial valor de mantener una alta diversidad (Levenbach, 2008), por ello se pretende con este estudio aumentar el conocimiento que se tiene sobre el erizo de mar *Echinometra lucunter* y su fauna acompañante, por medio de la determinación de la diversidad, abundancia y descripción de patrones de distribución en distintas áreas de la plataforma rocosa de Cepe, en el litoral central venezolano.

También se espera que con la identificación de la fauna acompañante de *E. lucunter* se incremente el listado de especies asociadas a plataformas rocosas de las costas venezolanas., y además se espera conocer un poco más sobre el estado de las poblaciones de invertebrados asociados al erizo.

Con esta información generada, se espera obtener información sobre el estado de las poblaciones, con las cuales se puedan realizar estudios posteriores que permitan proteger a los organismos de dichas comunidades.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la estructura comunitaria, distribución y posibles relaciones entre el erizo de mar *Echinometra lucunter* y su fauna acompañante en la zona intermareal de la plataforma rocosa de la playa de Cepe, Estado Aragua.

Objetivos específicos

- Identificar los organismos asociados a *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de Cepe.
- Estimar la riqueza y abundancia de especies asociadas a *Echinometra lucunter*.
- Establecer posibles relaciones entre las características y ubicación de las cavidades formadas por el erizo y la diversidad de organismos asociados en las distintas zonas de la plataforma rocosa.
- Establecer posibles relaciones entre la diversidad y abundancia de organismos asociados y las características del hospedero *Echinometra lucunter* (color, tamaño y volumen).
- Determinar si existe alguna influencia de los factores fisicoquímicos locales (temperatura, salinidad, hidrodinamismo) sobre los patrones de distribución de los organismos asociados a *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la plataforma rocosa de la Playa de Cepe ($10^{\circ}31'20''\text{N}$, $67^{\circ}30'57''\text{O}$), ubicada en el Estado Aragua, Litoral Central, y localizada aproximadamente a 10 km al este del pueblo de Choroní (Figura 2).

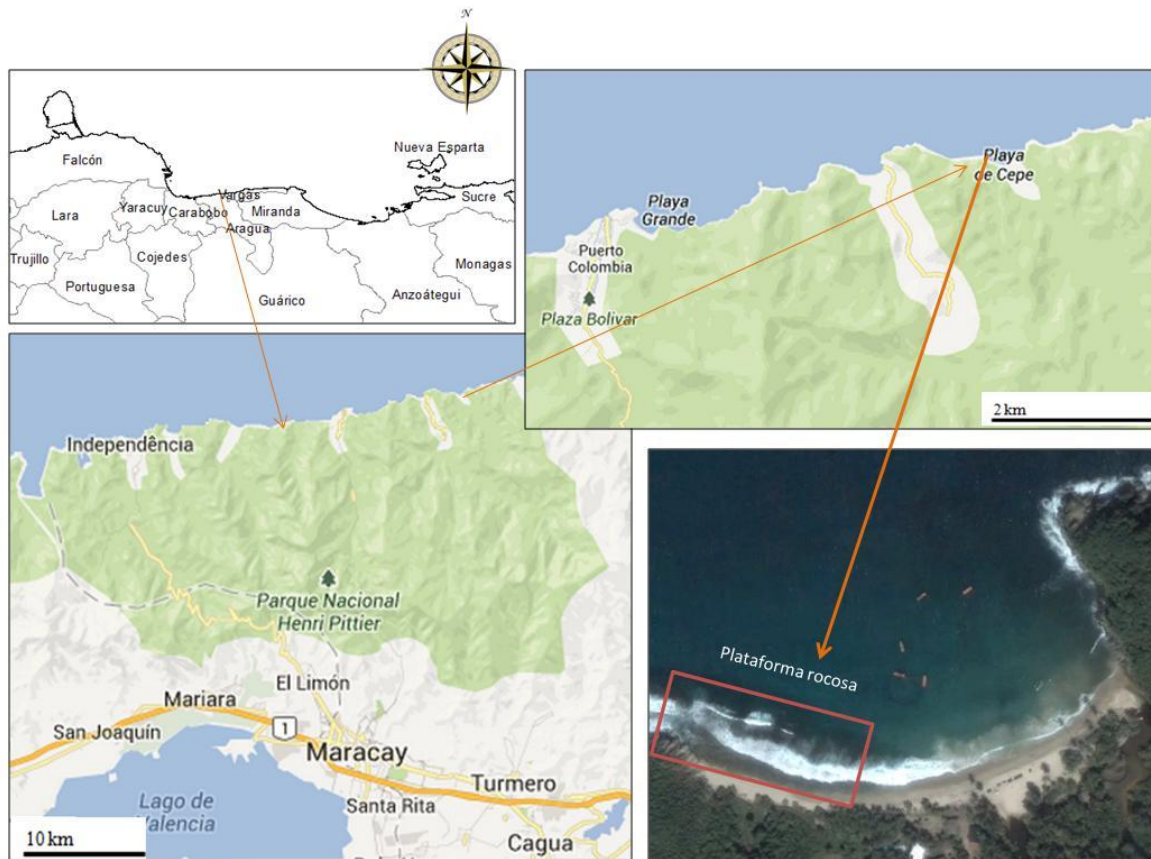


Figura 2. Ubicación de la playa de Cepe y de la plataforma rocosa. (Mapa tomado y modificado de maps.google.co.ve, e imagen de satélite tomada de Google Earth, 15/05/2012).

La plataforma rocosa se encuentra en el sector occidental de la Playa de Cepe y está constituida por rocas del período cuaternario, del tipo “roca de playa” compuesta por arenas y conglomerados de guijarros cementados por una matriz calcárea (Goddard y Picard, 1974). Posee aproximadamente 160 m de longitud y 60 m de ancho, de los cuales aproximadamente 30 m se encuentra permanentemente sumergida, y el resto queda expuesto durante la marea baja. La plataforma posee una pendiente suave hacia el mar y una topografía con alta heterogeneidad morfológica donde pueden observarse bloques de

rocas, pozas de marea de distintos tamaños y oquedades producidas por la erosión mecánica del oleaje que rompe en toda su extensión de manera frontal.

Sobre la plataforma existe un desarrollo de amplias franjas de macroalgas en la zona mesolitoral, así como también la presencia de organismos sésiles que conforman comunidades fijas dentro de la misma, donde se destacan cirripedios y zoántidos, que generan microhábitats para otros organismos (Capelo et al., 2004).

Las mareas en esta localidad poseen una variación que oscila entre 0,25 y 0,5 m de altura, igual que el resto del litoral central (IGVSB, 2011); las corrientes dominantes fluyen hacia el oeste y las olas inciden oblicuamente sobre la costa por la acción de los vientos alisios provenientes del este (Picard y Goddard, 1975).

MATERIALES Y MÉTODOS

Composición geoquímica de la roca de la plataforma

Debido a que la plataforma posee particularidades en cuanto a su composición y a la alta heterogeneidad topográfica, se consideró importante determinar la composición química y mineralógica de la roca, ya que podría determinar las áreas en las cuales ocurre la mayor formación de cavidades por parte de los erizos.

Se tomaron 3 fragmentos de aproximadamente 5 cm³ en diferentes áreas de la plataforma, los cuales fueron posteriormente analizados en el Laboratorio de Rayos X del Instituto de Ciencias de la Tierra (UCV), mediante la utilización de técnicas de Mineralogía Óptica y Difracción de Rayos X.

Para determinar la composición de la roca inicialmente los fragmentos fueron lavados y secados en estufa, y posteriormente se realizó un examen macroscópico de los fragmentos utilizando una lupa de mano. Luego, se determinó la presencia y porcentaje de carbonatos en los fragmentos, utilizando ácido clorhídrico diluido. Para esto, se pesó una cantidad de aproximadamente 1 gr de cada muestra y se agregó 50 mL de ácido clorhídrico (4M). Posterior a la reacción se filtró la solución a través de papel filtro, que fue pesado antes y

después de la filtración. La diferencia de peso correspondió a residuos de cuarzo y fragmentos de roca oscura, y mediante la resta del peso de estos residuos del peso inicial se determinó cuál era el porcentaje de carbonatos asociados a la muestra (Méndez, 2009).

Para determinar cuáles eran los minerales componentes de la matriz calcárea, se pulverizó un fragmento de aproximadamente 1 gr, hasta formar un polvo fino homogéneo, con el fin de que los cristales de la muestra estuviesen orientados en todas las direcciones posibles, y se le realizó un análisis por espectrometría de difracción de Rayos X utilizando un espectrógrafo marca Bruker (modelo D8 Advance), el cual hace incidir rayos X sobre la muestra en ángulos desde 2 hasta 45° y a la vez genera un espectro en cada uno de los ángulos, que permite identificar a partir de la estructura cristalina, los minerales presentes en la muestra sólida (Skoog et al., 2001). Estos espectros fueron comparados con la base de datos de rocas y minerales que posee dicho instrumento para cada ángulo de difracción, y posteriormente se analizaron las curvas resultantes para determinar cuáles eran los componentes minerales de las muestras.

El método de difracción de rayos X utilizado para analizar las muestras de la pulverizadas (polvo cristalino) de la matriz calcárea es el único que permite suministrar información sobre la composición de una muestra sólida, y se basa en que cada sustancia cristalina presenta un diagrama de difracción único, por lo cual es comparable con bases de datos de compuestos químicos ya conocidos. Es importante destacar que este tipo de instrumentos presentan una elevada precisión en las medidas, por lo cual fue seleccionado frente a otros métodos (Skoog et al., 2001).

Trabajo de campo

Delimitación de las zonas y sectores de la plataforma

Debido a las diferencias topográficas de la plataforma y la exposición al oleaje diferenciado que pudiesen afectar la presencia y abundancia de los organismos que habitan en las cavidades de *Echinometra lucunter*, esta fue dividida espacialmente en 3 zonas paralelas a la costa: las pozas de marea (PM) más cercano a la playa, la zona intermedia (ZI) y la zona

de rompiente (ZR) donde impactan las olas. Por otro lado, se dividió la plataforma en 3 sectores de aproximadamente 50 m de ancho de acuerdo a su ubicación geográfica: sector occidental (OC) el área más cercana al promontorio que separa la playa de Cepe de la de Puerto Escondido, sector central (C) que es el área intermedia de la plataforma y el sector oriental (OR) es el área más alejada del promontorio rocoso y donde se termina la plataforma rocosa y empieza la playa arenosa (Figura 3).

Para delimitar las zonas se utilizaron puntos de referencia como los patrones de erosión de la roca, y las características de la zonación natural de las algas. Para los límites entre los sectores se utilizaron bloques de rocas que estaban cementados en la plataforma, que fueran fácilmente identificables y que permanecían emergidos sin importar las condiciones ambientales de oleaje y nivel de las mareas.

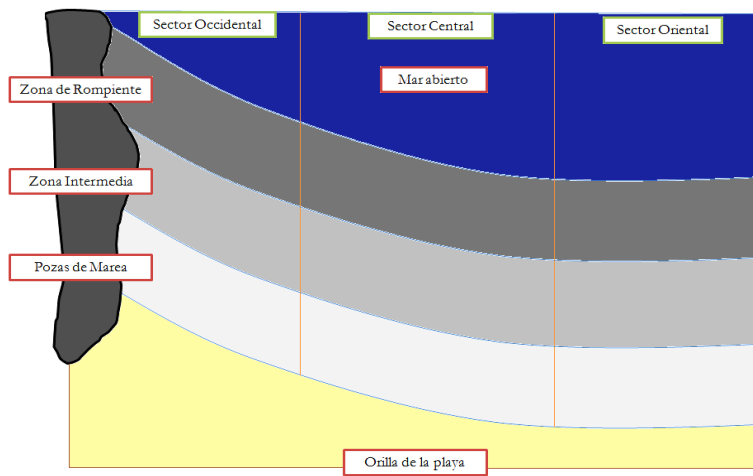


Figura 3. Representación esquemática de las zonas y sectores de muestreo dentro de la plataforma rocosa de Cepe. Paralelo a la costa se ubican las 3 zonas (pozas de marea, zona intermedia y zona de rompiente) y perpendicular a la costa los 3 sectores (occidental, central y oriental).

Parámetros hidrográficos

Para hacer una caracterización de los parámetros ambientales que podrían estar afectando la distribución de organismos en la plataforma, se registraron las siguientes variables:

- Temperatura del agua: en la zona de rompiente y zona de poza de marea de la plataforma se colocaron termógrafos electrónicos de registro continuo modelo

HOBO U22-001 (Onset Computer Corporation), programados para medir la temperatura cada 15 minutos durante un período de tiempo que varió entre 4 y 8 horas del día (abarcando el período de la mañana y tarde) durante 5 días.

- Hidrodinamismo (movimiento de agua): fue determinado durante 4 días a través del Índice de Disolución de una barra de Tiza (IDT), descrito por Doty (1971). Las barras de tiza fueron previamente secadas en estufa por 48 horas a 80 °C, y luego pesadas con una balanza analítica de precisión 0,1 gr. En campo se colocaron dentro de unas jaulitas construidas con tela metálica, y amarradas a rocas en cada una de las 3 zonas de la plataforma (ZR, ZI y PM) y en los sectores oriental y occidental. El tiempo de permanencia en el agua osciló entre 2 y 4 horas (dependiendo de cuán rápido se desgastara la barra de tiza en esa zona), y posteriormente se sacaron del agua y fueron colocadas en bolsas plásticas individuales con el código de la tiza y llevadas al laboratorio para ser nuevamente secadas en la estufa a 80 °C por 48 horas y posteriormente pesadas. El índice de disolución fue calculado de la siguiente manera:

$$\text{Índice de disolución (IDT)} \left(\frac{\text{gr}}{\text{h}} \right) = \frac{(\text{Peso}_{\text{inicial}} - \text{Peso}_{\text{final}})}{\text{Tiempo}}$$

- Salinidad: fue medida una vez al día durante tres días, para ello se utilizó un refractómetro de campo con muestras de agua superficial de la plataforma.

Determinación de la densidad de erizos

La densidad de individuos de *Echinometra lucunter* adultos (diámetro mayor $\geq 3\text{cm}$) de la plataforma rocosa se estimó a lo largo de 12 bandas transectas paralelas a la costa, distanciadas aproximadamente 5 m unas de otras y con la utilización de cuadratas de 1 m² espaciadas a cada metro.

***Echinometra lucunter* y su fauna acompañante**

El muestreo de los erizos y los organismos asociados se realizó entre noviembre y diciembre de 2012 durante el día, generalmente en períodos de marea baja, lo cual facilitó la observación de los organismos que poseen hábitos nocturnos, y durante ese período presentan una menor actividad.

Se muestrearon erizos con un tamaño mínimo de 3 cm de longitud máxima del caparazón, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente dentro de cada una de las 9 áreas en que fue dividida la plataforma.

Para la captura de los erizos y sus organismos asociados se utilizó una bolsa elaborada con tela de malla de color oscuro para así evitar que los individuos móviles más rápidos fuesen ahuyentados por la misma. La bolsa de malla tiene dimensiones 5 cm de ancho, 8,5 cm de largo y 15cm de profundidad, y un volumen de 637,5 cm³ (Figura 4).



Figura 4. Bolsa de malla utilizada para la captura de los individuos asociados a *Echinometra lucunter* dentro de las cavidades del mismo erizo.

La bolsa de malla fue colocada sobre la cavidad donde se encontraba el erizo, teniéndose la precaución de mantenerla unida al substrato y así cerrar todas las vías de escape de los organismos asociados. Inmediatamente, se introducía dentro de la bolsa aproximadamente 5 mL de una solución de Eugenol al 10% (diluido en alcohol) utilizando una inyectadora de 60 mL (Vallejo, 2007), con la finalidad de anestesiarse parcialmente al erizo y a los

organismos asociados lo que facilitó la captura de los mismos. Se utilizó Eugenol debido a que es un compuesto químico de origen natural, constituido principalmente de aceites de la planta de clavos de olor (*Eugenia caryophyllata*), y es utilizado generalmente como anestésico para la captura de peces e invertebrados en ambientes marinos.

Con la ayuda de pinzas de disección se despegó el erizo del substrato y se introdujo a todos los organismos dentro de la bolsa de malla, y seguido a esto se separaron del erizo los organismos asociados y se colocaron en una bolsa plástica hermética con una solución de formalina al 10% para fijarlos en campo, para luego trasladarlos al laboratorio.

Después de capturar a los erizos y su fauna acompañante, se realizaron las siguientes medidas relacionadas con las cavidades donde éstos se encontraban:

- Profundidad de la lámina de agua sobre la cavidad, determinado con una cinta métrica.
- Profundidad y diámetros (D1 y D2) de la cavidad donde se encontró el erizo, utilizando una cinta métrica. Los diámetros solo fueron medidos cuando la cavidad era redondeada, y en caso de cavidades irregulares o de grietas, solo se midió la profundidad de las mismas.
- Distancia entre la cavidad donde se encontró el erizo y la orilla de la playa, para ubicarlo así en una de las 3 zonas antes definidas. Dicha medición se realizó con una cinta métrica de topógrafo de 50 m de longitud.
- Además se realizó un registro fotográfico del fondo de la cavidad con el fin de visualizar organismos sésiles que no fueron capturados durante el muestreo u organismos móviles que pudiesen haber quedado adheridos a las paredes de la cavidad (Anexo 1).

Cuando el erizo fue llevado en la bolsa de malla a la costa, se colocó en un envase plástico y fue revisado minuciosamente para capturar todos los organismos pequeños que se encontrasen entre sus espinas y posteriormente se tomaron las siguientes medidas y se registraron las siguientes características:

- Diámetro mayor o máximo, menor o mínimo y altura del caparazón utilizando un vernier calibrado (precisión 0,05 mm), debido a que el caparazón es ovalado, de acuerdo a lo señalado por Moss y Meehan (1968) (Figura 5).

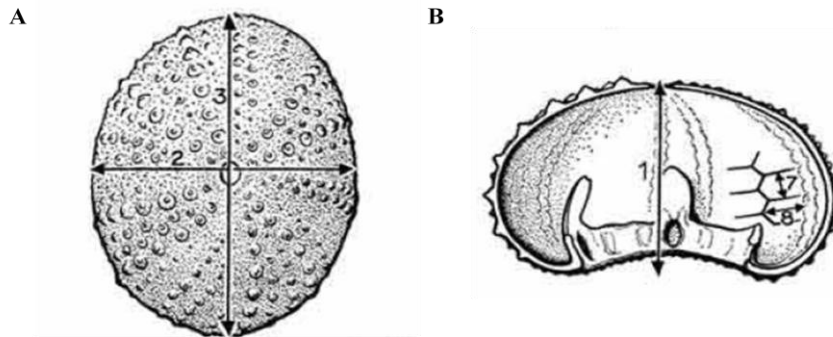


Figura 5. Diámetros medidos en los caparazones de los individuos de *Echinometra lucunter*. A) Diámetro menor (2) y diámetro mayor (3) del caparazón, y B) Altura del caparazón. (Tomado y modificado de Moss y Meehan, 1968).

- Volumen del individuo a través del método de desplazamiento del agua: se colocó el erizo dentro de un beaker lleno con agua de mar de un volumen conocido, y la diferencia de volumen de agua fue considerada equivalente al volumen del erizo.
- Color del caparazón y espinas del erizo, en base a los colores registrados previamente en el área: negro, marrón, verde y rojo (Anexo 2). Esto se realizó con el fin de determinar si existía alguna preferencia por parte de los organismos asociados hacia un color particular.

Posteriormente, los erizos fueron colocados otra vez en las mismas cavidades donde fueron encontrados, tratando de no dañar al erizo y el ambiente donde se encontraban.

Para la identificación de los organismos asociados al erizo, solo fueron tomados en consideración aquellos individuos que se encontraran vivos en el momento de la captura. Las conchas vacías de moluscos (gastropodos y bivalvos) y las exuvias (muda del exoesqueleto de los crustáceos) encontradas dentro de algunas de las cavidades no se tomaron en cuenta para el conteo de organismos.

Los organismos fueron capturados bajo el Permiso de Captura de Invertebrados Silvestres con Fines Científicos, emitido por la Oficina de Diversidad Biológica del Ministerio para el Poder Popular para el Ambiente dentro del Oficio N° 0287, Libro 1, Folio 141, Año 2013, para la Playa de Cepe, Estado Aragua.

Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, los organismos fueron identificados con la ayuda de un microscopio estereoscópico para facilitar la observación de los mismos, ya que la mayoría poseen un tamaño pequeño. Para la identificación de los organismos se utilizó bibliografía especializada como claves taxonómicas y descripciones de especies en guías o artículos taxonómicos. La identificación se realizó en el nivel taxonómico más bajo posible de acuerdo con las características del grupo.

Posteriormente con todos los organismos colectados se conformó en una colección de referencia en el Laboratorio de Invertebrados Marinos (Facultad de Ciencias, U.C.V).

Análisis de datos

Se construyó una curva de acumulación de especies utilizando el número de especies de organismos asociados a los erizos durante el muestreo, siendo las muestras aleatorizadas 100 veces para que no existiese un sesgo de las mismas de acuerdo a las zonas y sectores de la plataforma. Para ello se utilizó el programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples) versión 9.0.0 (Colwell, 2013).

Se calculó la prevalencia de especies asociadas a los erizos, de acuerdo al número de muestras con organismos asociados y sin organismos asociados.

Por otro lado se estimó la abundancia absoluta (%) y la frecuencia de aparición (%) de cada una de las especies asociadas a los erizos de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$Abundancia\ relativa = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Siendo:

n_i : número de individuos de la especie i

N : número total de organismos capturados

$$\text{Frecuencia de aparición} = \frac{f_i}{N} \times 100$$

Siendo:

f_i : número de erizos en que ocurrió la especie i

N : número total de erizos evaluados

En base a la abundancia absoluta (%) y la frecuencia de aparición (%) las especies fueron clasificadas según lo propuesto por Vallejo (2007) en:

- Fortuita: 0 - 10%
- Ocasional: 10,1 - 30%
- Frecuente: 30,1 - 70%
- Permanente: 70,1 - 100%

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de correlación lineal para determinar cuan relacionadas estaban algunas de las variables evaluadas en este estudio, considerando significativos aquellos valores de $p < 0,05$. Estas correlaciones fueron las siguientes:

- Diámetro mayor vs. diámetro menor del caparazón del erizo y volumen corporal vs. diámetro mayor del erizo, para determinar cómo las variaciones en la forma morfométricas de los erizos pudiesen influenciar la presencia y/o densidad de los organismos asociados
- Profundidad de la cavidad vs. diámetro mayor del erizo.
- Profundidad de la cavidad vs. volumen del erizo.
- Diámetro menor de la cavidad vs. diámetro mayor de la cavidad del erizo.
- Diámetro mayor de la cavidad vs. profundidad de la cavidad formada por el erizo.
- Diámetro menor de la cavidad vs. profundidad de la cavidad formada por el erizo.
- Diámetro mayor de la cavidad vs. profundidad de la columna de agua.
- Diámetro menor de la cavidad vs. profundidad de la columna de agua.

- Riqueza o número de especies vs. diámetro mayor del erizo.

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para los datos de los Índices de Disolución de la barra de Tiza (IDT) para determinar si existen diferencias significativas entre los valores obtenidos entre las zonas y sectores de la plataforma rocosa.

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis para los datos riqueza promedio de especies, debido a que no cumplían con el supuesto de Homocedasticidad (homogeneidad de varianza), para determinar si existen diferencias significativas entre los valores obtenidos en las 9 áreas en las que fue dividida la plataforma rocosa de Cepe.

La riqueza de especies, la diversidad y la equidad de organismos asociados a los erizos fueron determinadas para las 9 las áreas muestreadas. Para la riqueza de especies se utilizó el conteo simple de especies registradas y capturadas en campo. En cuanto a la diversidad, debido a que no todas las especies poseen la misma cantidad de individuos, se calcularon varios índices de diversidad, que son complementarios y así evitar que se subestime algunas de las especies menos abundantes. Los índices utilizados fueron el Índice de Shannon-Wiener y el Índice de Simpson, cada uno con ventajas y desventajas.

Para determinar el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el cual expresa el grado de igualdad de abundancia de individuos entre las diferentes especies, se utilizó la siguiente ecuación:

$$H = - \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Siendo:

H : Índice de diversidad de especies

S : Número de especies

p_i : proporción del total de muestras pertenecientes a la i ésima especie.

$$p_i = \frac{n_i}{n_t}$$

n_i : número de individuos de la especie i

n : número de individuos totales

Por otro lado, el Índice de Diversidad de Simpson, da un mayor peso a las especies raras o menos frecuentes con respecto al obtenido con Shannon (Krebs, 1978).

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2$$

La Equidad se determinó por el índice de Pielou, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$J = \frac{H}{H_{m\acute{a}x}}$$

Siendo H el índice de diversidad de Shannon y $H_{m\acute{a}x}$:

$$H_{m\acute{a}x} = \log_2 S$$

Por último, se realizaron Análisis de Componentes Principales (PCA) para determinar cuáles factores pudiesen estar afectando la distribución de las especies asociadas a los erizos en la plataforma. Para ello se utilizaron las frecuencias de aparición de cada una de las características evaluadas en cada una de las especies asociadas al erizo. Se graficaron por separado la relación entre dichas especies con respecto a las características del erizo (diámetro, altura y color del caparazón y de las espinas) y las características ambientales (zona y sector donde se encontraron, y profundidad de la cavidad).

Para facilitar el procesamiento de algunas variables para el PCA se agruparon los datos de acuerdo a determinados intervalos de medidas, y las variables se clasificaron de la siguiente manera:

- Diámetro (valores registrados: mínimo 2,8 cm y máximo 6,8 cm): pequeño (2,8-4,1 cm), mediano (4,2-5,5 cm) y grande (5,6-6,8 cm).

- Profundidad de la cavidad (valores registrados: mínimo 1 cm y máximo 9,7 cm):
pequeña (1-3,8 cm), mediana (3,9-6,8 cm) y grande (6,9-9,7 cm).
- Altura del caparazón (valores registrados: mínimo 1,14 cm y máximo 3,8cm):
pequeña (1,14-1,94 cm), mediana (2-2,8 cm) y grande (2,9-3,8 cm).

RESULTADOS

Composición geoquímica de la roca de la plataforma

La plataforma rocosa de la playa de Cepe está formada por areniscas de grano fino y grava cementadas por una matriz calcárea.

La evaluación macroscópica de las muestras a través de una lupa de mano reveló la presencia de dos tipos de roca: una constituida por fragmentos de cuarzo redondeados inmersos en una matriz de grano fino, y otra constituida principalmente por cuarzo lechoso.

El análisis de las mismas muestras, a través de la reacción ante el ácido clorhídrico, indicó la presencia de carbonatos. La proporción de material carbonático osciló entre un promedio de $26,6 \pm 0,4$ y $28,2 \pm 0,4$ % y el resto de la muestra estaba constituido por residuos de cuarzo y fragmentos de rocas oscuras (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del análisis de la reacción con HCl (4M) de las muestras A y B con sus respectivas réplicas (A' y B'). Pf= papel de filtro.

Muestra	Peso de muestra (gr)	Volumen (HCl 4 M) (ml)	Peso (Pf vacío)	Peso (Pf + residuo)	Peso (residuo)	Residuos (%)	CO ₃ (%)	Promedio
A	1,0086	50	0,0859	0,8287	0,7428	73,65	26,35	26,6 ± 0,4
A'	1,0092	50	0,0884	0,8256	0,7372	73,05	26,95	
B	1,0086	50	0,0880	0,8094	0,7214	71,5248	28,48	28,2 ± 0,4
B'	1,0092	50	0,0879	0,8157	0,7278	72,1165	27,88	

Los residuos estaban constituidos por más de un 95% de cuarzo y menos de un 5% de rocas oscuras, las cuales no pudieron ser identificadas por este método debido a que el límite de detección del espectrógrafo es sensible solo a concentraciones superiores al 5% (Figura 6).



Figura 6. Imagen de la muestra de los residuos obtenidos posterior a la digestión de los carbonatos, vista en un microscopio óptico, con un aumento de 4x.

El análisis de la muestra de roca por espectrometría de difracción de Rayos X (Anexo 3), reveló que la matriz calcárea está constituida por los siguientes minerales: Cuarzo (SiO_2), Calcita magnésiana $(\text{Ca,Mg})\text{CO}_3$ (el contenido de magnesio es un indicativo del origen orgánico del carbonato) y en cantidades menores por anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) e illita ($2\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).

Parámetros ambientales

Salinidad

La salinidad del agua registrada sobre la plataforma osciló entre un mínimo promedio de 33,5 ‰ en noviembre y un máximo de 35,67 ‰ en diciembre (Tabla 2).

Tabla 2. Valores promedio de salinidad y desviaciones estándar de los mismos, por salida de campo. (n= número de muestras)

Fecha de la salida	Salinidad promedio (‰)	Desviación estándar	n
16-18/XI/2012	33,5	0,71	2
7-9/XII/2012	34	0	2
19-22/XII/2012	35,7	1,15	3

Temperatura del agua

La temperatura del agua registrada sobre la plataforma rocosa en la zona de rompiente (ZR) y pozas de marea (PM) varió a lo largo del día presentando un mismo patrón durante los días de muestreo. Los valores oscilaron entre 26,9 y 29,19 °C en la zona de pozas de marea y entre 27,03 y 28,77 °C en la zona de rompiente (Figuras 7-11). El patrón observado consiste en un incremento leve en las horas de la mañana hasta llegar a su valor máximo en horas del mediodía y volviendo a descender en el período de la tarde.

Es importante resaltar que las temperaturas registradas en ambas zonas, aunque presentaron un mismo patrón, fueron distintas en algunas horas del día. En horas de la mañana tanto en la zona de pozas de marea como en la zona de rompiente las temperaturas registradas fueron muy similares, posteriormente dichas temperaturas comenzaron a diferenciarse, ya que el agua en las pozas de marea es poco profunda y aumenta su temperatura más rápidamente, en comparación con la zona de rompiente donde existe un recambio de agua constante durante todo el día (Figuras 7-11).

Al mediodía la diferencia entre las zonas se hizo más notable, obteniéndose valores de 0,14 a 1,08 °C entre ambas zonas, siendo siempre mayor la temperatura registrada en la PM (Figuras 7, 9, 10 y 11). En el período de la tarde las diferencias volvieron a disminuir, notándose que entre 4:00 y 6:00 pm se invirtió el patrón antes observado siendo mayor la temperatura registrada en la ZR con respecto a la temperatura registrada en la PM por entre 0,025 y 0,2 °C (Figuras 7, 9 y 10). Las aguas de las pozas de marea, por ser más someras, se enfriaban más rápidamente que las de la zona de rompiente que son renovadas constantemente por agua oceánicas.

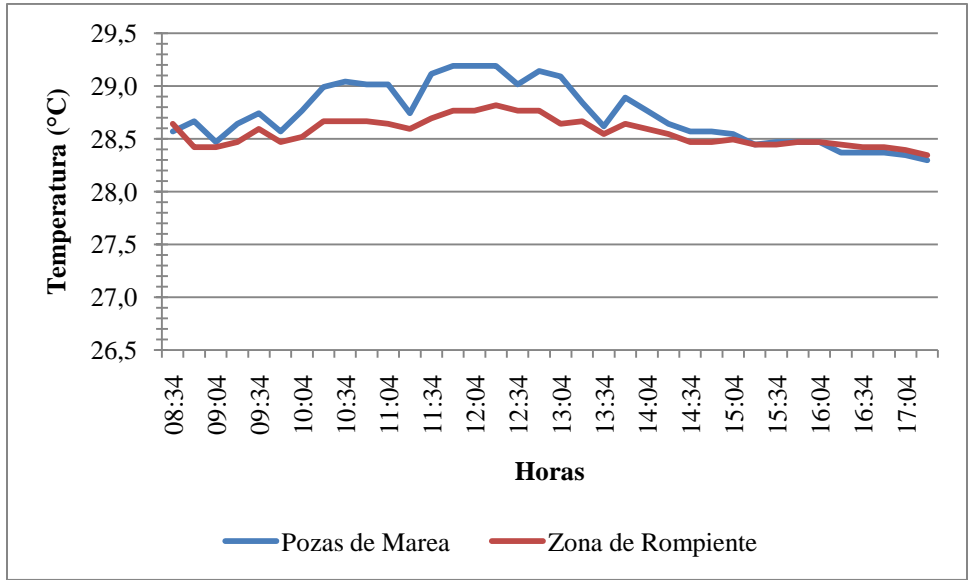


Figura 7. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 8 de diciembre de 2012.

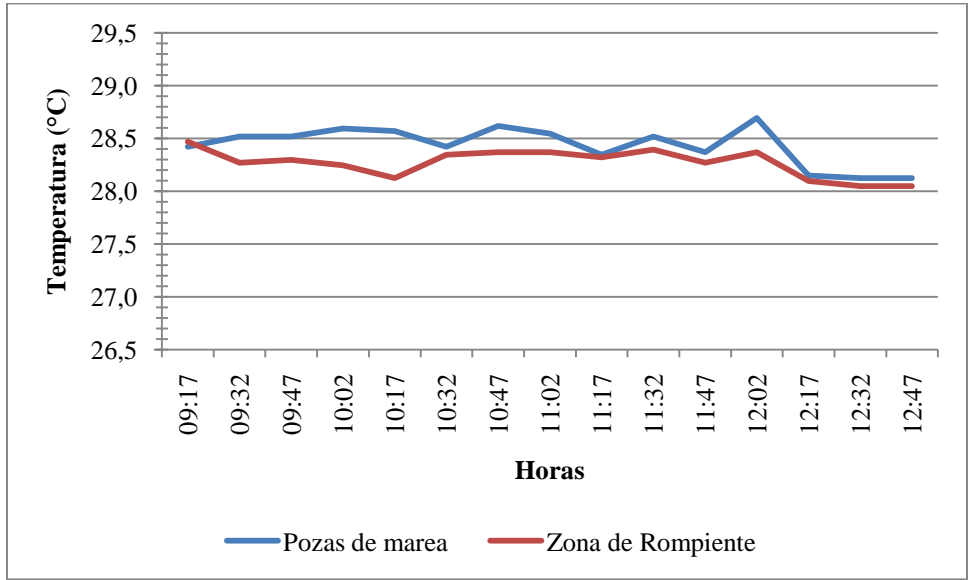


Figura 8. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 9 de diciembre de 2012.

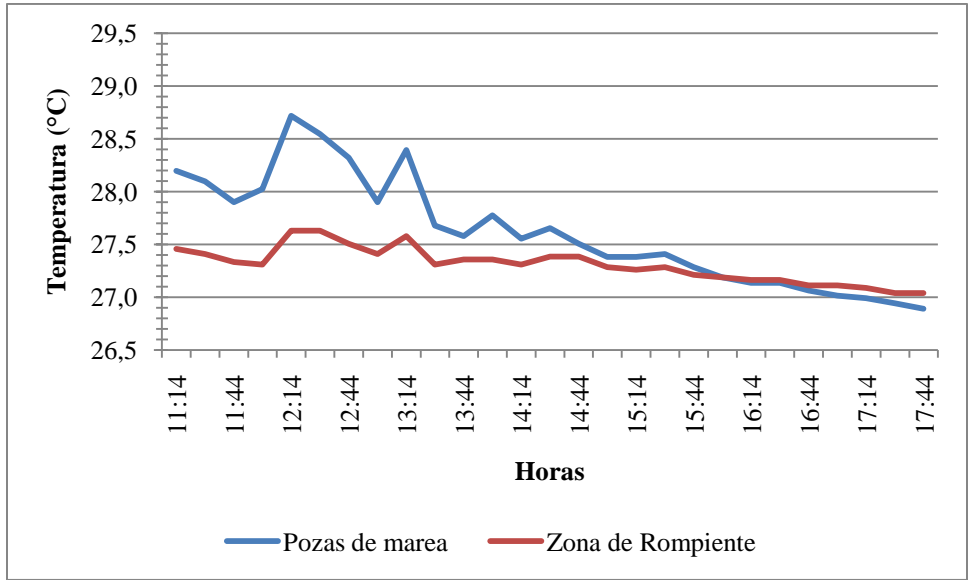


Figura 9. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 20 de diciembre de 2012.

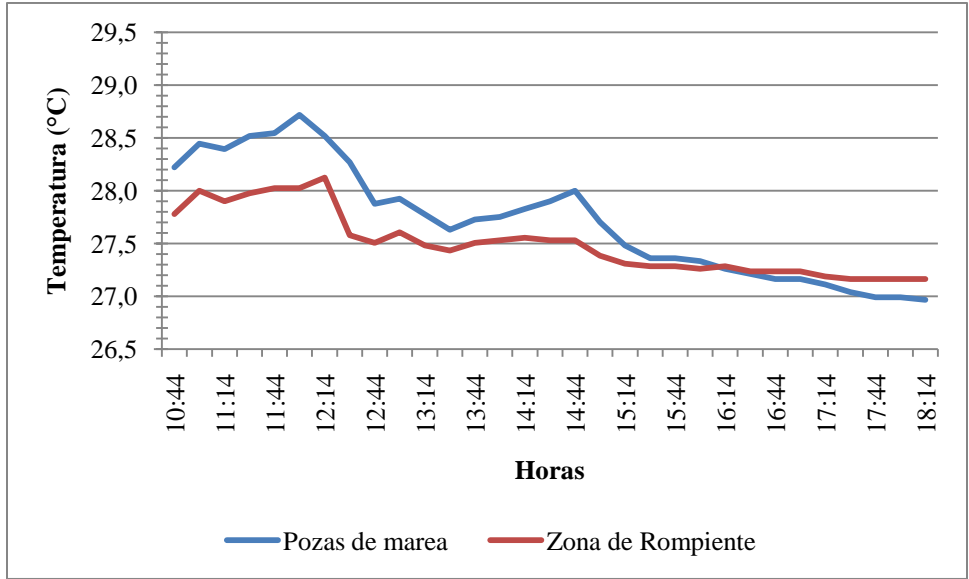


Figura 10. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 21 de diciembre de 2012.

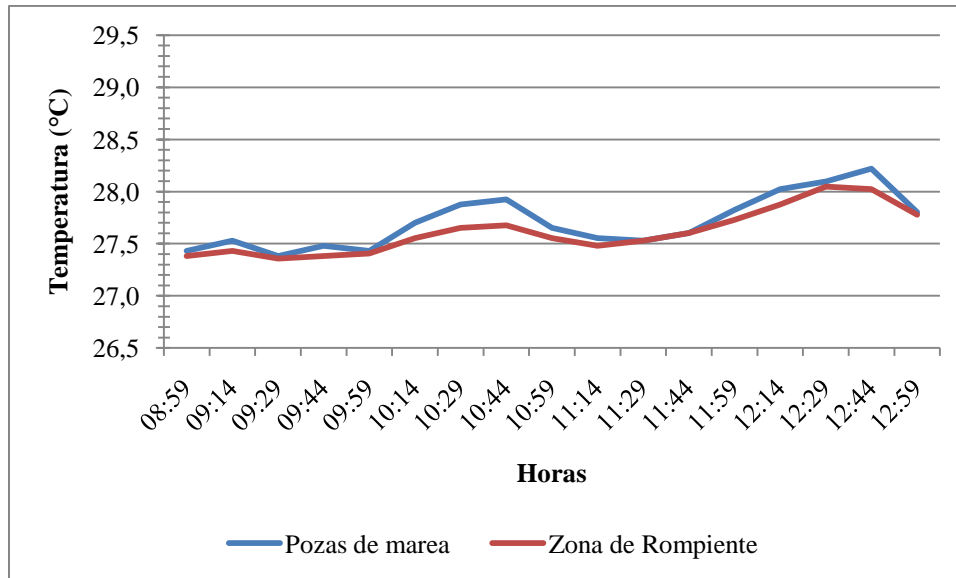


Figura 11. Temperaturas medidas a lo largo del día con el termógrafo de registro continuo HOBO en la zona de pozas de marea y las zona de rompiente en la plataforma rocosa de Cepe. Día 22 de diciembre de 2012.

Hidrodinamismo

El hidrodinamismo evaluado a través de un índice de disolución de barras de tiza presentó un mismo patrón en las 4 evaluaciones, los mayores valores se registraron en el sector oriental con respecto al occidental en las zonas de pozas de marea (PM) y zona de rompiente (ZR) (Figuras 12 y 14), mientras que en la zona intermedia (ZI) ocurrió lo contrario: los valores del índice de disolución fueron mayores en el sector occidental con respecto al oriental (Figura 13). Al comparar las seis áreas entre sí con un análisis de varianza se determinó que las zona de rompiente (ZR) y pozas de marea (PM) no difieren entre sí, pero que ambas son diferentes a la zona intermedia (ZI) (ANOVA, $F=3,74$, $p=0,0182$) (Tablas 3 y 4; Anexos 15 y 16), lo cual puede corroborarse con la gráfica de las medias y errores estándar de cada uno de los grupos de las variables (Figura 15).

Aunque los índices fueron determinados en diferentes fechas, se observa que los valores de los mismos son bastante similares en la zona PM (zona más cercana a la costa) donde los valores oscilaron entre 0,93 y 1,59 gr/h, mientras que en las zonas ZI y la ZR, las dos zonas más expuestas, el intervalo de variación fue mayor con índices entre 0,43 y 1,95 gr/h en

ambas zonas, y además con una mayor variabilidad entre los días de evaluación, relacionado con los niveles de la marea (Figuras 12-14).

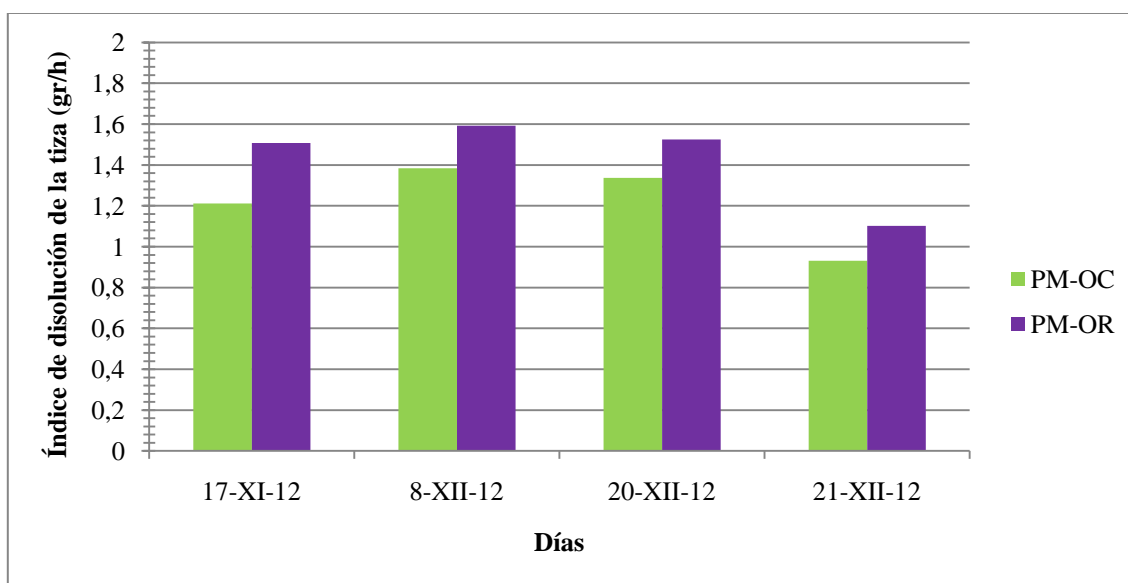


Figura 12. Índices de disolución de las barra de tiza correspondientes a las pozas de marea (PM), durante el muestreo. Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color verde corresponden al sector oriental (OR).

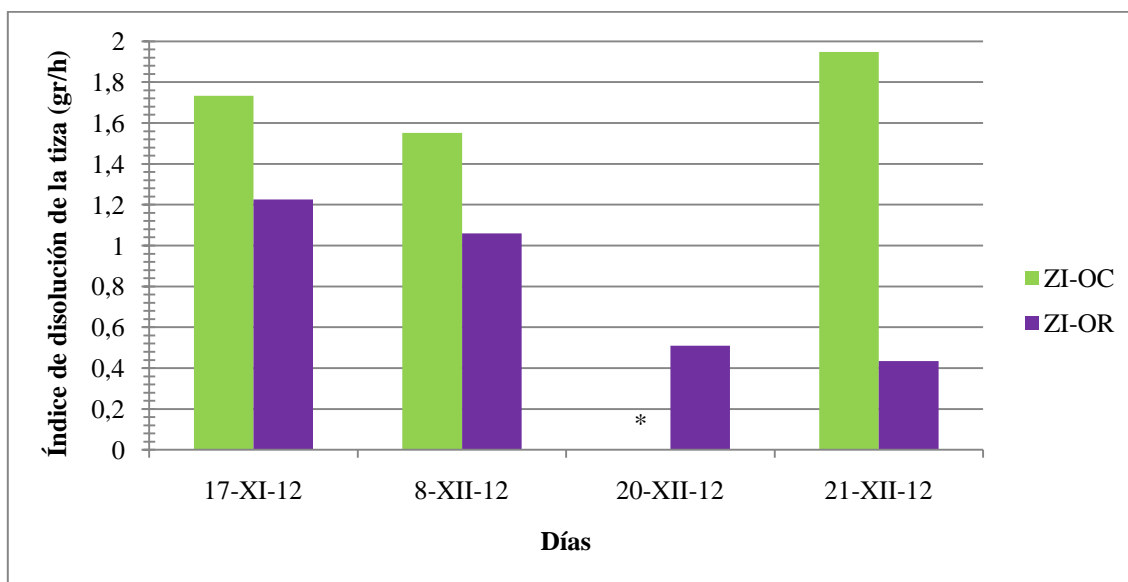


Figura 13. Índices de disolución de las barra de tiza correspondientes a la zona intermedia (ZI), durante el muestreo. Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color verde corresponden al sector oriental (OR). (*: Tiza perdida por acción del oleaje)

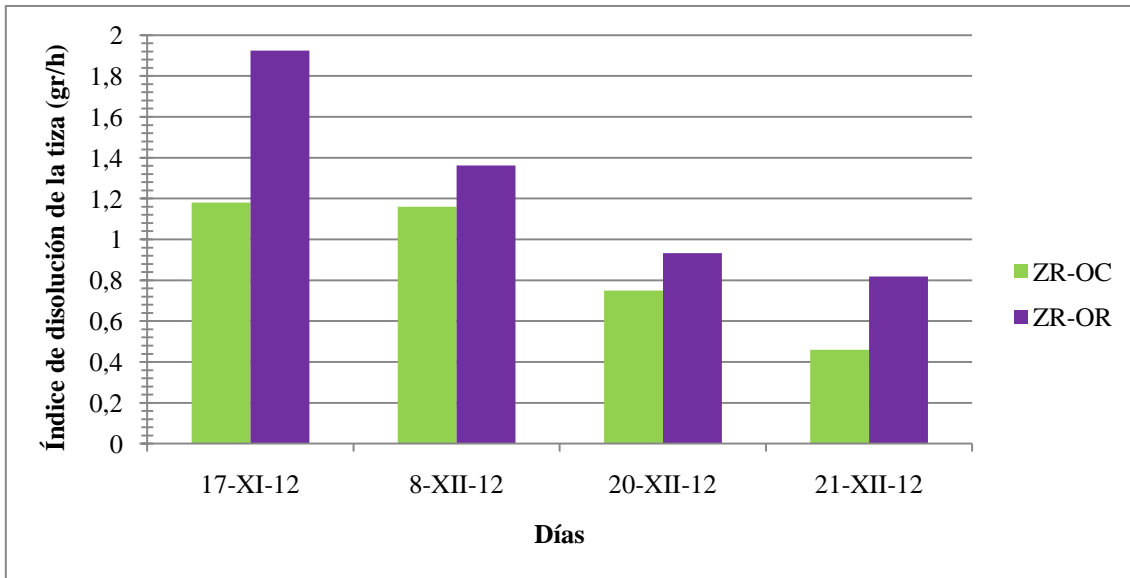


Figura 14. Índices de disolución de las barra de tiza correspondientes a la zona de rompiente (ZR), durante el muestreo. Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color verde corresponden al sector oriental (OR).

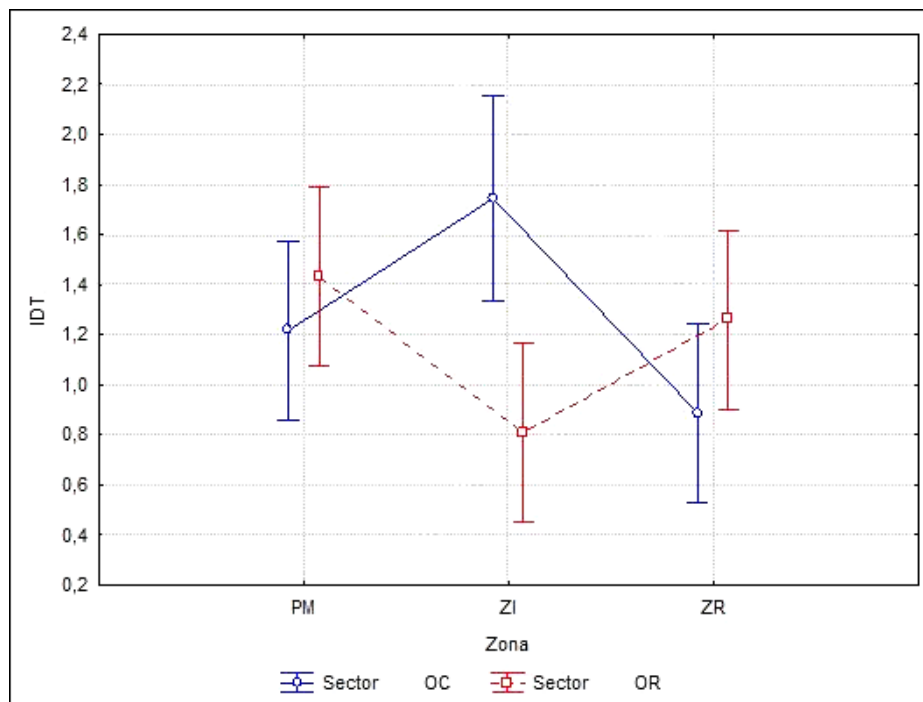


Figura 15. Medias con errores estándar de los Índices de disolución de las barras de Tiza (IDT) correspondientes a las zonas y sectores de la plataforma rocosa. (pozas de marea (PM), zona intermedia (ZI) y zona de rompiente (ZR). Las barras de color azul corresponden al sector occidental (OC) y las barras de color rojo al sector oriental (OR).

Tabla 3. Resultados de la prueba de ANOVA (una vía) de la comparación del índice de disolución de las barras de tiza (IDT) en seis áreas de la plataforma rocosa. Nivel de significancia del 95%.

	Suma cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p
Entre grupos	2,1275	5	0,4255	3,74	0,0182
Dentro de grupo	1,93434	17	0,11378		
Total	4,06184	22			

Tabla 4. Prueba a posteriori de Tukey de comparación de probabilidades de pares de medias de las 6 áreas de la plataforma rocosa (PM: poza de marea, ZI: zona intermedia, ZR: zona de rompiente, OC: occidental, OR: oriental).

	PM-OC	PM-OR	ZI-OC	ZI-OR	ZR-OC	ZR-OR
PM-OC		0,9464	0,3071	0,5682	0,7584	1
PM-OR	1,244		0,7938	0,1646	0,278	0,9787
ZI-OC	3,048	1,804		0,0144	0,0278	0,3912
ZI-OR	2,36	3,605	5,409		0,9994	0,4669
ZR-OC	1,899	3,143	4,947	0,4614		0,6592
ZR-OR	0,2456	0,9987	2,803	2,606	2,144	

Abundancia y distribución de *Echinometra lucunter* en la plataforma

El valor máximo de densidad de erizos de diámetro mayor a 3 cm fue registrado en la zona de rompiente del sector Occidental con 156 ind/ m² y el valor mínimo fue de 1 ind/ m². La densidad promedio de erizos en la plataforma rocosa fue de 29,6 ± 32,37 ind/m², siendo las densidades de erizos en las transectas paralelas a la costa mayores hacia la zona de rompiente con un promedio máximo de 43,17 ± 41,25 ind/m² y los menores junto a la costa 3,0 ± 3,0 ind/m² (Figura 16). Las transectas perpendiculares a la costa muestran un patrón decreciente de abundancia a lo largo de la plataforma, donde las mayores densidades se localizan hacia el sector occidental de la misma 130 ± 12 ind/m² (n= 2) y 97,10 ± 21,80 ind/m² (n= 7) y las menores densidades hacia el sector oriental 0,30 ± 0,4 ind/m² (n= 6) (Figura 17).

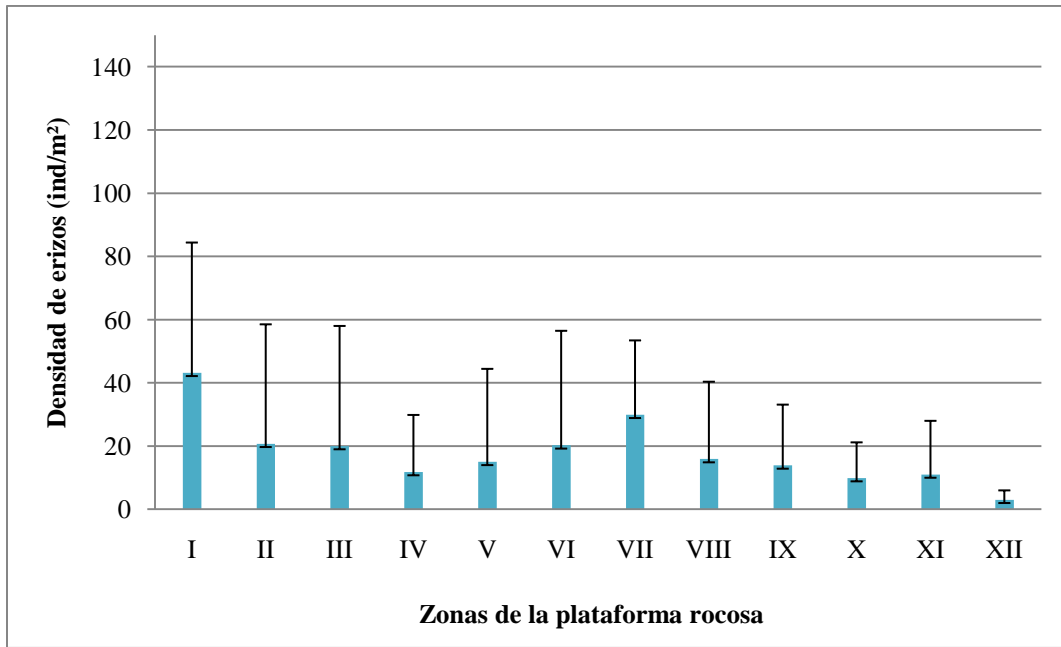


Figura 16. Densidades promedio del erizo *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de Cepe en 12 bandas transectas paralelas a la costa: transecta I ubicada en la zona de rompiente, hasta la transecta XII ubicada en la zona de pozas de marea junto a la costa. Las barras indican el error estándar de los datos.

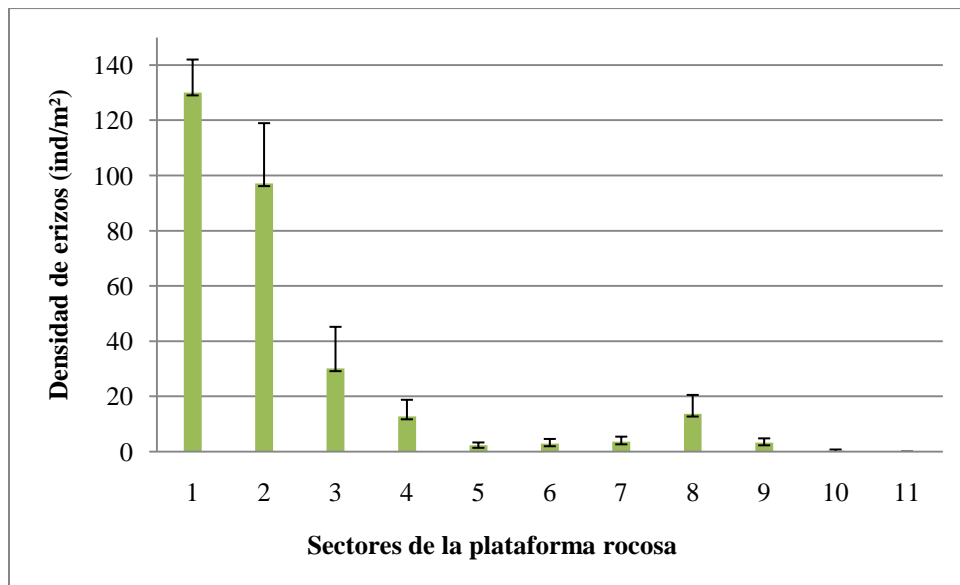


Figura 17. Densidades promedio del erizo *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de Cepe en 12 bandas transectas perpendiculares a la costa: transecta 1 ubicada en Sector Occidental, hasta la transecta 11 ubicada en Sector Oriental. Las barras indican el error estándar de los datos.

Erizos evaluados por zonas y sectores

Se evaluaron un total de 103 erizos: 32 en la zona de pozas de marea, 39 en la zona intermedia y 32 en la zona de rompiente (Tabla 5).

Tabla 5. de erizos evaluados por zonas y sectores de la plataforma rocosa.

	Sector occidental	Sector central	Sector oriental	Total
Pozas de marea	9	12	11	32
Zona intermedia	13	16	10	39
Zona de rompiente	11	11	10	32
Total	33	39	31	103

Características de los erizos

El diámetro mayor y menor del caparazón de los erizos presentaron una correlación positiva y significativa ($r^2 = 0,8856$; $p = 2,34E-49$) (Figura 18). De igual forma el volumen corporal de los mismos y el diámetro mayor del caparazón presentaron una correlación positiva y significativa ($r^2 = 0,7005$; $p = 3,79E-27$) (Figura 19).

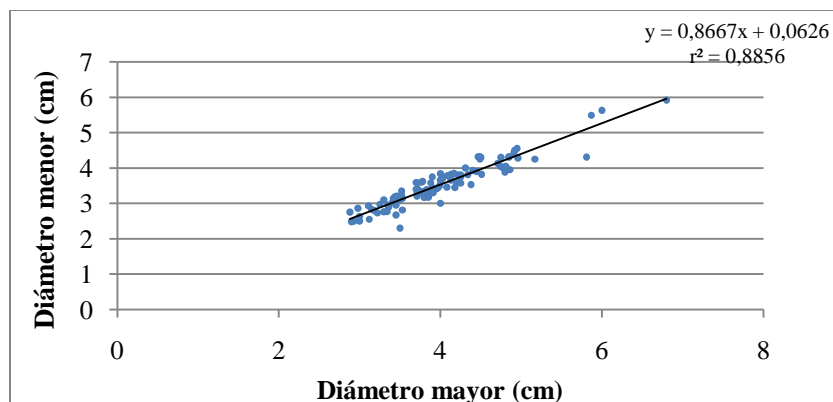


Figura 18. Análisis de correlación entre el diámetro mayor y menor del caparazón de *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de Cepe (n=103).

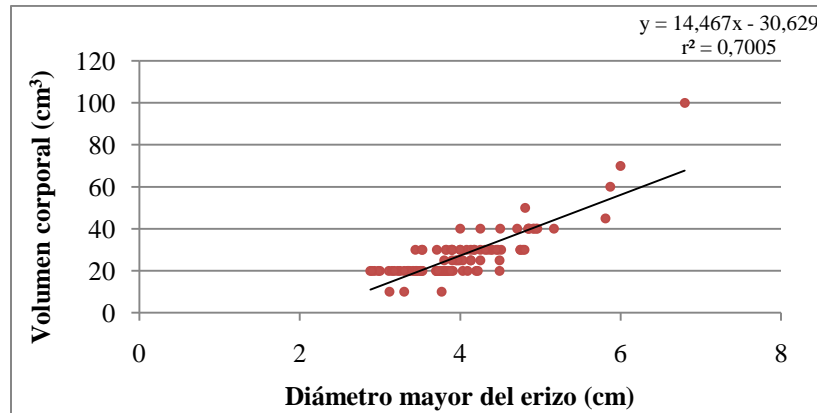


Figura 19. Análisis de correlación entre el diámetro mayor del caparazón y el volumen corporal de *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de Cepe (n=101).

Los colores registrados en los erizos muestreados fueron muy variables; los caparazones y espinas presentaron colores rojo, verde, marrón y negro en distintas combinaciones. Tanto en el caparazón como en las espinas el color negro fue el más frecuente, seguido por el color rojo (Figuras 20 y 21, Tabla 6). En las zonas de pozas de marea la proporción de erizos con caparazón rojo varió entre 44,4 y 50 %, en la zona intermedia entre 22,22 y 62,50 % y en la zona de rompiente entre 27,27 y 54,55 % (Tabla 6). En el sector central de todas las zonas, fue donde se registró la mayor proporción de erizos de caparazón rojo, siendo en la zona intermedia central los más frecuentes con el 62,5%. Los erizos con espinas de pigmentación verdosa fueron los menos frecuentes, y se encontraron solo en pozas de marea (Figura 21).

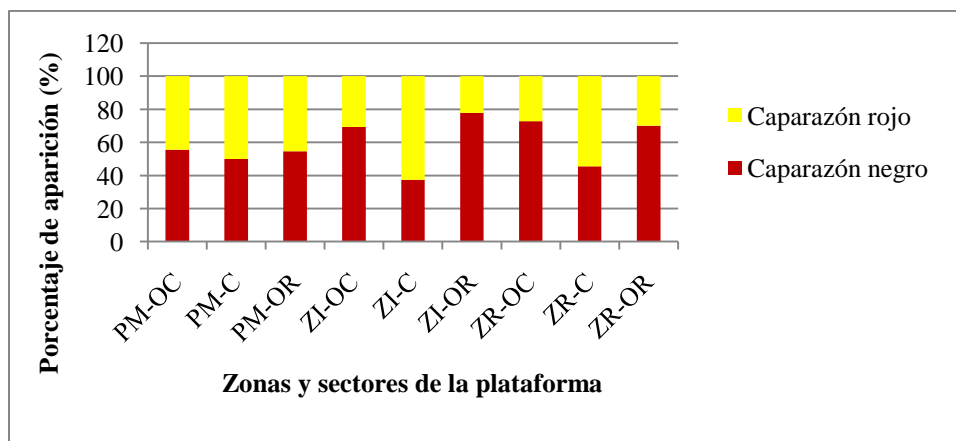


Figura 20. Proporción (%) de colores del caparazón de *Echinometra lucunter* clasificados en rojo y negro, en las distintas zonas y sectores de la plataforma de Cepe. PM: pozas de marea, ZI: zona intermedia, ZR: zona de rompiente, OC: sector occidental, C: sector central y OR: sector oriental.

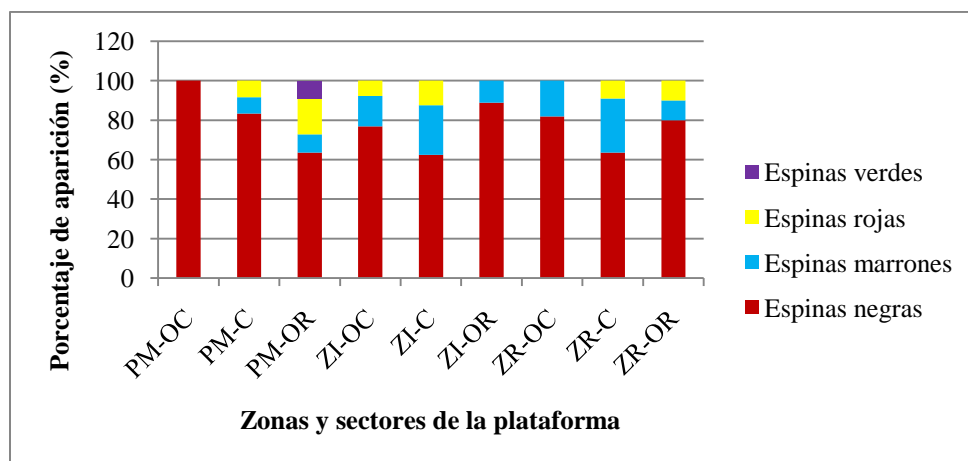


Figura 21. Proporción (%) de colores de las espinas de *Echinometra lucunter* clasificados en 4 colores: rojo, marrón, verde y negro, en las distintas zonas y sectores de la plataforma de Cepe. PM: pozas de marea, ZI: zona intermedia, ZR: zona de rompiente, OC: sector occidental, C: sector central y OR: sector oriental.

Tabla 6. Porcentajes promedio de los colores del caparazón (negro y rojo) y de las espinas (negro, marrón, rojo y verde) del erizo *Echinometra lucunter*.

	Caparazón		Espinas			
	Negro	Rojo	Negro	Marrón	Rojo	Verde
PM-OC	55,56	44,44	100,00	0,00	0,00	0,00
PM-C	50,00	50,00	83,33	8,33	8,33	0,00
PM-OR	54,55	45,45	63,64	9,09	18,18	9,09
ZI-OC	69,23	30,77	76,92	15,38	7,69	0,00
ZI-C	37,50	62,50	62,50	25,00	12,50	0,00
ZI-OR	77,78	22,22	88,89	11,11	0,00	0,00
ZR-OC	72,73	27,27	81,82	18,18	0,00	0,00
ZR-C	45,45	54,55	63,64	27,27	9,09	0,00
ZR-OR	70,00	30,00	80,00	10,00	10,00	0,00
Promedio (%)	59,20	40,80	77,86	13,82	7,31	1,01

Características de las cavidades de *Echinometra lucunter*

Las cavidades que alojaban a los erizos evaluados en la plataforma de Cepe, fueron clasificados en dos tipos principales: redondeadas e irregulares. Las cavidades de forma redondeada son producidas por la erosión de los propios erizos y ubicadas generalmente en áreas planas de la plataforma. El fondo de dichas cavidades posee una superficie

relativamente lisa como resultado del roce constante de las espinas del erizo y el consecuente desgaste de la roca (Anexo 4). Las cavidades irregulares son constituidas por grietas y fisuras entre bloques de roca y la plataforma, en las áreas más erosionadas de la misma. El fondo de dichas cavidades era variable, y podía estar cubierto de arena, algas o roca desnuda.

El 61,17 % de las cavidades evaluadas tenían formas redondeadas y el 38,73 % eran irregulares. De estas, las redondeadas fueron más frecuentes en las zonas de rompiente (78,13%) y la zona intermedia (69,23%) y las irregulares en la zona de pozas de marea (65,63%) (Tabla 7). Mientras que en los sectores las cavidades redondeadas fueron más frecuentes en el sector occidental (71,88%) y en el central (66,67%) y las irregulares en el sector oriental (56,25%) (Tabla 8).

Tabla 7. Número de cavidades redondeadas e irregulares evaluadas en las 3 zonas de la plataforma de Cepe: pozas de marea (PM), zona intermedia (ZI) y zona de rompiente (ZR).

Formas de las cavidades	PM		ZI		ZR		Total
	n	%	n	%	n	%	
Redondeadas	11	34,38	27	69,23	25	78,13	63
Irregulares	21	65,63	12	30,77	7	21,88	40

Tabla 8. Número de cavidades redondeadas e irregulares evaluadas en los 3 sectores de la plataforma de Cepe: Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR).

Formas de las cavidades	OC		C		OR		Total
	n	%	n	%	n	%	
Redondeadas	23	71,88	26	66,67	14	43,75	63
Irregulares	9	28,13	13	33,33	18	56,25	40

La mayoría de las cavidades tenía el fondo recubierto por algas calcáreas de colores rosados y por el foraminífero sésil de color rojo *Homotrema rubra*, lo que indica que estas cavidades no estaban siendo erosionadas por el erizo durante la evaluación realizada. Otras

cavidades poseían una franja de algas filamentosas alrededor del área donde el erizo habitaba. (Anexo 4).

De los erizos estudiados, solo 63 (61,17%) estaban en cavidades redondeadas, a las cuales se les midieron los diámetros para calcular la relación entre los mismos y las características morfométricas del erizo. Se encontró una correlación positiva y significativa entre los diámetros (mayor y menor) de las cavidades de los erizos ($r^2 = 0,505$; $p = 6,85E-11$) (Figura 22). La relación entre cada uno de los diámetros (mayor y menor) y la profundidad de la cavidad en la roca también fueron positivos y significativos ($r^2 = 0,149$; $p = 0,0017$ y $r^2 = 0,2282$; $p = 7,53E-5$ respectivamente) (Figura 23).

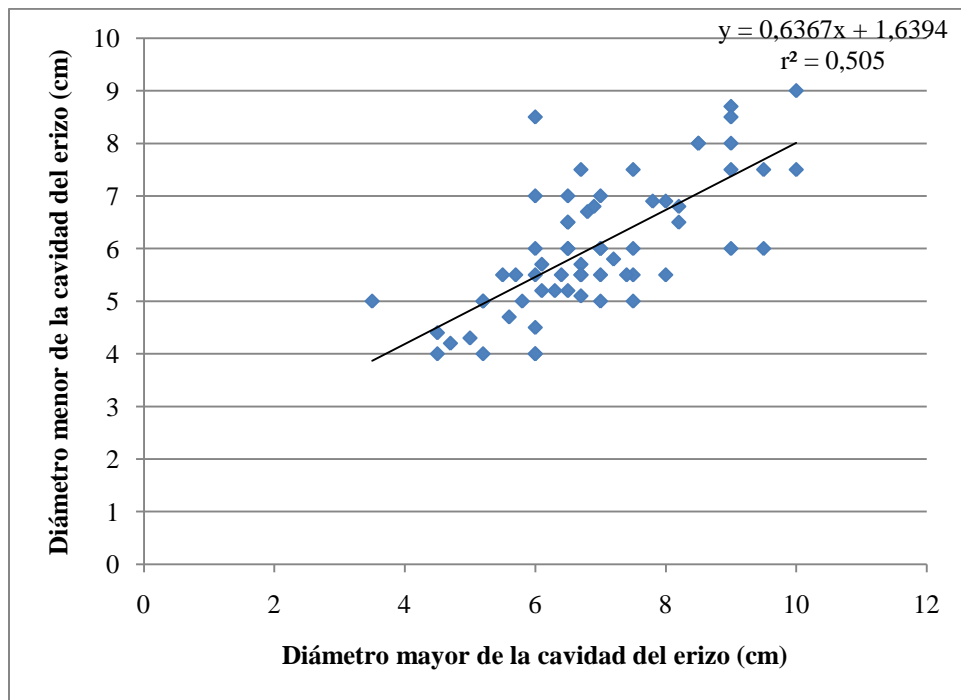


Figura 22. Análisis de correlación entre los diámetros (mayor y menor) de las cavidad redondeadas ocupadas por el erizo *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de Cepe (n=63).

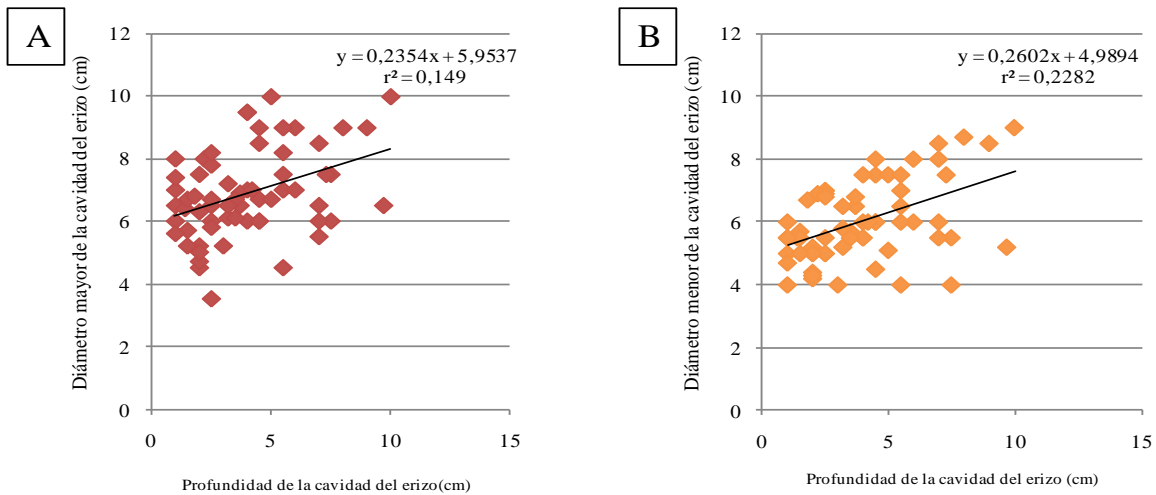


Figura 23. Análisis de correlación entre los diámetros de las cavidades redondeadas ocupadas por el erizo *Echinometra lucunter* y la profundidad de las mismas en la plataforma rocosa de Cepe (n= 63). A) Diámetro mayor y B) diámetro menor.

Se encontró una correlación positiva y significativa entre los diámetros mayor y menor de las cavidades redondeadas formadas por los erizos y la profundidad del agua a la que se encontraban dichas cavidades ($r^2 = 0,1107$; $p = 0,0077$, y $r^2 = 0,1316$; $p = 0,0035$ respectivamente), lo que indica que la mayoría de las cavidades están en las áreas más profundas de la plataforma (Figura 26).

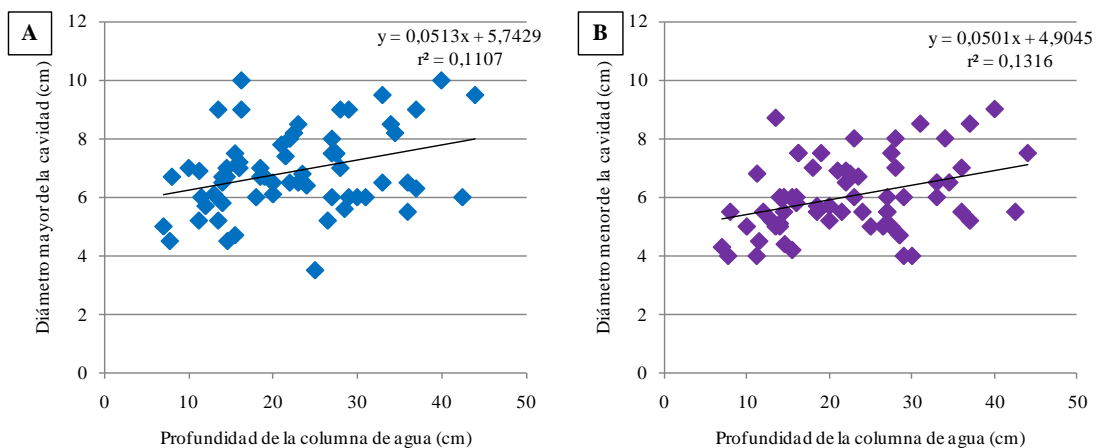


Figura 24. Análisis de correlación entre el diámetro A) mayor y B) menor de las cavidades redondeadas *Echinometra lucunter* y la profundidad del agua en la plataforma rocosa de Cepe (n= 103).

Relación entre las características de *Echinometra lucunter* y sus cavidades

Se encontró una correlación positiva y no significativa ($r^2 = 0,0201$; $p = 0,315$), indicando que los erizos no siempre estaban en cavidades relacionadas con su tamaño (Figura 24). Por otro lado, se realizó un análisis de correlación para determinar si el volumen del erizo se relacionaba con la profundidad de la cavidad, y se encontró que existe una relación positiva y significativa ($r^2 = 0,0493$; $p = 0,024$) (Figura 25), similar a la relación entre el tamaño y la profundidad de las cavidades.

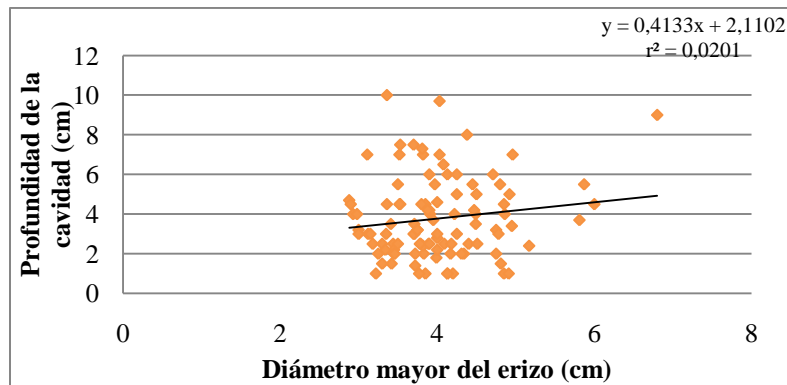


Figura 25. Análisis de correlación entre el diámetro mayor de *Echinometra lucunter* y la profundidad de las cavidades ocupadas en la plataforma rocosa de Cepe (n=103).

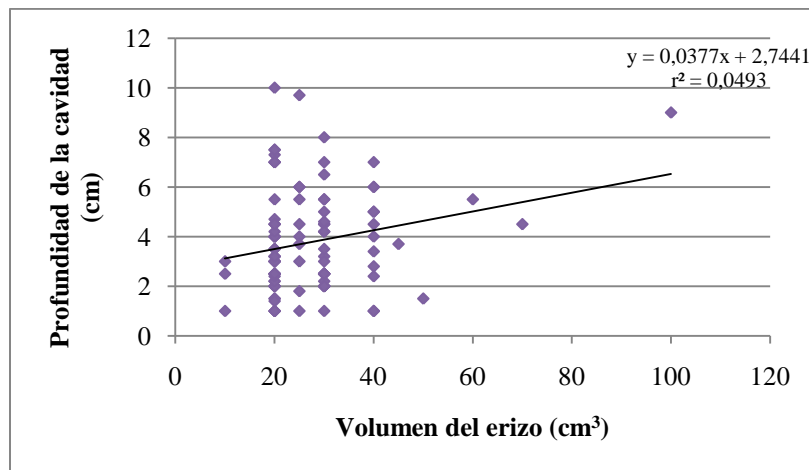


Figura 26. Análisis de correlación entre el volumen de *Echinometra lucunter* y la profundidad de las cavidades ocupadas en la plataforma rocosa de Cepe (n=101).

Prevalencia de especies asociados a *Echinometra lucunter*

De los 103 erizos evaluados el 82,5 % presentaron organismos asociados al cuerpo del mismo o a su cavidad (Figura 27 y Tabla 9). En las diferentes zonas de la plataforma los erizos presentaron una prevalencia de organismos asociados levemente distinta: 84,6 % en la zona intermedia y 81,3 % en las demás. En cuanto a los sectores la mayor prevalencia de organismos asociados fue registrada en el sector central (84,6 %) y la menor en el sector occidental (78,8 %) (Tabla 10).

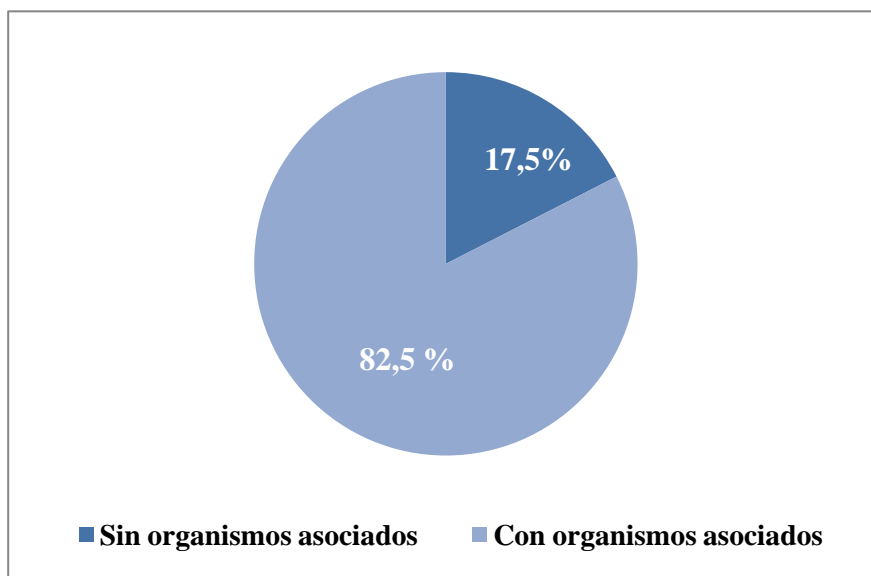


Figura 27. Prevalencia de organismos asociados al cuerpo del erizo *Echinometra lucunter* o a su cavidad (n= 103).

Tabla 9. Número de *Echinometra lucunter* en los cuales se registraron organismos asociados tanto a su cuerpo como a sus cavidades y número de erizos en los que no se observaron organismos asociados en las 9 áreas de la plataforma (n= 103).

Zona	Organismos		Total
	Presentes	Ausentes	
PM-OC	8	1	9
PM-C	10	2	12
PM-OR	8	3	11
ZI-OC	10	3	13
ZI-C	15	1	16
ZI-OR	8	2	10
ZR-OC	8	3	11

ZR-C	8	3	11
ZR-OR	10	0	10
Promedio	9,44	2	

Tabla 10. Número y proporción de *Echinometra lucunter* con y sin organismos asociados tanto a su cuerpo como a sus cavidades por zonas y sectores de la plataforma (n= 103).

Zonas y sectores	Presentes		Ausentes		Total (n)
	n	%	n	%	
PM	26	81,3	6	18,8	32
ZI	33	84,6	6	15,4	39
ZR	26	81,3	6	18,8	32
OC	26	78,8	7	21,2	33
C	33	84,6	6	15,4	39
OR	26	83,9	5	16,1	31

Organismos asociados a *Echinometra lucunter*

Riqueza y composición de especies

Se registró un total de 49 especies de organismos de 7 grupos taxonómicos distribuidos en 7 Phyla y 10 Clases, todos encontrados asociados directamente al caparazón o espinas de *E. lucunter* o a sus cavidades (Tabla 11). De estos, el grupo más diverso fue el de los moluscos con 19 especies (40,4 % de especies registradas) y los menos diversos fueron los cnidarios y los Platyhelminthes, cada uno con solo una especie (Figura 28 y Anexos 5-14).

Tabla 11. Especies encontradas asociadas al erizo *Echinometra lucunter* en los muestreos en la plataforma rocosa de Cepe. (Juv= juvenil).

Phylum	Subphylum	Clase	Orden	Género/Especie
Cnidaria		Anthozoa		Anémona (Juv.)
Platyhelminthe		Turbellaria	Polycladida	<i>Armatoplana cf. divae</i>
Mollusca		Bivalvia		<i>Isognomon</i> sp.
		Gastropoda		<i>Aplysia dactylomela</i>
				<i>Dolabrifera dolabrifera</i>
				<i>Lottia antillarum</i>
				<i>Eoacmaea pustulata</i>
			<i>Gemophos tinctus</i>	
			<i>Melanella</i> sp.	
			<i>Morula nodulosa</i>	

				<i>Heliacus cylindricus</i>
				<i>Mitrella dichroa</i>
				<i>Mitrella ocellata</i>
				<i>Nerita fulgurans</i>
				<i>Nitidella laevigata</i>
				<i>Nitidella nitida</i>
				<i>Plicopurpura patula</i>
				<i>Vexillum puella</i>
				<i>Pusia</i> sp.
				<i>Vasula deltoidea</i>
				<i>Cenchritis muricatus</i>
Annelida		Polychaeta	-	Poliqueto 1
			Terebellida	Familia Cirratulidae
			Sabellida	Poliqueto 2
				<i>Sabellastarte magnifica</i>
Artropoda	Crustacea	Malacostraca	Decapoda	<i>Calcinus tibicen</i>
				<i>Acanthonyx petiverii</i>
				<i>Teleophryx ornatus</i>
				<i>Panopeus</i> sp. (?) (Juv.)
				<i>Petrolisthes armatus</i> (Juv.)
				<i>Clibanarius tricolor</i>
				Ermitaño 1
				<i>Libinia</i> sp.
				<i>Pagurus</i> sp.
			Anfipoda	Familia Eusiridae
				Familia Ampithoidae. sp. 1
				Familia Ampithoidae. sp. 2
				Familia Ampithoidae. sp. 3
Echinodermata		Ophiuroidea	Ophiurida	<i>Ophioderma brevicauda</i>
				<i>Ophiothrix synoecina</i>
		Echinoidea	Camarodonta	<i>Echinometra lucunter</i>
				<i>Lytechinus variegatus</i>
			Diadematoida	<i>Diadema antillarum</i>
		Holothuroidea	Aspidochirotida	<i>Holothuria grisea</i>
Chordata	Vertebrata	Actinopterygii	Peces	<i>Malacoctenus</i> sp. 1
				<i>Malacocterus</i> sp. 2 (*)
				<i>Abudifduf saxatilis</i>
				<i>Elecatinus multifasciatus</i> (*)
				<i>Scartella cristata</i> (*)

(*) Especies observadas asociadas a los erizos en fechas distintas a los muestreos, no se tomaron en cuenta para los análisis.

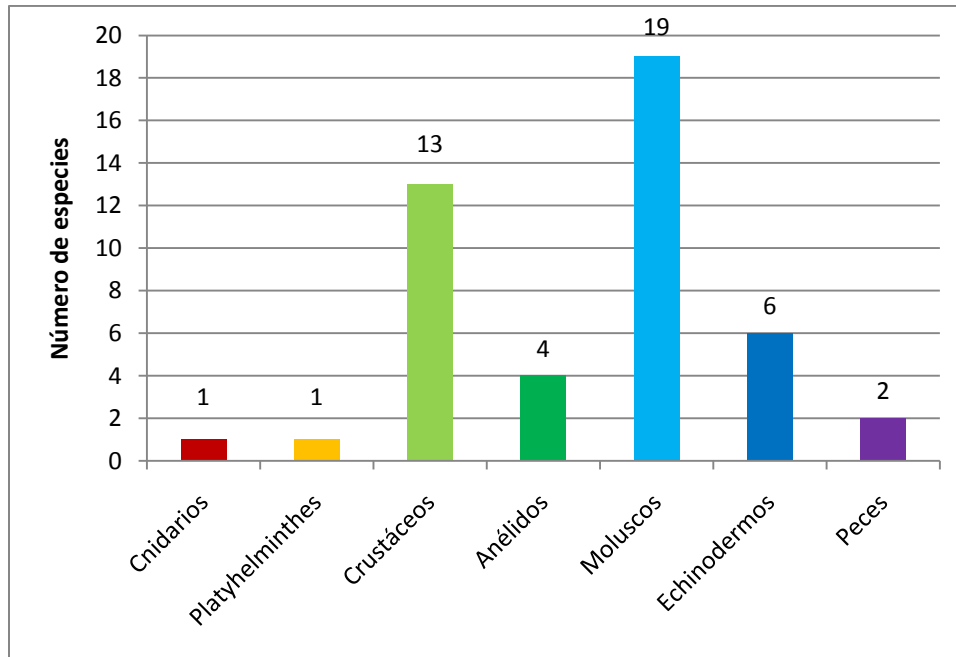


Figura 28. Número de especies por grupos taxonómicos asociados a *Echinometra lucunter* en la plataforma de Cepe. Los valores sobre las barras indican el número de especies de cada grupo.

Con los 103 erizos evaluados en los muestreos, incluidos 9 erizos evaluados previamente, se realizó una curva de acumulación de especies de los organismos asociados (utilizando la categoría taxonómica más baja en la cual se identificaron los organismos asociados). En dicha curva se observa que, aunque no se ha alcanzado una estabilización en el número de especies, el crecimiento de la misma ha disminuido significativamente (Figura 29).

Además, la curva de acumulación de especies estimada indica que con 110 muestras (utilizadas para dicho análisis: 103 de los 4 muestreos más 7 del muestreo piloto) se debería encontrar un valor aproximado de 54 especies asociadas, por lo cual las 46 especies registradas durante el muestreo representan el 85,18% del valor máximo esperado.

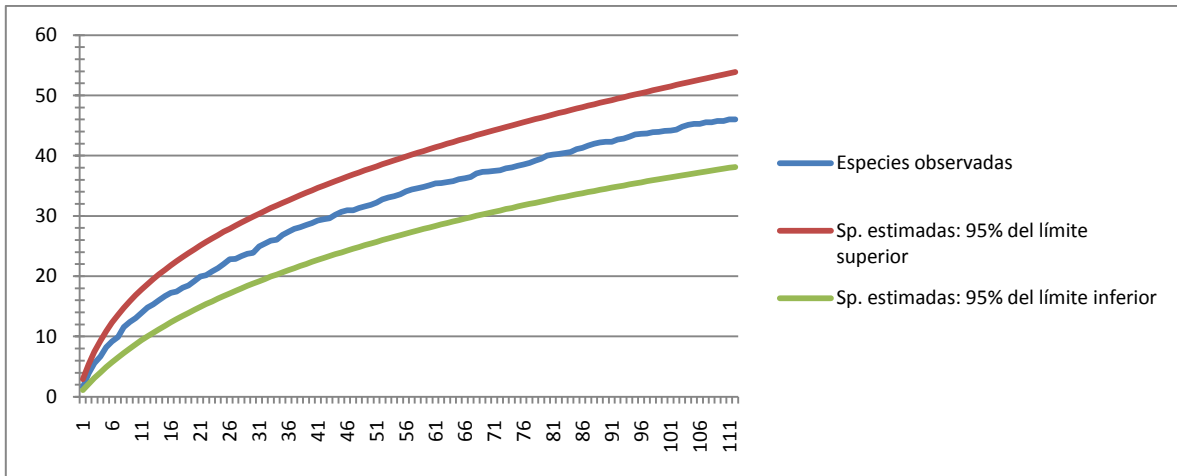


Figura 29. Curva de acumulación de especies asociadas al erizo *Echinometra lucunter* y curvas estimadas por el programa EstimateS, con 100 aleatorizaciones de los erizos evaluados.

En cuanto a la riqueza por zonas de la plataforma rocosa, la que presentó el mayor número de especies fue la zona intermedia con 33 especies, mientras que las otras dos zonas presentaron una riqueza similar: pozas de marea con 22 especies y la zona de rompiente con 20 especies (Figura 30). Por otro lado, cuando se discrimina la riqueza en las 9 áreas en que fue dividida la plataforma, la que presentó la mayor riqueza fue la zona intermedia occidental (ZI-OC) con 21 especies, y la que presentó la menor riqueza fue la zona de rompiente del sector central (ZR-C) con 8 especies (Figura 31). Al comparar la riqueza entre los 3 sectores dentro de cada zona, se determinó que la mayor riqueza se obtuvo en el sector oriental de las pozas de marea (PM-OR) con 13 especies y en el sector oriental de la zona de rompiente (ZR-OR) con 14 especies, en contraste con lo obtenido en el sector occidental de la zona intermedia (ZI-OC) donde se encontraron 21 especies (Figura 31).

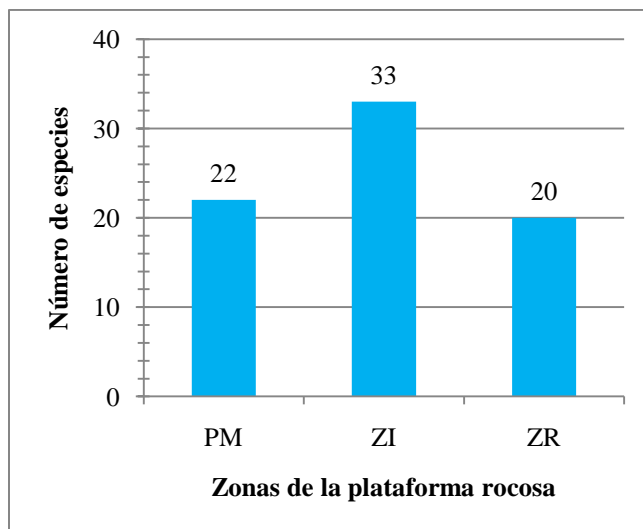


Figura 30. Número de especies asociadas a *Echinometra lucunter* en las 3 zonas de la plataforma rocosa: pozas de marea (PM), zona intermedia (ZI) y zona de rompiente (ZR).

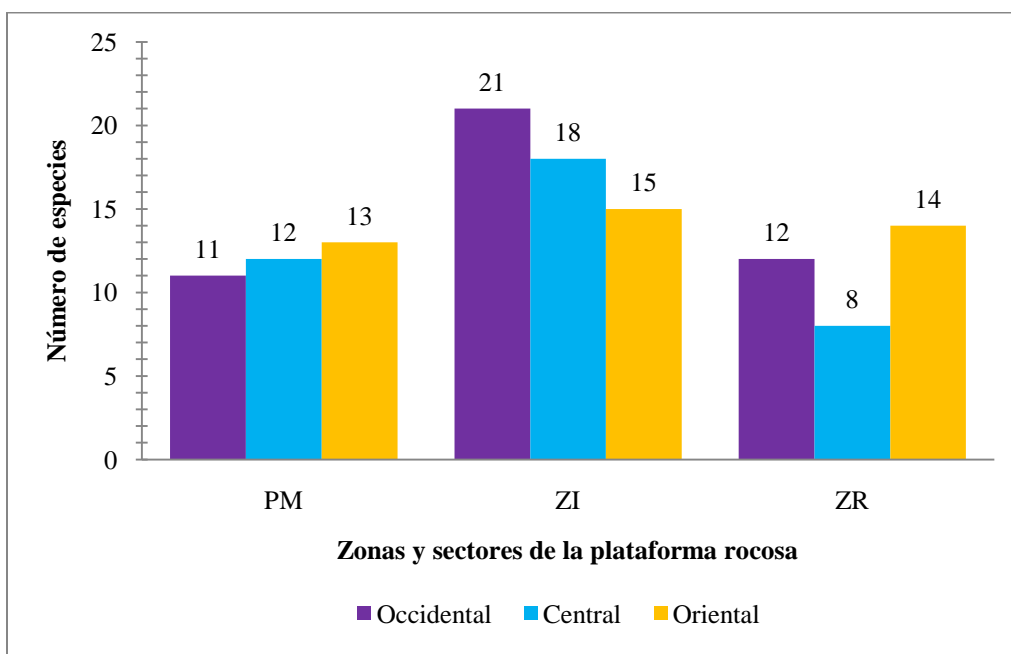


Figura 31. Número de especies asociadas a *Echinometra lucunter* en los zonas y sectores de la plataforma rocosa (PM: pozas de marea, ZI: zona intermedia y ZR: zona de rompiente).

El análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis determinó que las únicas zonas en las cuales hubo diferencias estadísticamente significativas fueron entre la zona de rompiente central (ZR-C) y la zona intermedia central (ZI-C) (Tabla 12 y Figura 32).

Tabla 12. Resultados del análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis para la determinación de diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza de especies por zonas y sectores de la plataforma rocosa. $H= 7,157$; $H_c= 7,476$; $p= 0,4127$.

	PM-C	PM-OR	ZI-OC	ZI-C	ZI-OR	ZR-OC	ZR-C	ZR-OR
PM-C		0,6666	0,5139	0,1314	0,7416	0,4602	0,6666	0,3226
PM-OR	1		0,3247	0,07566	0,4813	0,2643	1	0,1927
ZI-OC	1	1		0,3458	0,733	0,862	0,2129	0,8282
ZI-C	1	1	1		0,3166	0,3744	0,04305	0,6926
ZI-OR	1	1	1	1		0,6985	0,4597	0,5967
ZR-OC	1	1	1	1	1		0,2244	0,8603
ZR-C	1	1	1	1	1	1		0,159
ZR-OR	1	1	1	1	1	1	1	

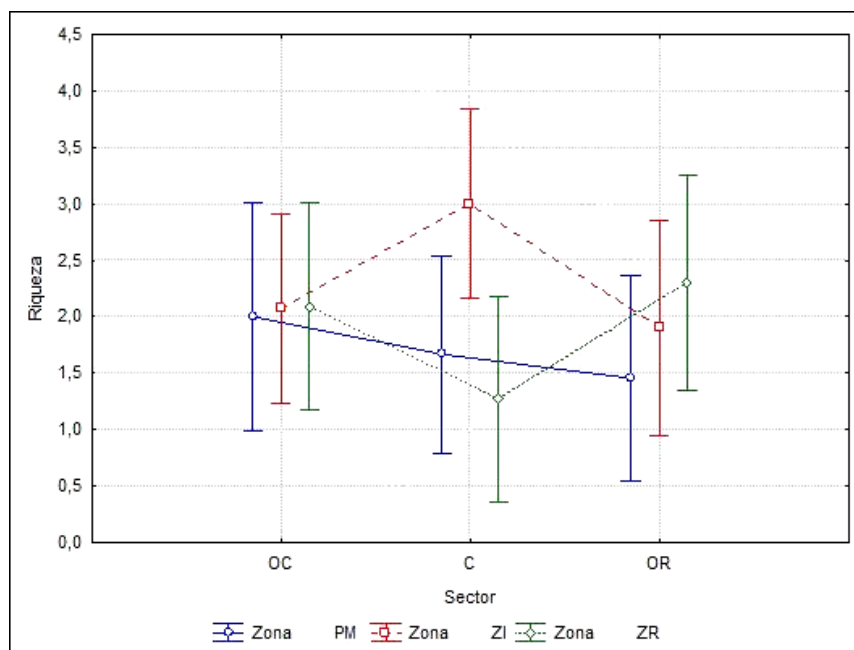


Figura 32. Comparación de las medias y desviaciones estándar de los valores de riqueza promedio correspondientes a las zonas y sectores de la plataforma rocosa: (Pozas de marea (PM) de color azul, zona intermedia (ZI) de color rojo y zona de rompiente (ZR) de color verde, sector occidental (OC) y sector oriental (OR).

Abundancia de los organismos asociados a los erizos *Echinometra lucunter*

De las 46 especies asociadas a *Echinometra lucunter*, solamente 6 aparecieron en más del 10% de los erizos, pero ninguna de las especies alcanzó el 30% de frecuencia absoluta entre todas las muestras evaluadas. La especie más frecuente fue el gastrópodo *Mitrella ocellata* (29,1%), seguido del cangrejo ermitaño *Clibanarius tricolor* (22,7%), del ofiuroideo *Ophioderma brevicauda* (22,7%), el gastrópodo *Vexillum puella* (18,2%), juveniles de *Echinometra lucunter* (11,8%) y el gastrópodo *Gemophos tinctus* (10,9%). En contraste, 20 de las especies registradas (43,48 %) solo se observaron una vez en el muestreo, y fueron consideradas especies raras dentro de la comunidad de organismos asociados a *Echinometra lucunter* (Figura 33).

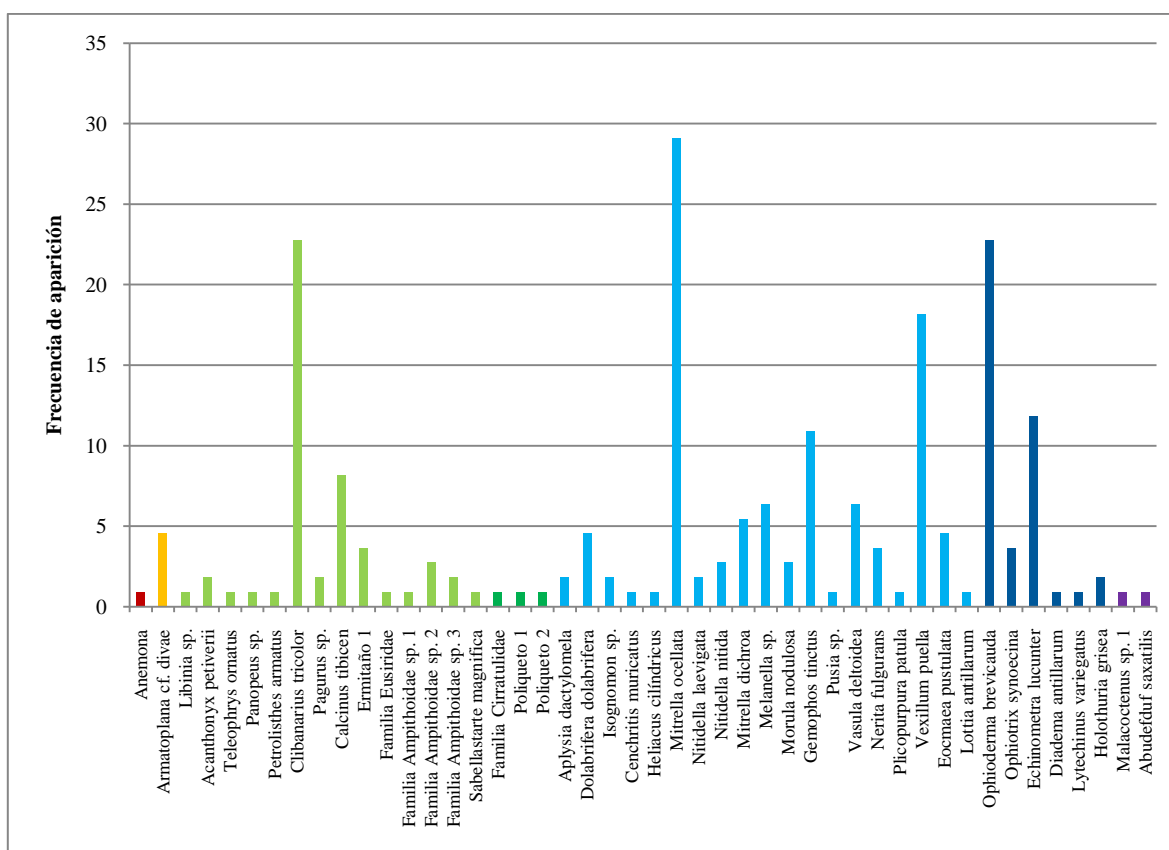


Figura 33. Frecuencia de aparición (%) de las especies asociadas a *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de la playa de Cepe. Los colores indican los grupos taxonómicos a los cuales pertenecen: cnidarios (rojo), platyhelminths (amarillo), crustáceos (verde claro), anélidos (verde oscuro), moluscos (azul claro), equinodermos (azul oscuro) y peces (morado).

La frecuencia de aparición de las especies, determinada para cada zona y sector de la plataforma rocosa, mostró que hay dos especies que aparecieron asociadas a los erizos en todas las zonas y sectores de la plataforma: el gastrópodo *Mitrella ocellata* y el ofiuroideo *Ophioderma brevicauda* (Tablas 13-15). En la zona de pozas de marea las especies más frecuentes fueron los gastrópodos *Mitrella ocellata*, *Vexillum puella* y el ofiuroideo *Ophioderma brevicauda* todas ellas con un valor de frecuencia por encima del 30% en dicha zona de la plataforma (Figura 34). De las 22 especies registradas, solo 8 se encontraron en 2 o más sectores de esta zona (Tabla 13).

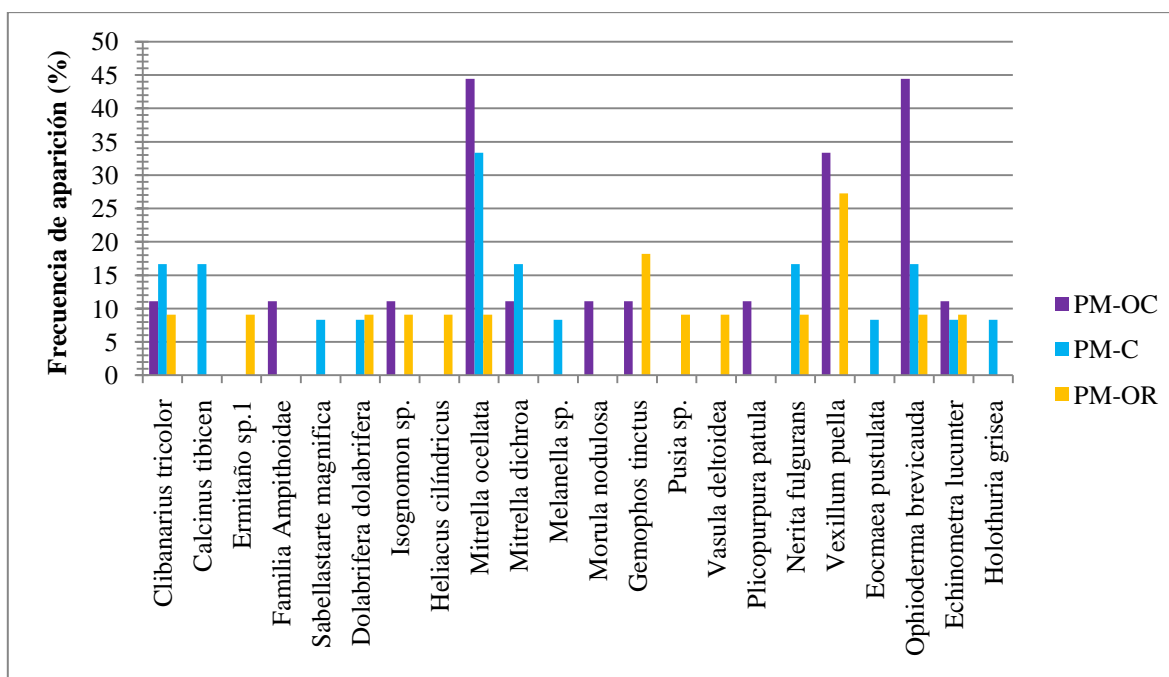


Figura 34. Frecuencia de aparición (%) de las especies asociadas con individuos de *Echinometra lucunter* en los sectores Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR) de la zona de pozas de marea (PM) de la plataforma rocosa.

Tabla 13. Organismos asociados a *Echinometra lucunter* presentes en 2 o más sectores de la zona de pozas de marea de la plataforma rocosa.

Especie	Occidental	Central	Oriental
<i>Clibanarius tricolor</i>	x	x	x
<i>Dolabrifera dolabrifera</i>	-	x	x
<i>Mitrella ocellata</i>	x	x	x
<i>Mitrella dichroa</i>	x	x	-
<i>Nerita fulgurans</i>	-	x	x

<i>Vexillum puella</i>	x	-	x
<i>Ophioderma brevicauda</i>	x	x	x
<i>Echinometra lucunter</i> (juv.)	x	x	x

En la zona intermedia las especies más frecuentes fueron: el ermitaño *Clibanarius tricolor*, y los gastrópodos *Mitrella ocellata* y *Vexillum puella* todas ellas con un valor de frecuencia mayor o igual al 30%, al igual que en la zona de pozas de marea (Figura 35). De las 34 especies registradas, solo 11 se encontraron en 2 o más sectores de la zona intermedia (Tabla 14).

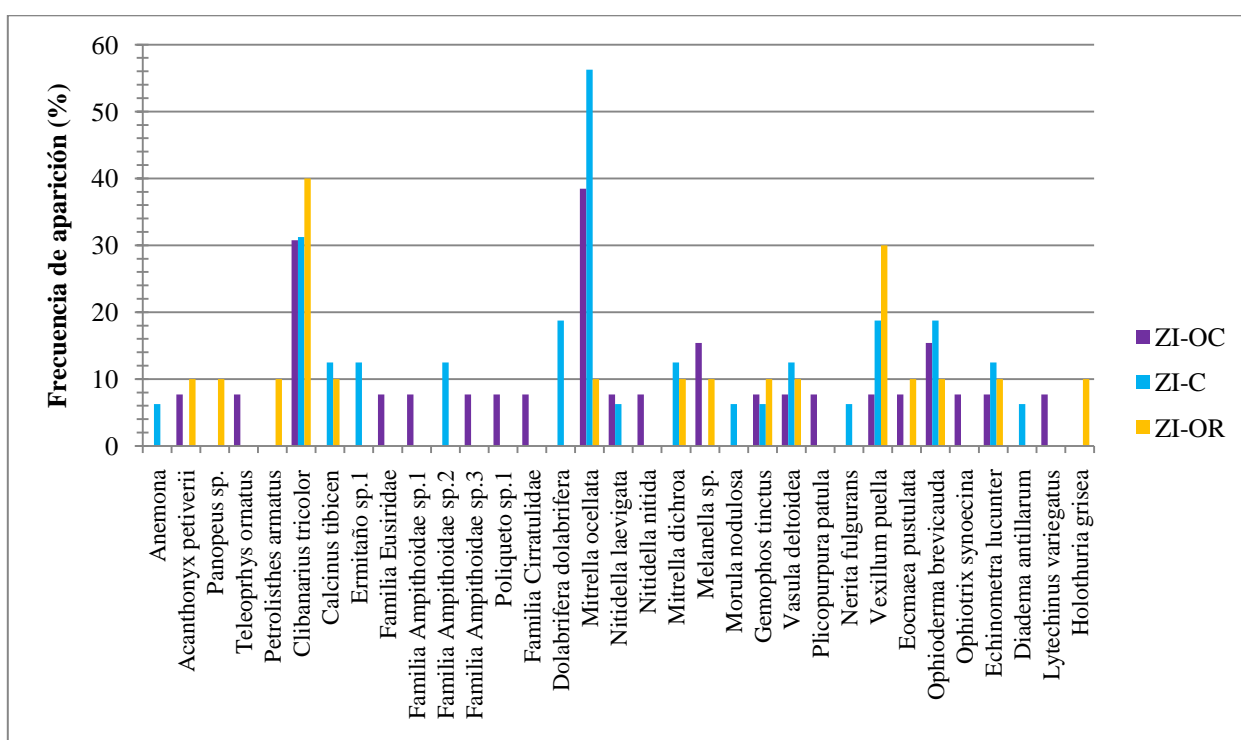


Figura 35. Frecuencia de aparición (%) de las especies asociadas con individuos de *Echinometra lucunter* en los sectores Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR) de la zona intermedia (ZI).

Tabla 14. Organismos asociados *Echinometra lucunter* presentes en 2 o más sectores de la zona intermedia de la plataforma rocosa.

Especie	Occidental	Central	Oriental
<i>Clibanarius tricolor</i>	x	x	x
<i>Calcinus tibicen</i>	-	x	x
<i>Acanthonyx petiverii</i>	x	-	x
<i>Mitrella ocellata</i>	x	x	x

<i>Nitidella laevigata</i>	X	X	-
<i>Mitrella dichroa</i>	-	X	X
<i>Gemophos tinctus</i>	X	X	X
<i>Vasula deltoidea</i>	X	X	X
<i>Vexillum puella</i>	X	X	X
<i>Eoacmea pustulata</i>	X	-	X
<i>Ophioderma brevicauda</i>	X	X	X
<i>Echinometra lucunter</i> (juv.)	X	X	X

En la zona de rompiente las especies más frecuentes, al igual que en las zonas anteriores, fueron *Clibanarius tricolor*, *Mitrella ocellata*, *Vexillum puella* y *Ophioderma brevicauda*, además en esta zona al igual que en la zona intermedia aparece el gastrópodo *Gemophos tinctus* en todos los sectores, todas las especies con un valor de frecuencia mayor o igual al 30%, al igual que en las zonas anteriores (Figura 36). De las 21 especies registradas, 10 se encontraron en 2 o más sectores de la zona de rompiente (Tabla 15).

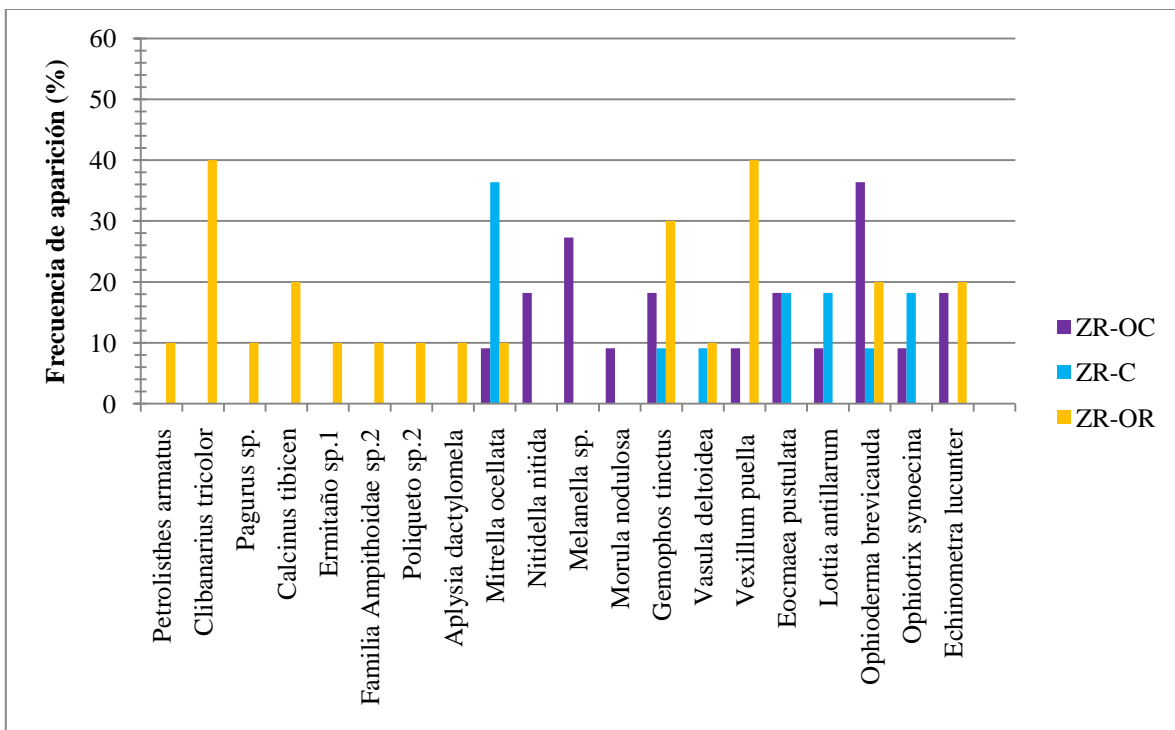


Figura 36. Frecuencia de aparición de las especies asociadas con individuos de *Echinometra lucunter* en los sectores Occidental (OC), Central (C) y Oriental (OR) de la zona de rompiente (ZR) de la plataforma rocosa.

Tabla 15. Organismos asociados a *Echinometra lucunter* presentes en 2 o más sectores de la zona de rompiente de la plataforma rocosa.

Especie	Occidental	Central	Oriental
<i>Mitrella ocellata</i>	x	x	x
<i>Gemophos tinctus</i>	x	x	x
<i>Vasula deltoidea</i>	-	x	x
<i>Vexillum puella</i>	x	-	x
<i>Eoacmea pustulata</i>	x	x	-
<i>Lottia antillarum</i>	x	x	-
<i>Ophioderma brevicauda</i>	x	x	x
<i>Ophiothrix synoecina</i>	x	x	-
<i>Echinometra lucunter</i> (juv.)	x	-	x
<i>Armatoplana cf. divae</i>	x	x	-

Índices de abundancia absoluta y de frecuencia de aparición

Ninguno de los organismos asociados a *Echinometra lucunter* o a sus cavidades presentó una relación permanente o muy abundante ($\geq 70\%$), según las escalas de abundancia propuestas de los índices de frecuencia de aparición y abundancia absoluta de individuos.

En la zona de pozas de marea, las especies que pueden ser clasificadas como ocasionales, en base a la frecuencia de aparición, son 4: los gastrópodos *Mitrella ocellata* (28, 13%) y *Vexillum puella* (18,75%), el ofiuroideo *Ophioderma brevicauda* (21,88%) y el ermitaño *Clibanarius tricolor* (12,50%). En cuanto a la abundancia absoluta solo hay dos especies: *M. ocellata* (23,46%) y *C. tricolor* (11,11%) clasificadas como ocasionales (Tabla 16).

Tabla 16. Abundancia de los organismos asociados a los individuos de *Echinometra lucunter* en la zona de pozas de marea de la plataforma rocosa en base a los índices de abundancia absoluta y de frecuencia de aparición, y clasificados de acuerdo a la abundancia.

Especie	Índice de abundancia absoluta (%)			Índice de frecuencia de aparición (%)				
	Frecuencia (%)	Fortuita	Ocasional	Frecuente	Frecuencia (%)	Fortuita	Ocasional	Frecuente
<i>Clibanarius tricolor</i>	11,11	-	x	-	12,50	-	x	-
<i>Calcinus tibicen</i>	8,64	x	-	-	6,25	x	-	-
Ermitaño sp.1	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
Familia Ampithoidae, sp. 3	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Sabellastarte magnifica</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Dolabrifera dolabrifera</i>	2,47	x	-	-	6,25	x	-	-
<i>Isognomus sp.</i>	2,47	x	-	-	6,25	x	-	-
<i>Heliacus cilíndricus</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Mitrella ocellata</i>	23,46	-	x	-	28,13	-	x	-
<i>Mitrella dichroa</i>	3,70	x	-	-	9,38	x	-	-
<i>Mellanela sp.</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Morula nodulosa</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Gemophos tinctus</i>	3,70	x	-	-	9,38	x	-	-
<i>Pusia sp.</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Vasula deltoidea</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Plicopurpura patula</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Nerita fulgurans</i>	7,41	x	-	-	9,38	x	-	-
<i>Vexillum puella</i>	9,88	x	-	-	18,75	-	x	-
<i>Eocmaea pustulata</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Ophioderma brevicauda</i>	8,64	x	-	-	21,88	-	x	-
<i>Echinometra lucunter</i> (juv.)	4,94	x	-	-	9,38	x	-	-
<i>Holothuria grisea</i>	1,23	x	-	-	3,13	x	-	-

En la zona intermedia de la plataforma, en base a la frecuencia de aparición, hay dos especies clasificadas como frecuentes: *M. ocellata* (38,46%) y *C. tricolor* (33,33%). Mientras que *Vexillum puella* (17,95%), *O. brevicauda* (15,38%), juveniles de *Echinometra lucunter* (12,82%) y *Vasula deltoidea* (10,26%) son especies ocasionales. En cuanto a la abundancia absoluta de individuos las especies ocasionales son las mismas dos de la zona de pozas de marea (*C. tricolor* 26,22% y *M. ocellata* 15,85%) (Tabla 17).

Tabla 17. Abundancia de los organismos asociados a los individuos de *Echinometra lucunter* en la zona intermedia de la plataforma rocosa en base a los índices de abundancia absoluta y de frecuencia de aparición, y clasificados de acuerdo a la abundancia.

Especie	Índice de abundancia absoluta (%)				Índice de frecuencia de aparición (%)			
	Frecuencia (%)	Fortuita	Ocasional	Frecuente	Frecuencia (%)	Fortuita	Ocasional	Frecuente
Anemona	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Acanthonyx petiverii</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Teleophryx ornatus</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Panopeus</i> sp. (juv)	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Acanthonyx petiverii</i> (juv)	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Clibanarius tricolor</i>	26,22	-	x	-	33,33	-	-	x
<i>Calcinus tibicen</i>	2,44	x	-	-	7,69	x	-	-
Ermitaño sp.1	1,22	x	-	-	5,13	x	-	-
Familia Eusiridae	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
Familia Ampithoidae, sp. 1	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
Familia Ampithoidae, sp. 2	1,22	x	-	-	5,13	x	-	-
Familia Ampithoidae, sp. 3	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
Poliqueto sp.1	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
Familia Cirratulidae	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Dolabrifera dolabrifera</i>	1,83	x	-	-	7,69	x	-	-
<i>Mitrella ocellata</i>	15,85	-	x	-	38,46	-	-	x
<i>Nitidella laevigata</i>	1,22	x	-	-	5,13	x	-	-
<i>Nitidella nitida</i>	1,83	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Mitrella dichroa</i>	2,44	x	-	-	7,69	x	-	-
<i>Melanella</i> sp.	9,76	x	-	-	7,69	x	-	-
<i>Morula nodulosa</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Gemophos tinctus</i>	1,83	x	-	-	7,69	x	-	-
<i>Vasula deltoidea</i>	2,44	x	-	-	10,26	-	x	-
<i>Purpura patula</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Nerita fulgurans</i>	1,22	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Vexillum puella</i>	6,10	x	-	-	17,95	-	x	-
<i>Eocmaea pustulata</i>	1,22	x	-	-	5,13	x	-	-
<i>Ophioderma brevicauda</i>	4,27	x	-	-	15,38	-	x	-
<i>Ophiotrix synoecina</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Echinometra lucunter</i> (juv.)	8,54	x	-	-	12,82	-	x	-
<i>Diadema antillarum</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Lytechinus variegatus</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Holothuria grisea</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-
<i>Abudedefduf saxatilis</i>	0,61	x	-	-	2,56	x	-	-

En la zona de rompiente de la plataforma, ninguna especie se clasificó como frecuente, pero si existieron especies ocasionales, de las cuales 5 son las mismas registradas en las zonas antes nombradas, además de los gastrópodos *Gemophos tinctus* (18,75%) y *Eocmaea pustulata* (12,5%), y el platihelminto *Armatoplana* cf. *divae* (18,75%). En cuanto a la abundancia absoluta de individuos, las especies ocasionales son el gastrópodo *Melanella* sp. (21,31%) y el platyhelmintho (14,75%) (Tabla 18).

Tabla 18. Abundancia de los organismos asociados a los individuos de *Echinometra lucunter* en la zona de rompiente de la plataforma rocosa en base a los índices de abundancia absoluta y de frecuencia de aparición, y clasificados de acuerdo a la abundancia.

Especie	Índice de abundancia absoluta (%)			Índice de frecuencia de aparición (%)				
	Frecuencia (%)	Fortuita	Ocasional	Frecuente	Frecuencia (%)	Fortuita	Ocasional	Frecuente
<i>Armatoplana cf. divae</i>	14,75	-	x	-	18,75	-	x	-
<i>Petrolisthes armatus</i>	0,82	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Clibanarius tricolor</i>	4,10	x	-	-	12,50	-	x	-
<i>Pagurus sp.</i>	0,82	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Calcinus tibicen</i>	1,64	x	-	-	6,25	x	-	-
Ermitaño sp.1	0,82	x	-	-	3,13	x	-	-
Familia Ampithoidae sp. 2	0,82	x	-	-	3,13	x	-	-
Poliqueto sp.2	1,64	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Aplysia dactylomela</i>	0,82	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Mitrella ocellata</i>	5,74	x	-	-	18,75	-	x	-
<i>Nitidella nitida</i>	2,46	x	-	-	6,25	x	-	-
<i>Melanella sp.</i>	21,31	-	x	-	9,38	x	-	-
<i>Morula nodulosa</i>	0,82	x	-	-	3,13	x	-	-
<i>Gemophos tinctus</i>	9,02	x	-	-	18,75	-	x	-
<i>Vasula deltoidea</i>	1,64	x	-	-	6,25	x	-	-
<i>Vexillum puella</i>	8,20	x	-	-	15,63	-	x	-
<i>Eocmaea pustulata</i>	4,10	x	-	-	12,50	-	x	-
<i>Lottia antillarum</i>	4,10	x	-	-	9,38	x	-	-
<i>Ophioderma brevicauda</i>	6,56	x	-	-	21,88	-	x	-
<i>Ophiotrix synoecina</i>	3,28	x	-	-	9,38	x	-	-
<i>Echinometra lucunter</i> (juv.)	6,56	x	-	-	12,50	-	x	-

Índices de Diversidad y Equidad

De acuerdo a los índices de Shannon (H') y de Simpson (D), la zona intermedia es la más diversa con los valores de $H' > 0,3$ y $D > 0,4$. Por otro lado el sector occidental de cada zona es el que presenta los mayores valores de diversidad de los índices (Figura 37).

Al discriminar entre las 9 áreas de la plataforma, los valores más altos de los índices de diversidad se obtuvieron en la zona intermedia Occidental (ZI-OC), seguido por la zona de rompiente Oriental (ZR-OR). El menor valor de los índices de diversidad fue reportado para la zona de pozas de marea Central (PM-C) (Figura 38).

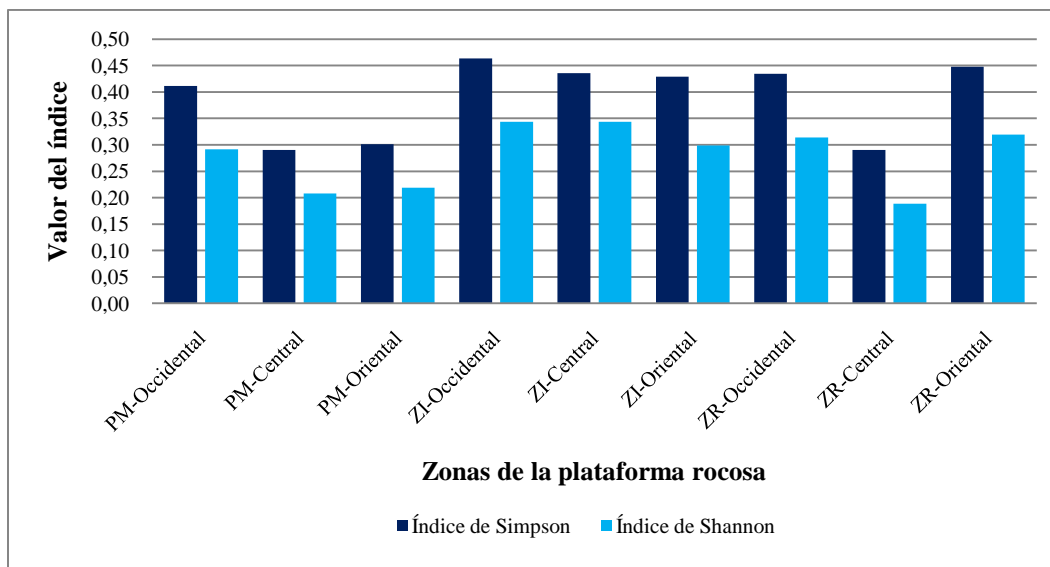


Figura 37. Índices de diversidad de Simpson y Shannon calculados para cada una de las zonas (PM= Poza de marea, ZI= zona intermedia y ZR= zona de rompiente) y sectores de la plataforma rocosa.

En cuanto al grado de homogeneidad existente entre las abundancias relativas de las especies el índice de Equidad de Pielou (J) señala que los valores más altos se encuentran en el sector occidental de las 3 zonas y los valores más bajos en la zona central, siendo la zona de rompiente Occidental la que posee el valor mayor y el menor valor en la pozas de marea Central (Figura 38).

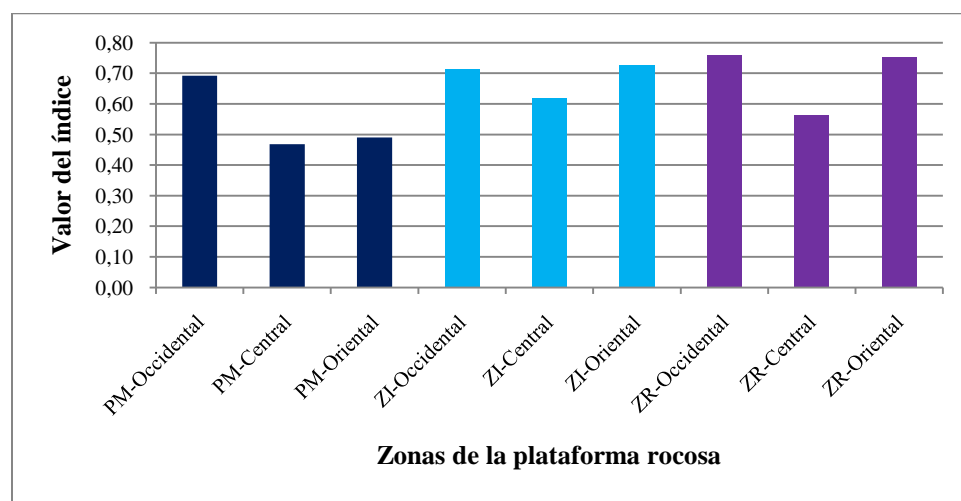


Figura 38. Índice de Equidad de Pielou (J) calculados para cada una de las zonas (PM= Poza de marea, ZI= zona intermedia y ZR= zona de rompiente) y sectores de la plataforma rocosa.

Número de especies asociadas por erizos

La riqueza de especies asociada por cada erizo en particular, varió de 1 hasta un máximo de 6 (Tabla 19). De los erizos evaluados el 17,5% (Figura 27) no tenían ningún organismo asociado y el 51% de los erizos contenía entre 1 y 2 especies (Figura 39).

En cuanto a la riqueza por zonas, en la mayoría de los erizos de la zona de pozas de marea y la zona intermedia se registró una sola especie asociada (37,50 y 23,08 % respectivamente), mientras que en la zona de rompiente el 40,6% de los erizos poseían 2 especies (Tabla 19 y 20).

En los sectores, la mayoría de los erizos del sector central poseía una sola especie asociada, mientras que en los sectores oriental y occidental la mayoría poseían entre 2 y 3 especies asociadas (Tabla 19 y 20).

Tabla 19. Número de especies asociadas al erizo evaluado en las zonas y sectores de la plataforma de Cepe.

Zonas y sectores	Número de especies asociadas							Total
	0	1	2	3	4	5	6	
PM	6	12	6	5	-	3	-	32
ZI	6	9	7	7	6	3	1	39
ZR	6	6	13	3	2	1	1	32
OC	7	6	8	8	1	2	1	33
C	6	13	7	6	4	2	1	39
OR	5	8	11	1	3	3	-	31

Tabla 20. Porcentaje del número de especies asociadas al erizo evaluado en las zonas y sectores de la plataforma de Cepe.

Zonas y sectores	Número de especies asociadas						
	0	1	2	3	4	5	6
PM	18,75	37,50	18,75	15,63	0,00	9,38	0,00
ZI	15,38	23,08	17,95	17,95	15,38	7,69	2,56
ZR	18,75	18,75	40,63	9,38	6,25	3,13	3,13
OC	21,21	18,18	24,24	24,24	3,03	6,06	3,03
C	15,38	33,33	17,95	15,38	10,26	5,13	2,56
OR	16,13	25,81	35,48	3,23	9,68	9,68	0,00

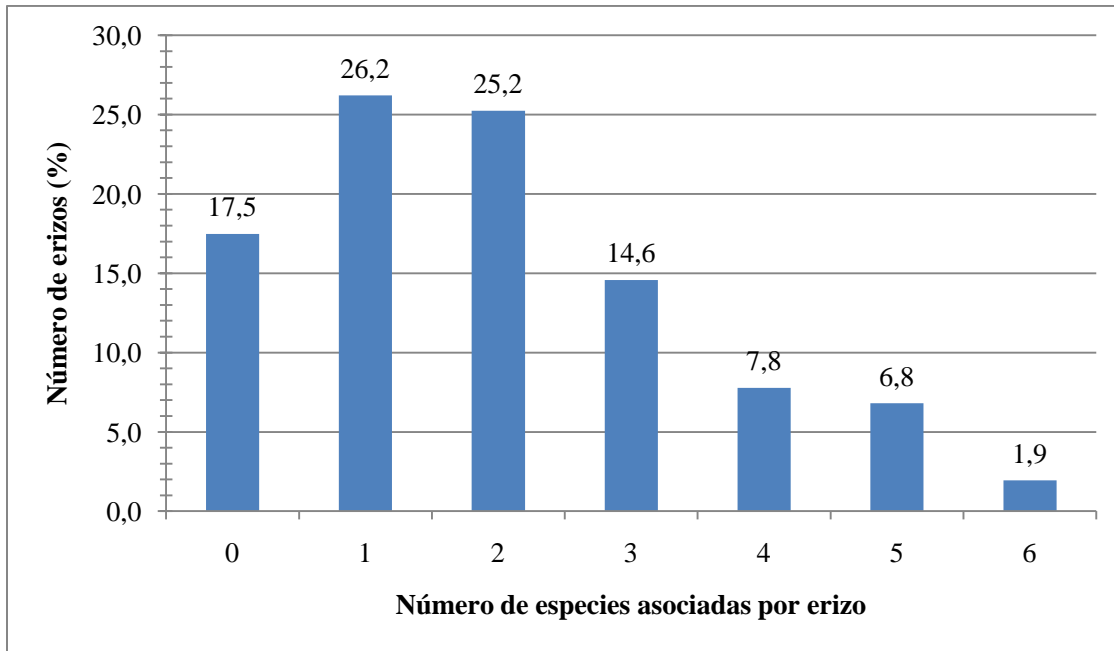


Figura 39. Número de especies asociadas por erizo (%) evaluadas en la plataforma rocosa de Cepe (n=103). Los números sobre las barras indican el porcentaje de erizos con ese número de especies asociadas al erizo.

Existe una correlación positiva y no significativa ($r^2 = 0,017$; $p = 0,19$) entre la riqueza de especies y el diámetro mayor del caparazón de los erizos (Figura 40), lo cual significa que la riqueza de especies asociada a los erizos está determinada por otros factores y no por el tamaño de los erizos.

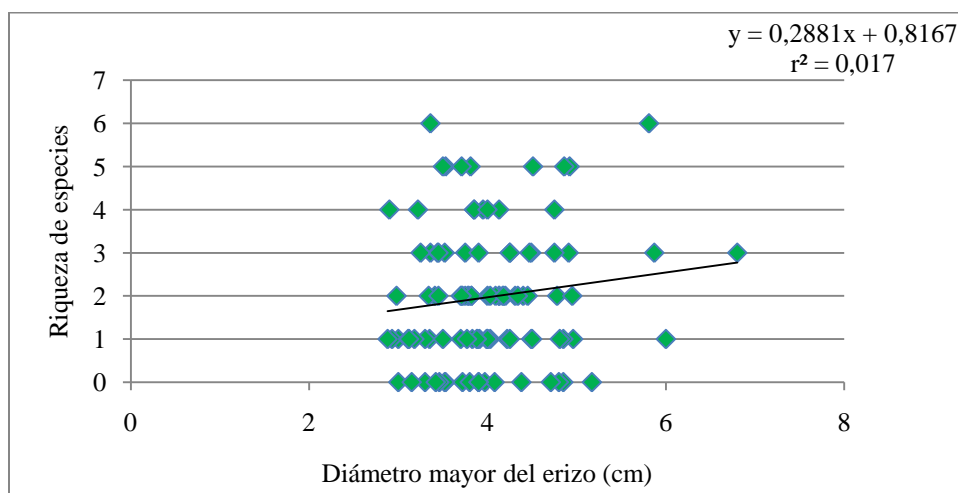


Figura 40. Análisis de correlación entre el diámetro mayor del erizo y la riqueza de especies asociadas a *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de Cepe (n=103).

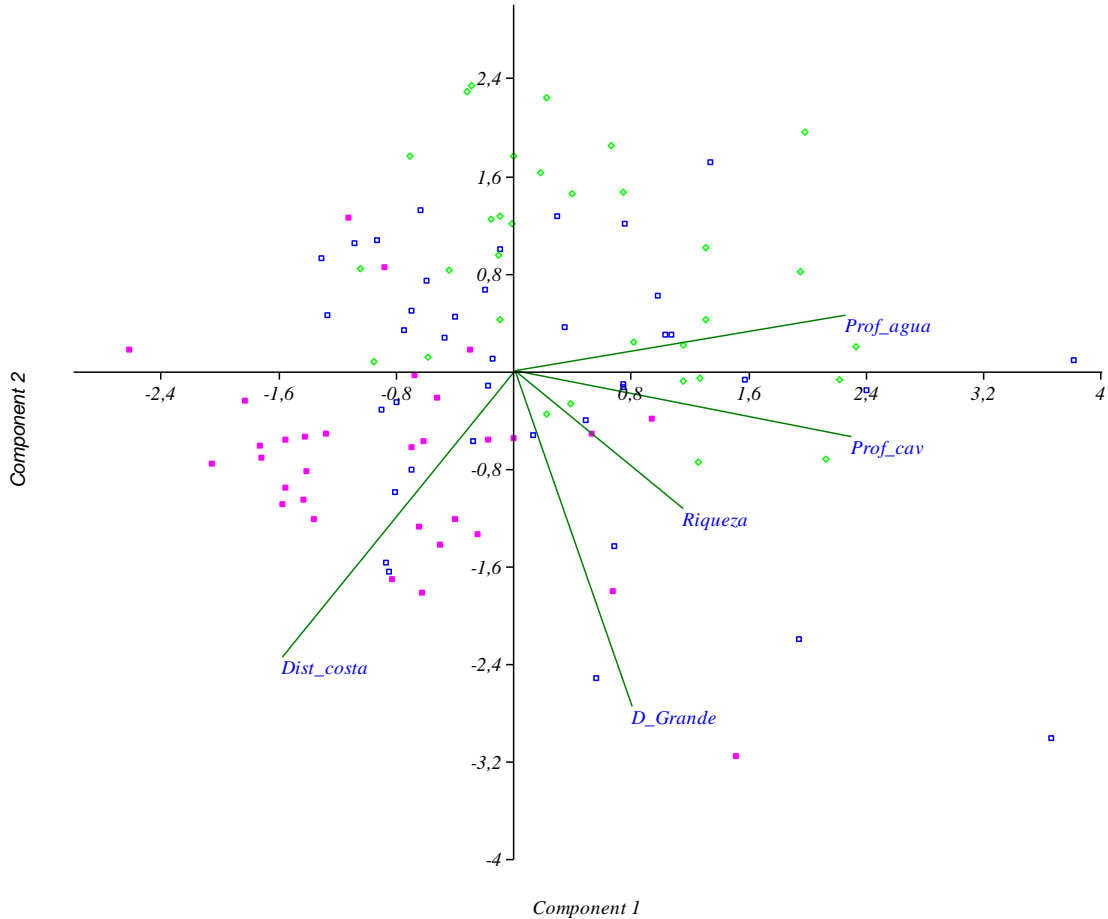
Análisis multivariados

En los análisis de Componentes principales (PCA) realizados para identificar posibles factores que pudiesen estar afectando la distribución de las especies de organismos asociados a los erizos, se determinó que las variables ambientales y las características asociadas a los erizos, como lo son distancia a la costa, profundidad del agua, profundidad de la cavidad, riqueza de especies asociadas y diámetro mayor del caparazón del erizo, no están relacionadas de la misma manera con los erizos de cada una de las zonas (poza de marea, intermedia y rompiente) de la plataforma rocosa.

En el PCA realizado con los datos de tamaño de los erizos, profundidad de las cavidades, profundidad del agua, distancia a la costa y riqueza de especies, se puede observar que la variación del primer componente (28,065%) viene dado por la combinación de las variables diámetro de los erizos y la distancia a la costa, mientras que la variación del segundo componente (25,33%) viene dado por la profundidad del agua en combinación con la profundidad de las cavidades y en menor grado por la riqueza de especies. Ambos componentes explican en conjunto el 53,4% de la variación total de los datos (Figura 41).

Los resultados de este gráfico muestran una separación de las muestras en dos grupos más homogéneos correspondientes a las zonas de pozas de marea y a la zona de rompiente. Los erizos de la zona intermedia se encuentran mezclados con los de las otras dos zonas, lo que es esperado debido a que es una zona de transición entre las otras dos zonas antes nombradas, en las cuales los valores de algunos parámetros son completamente opuestos.

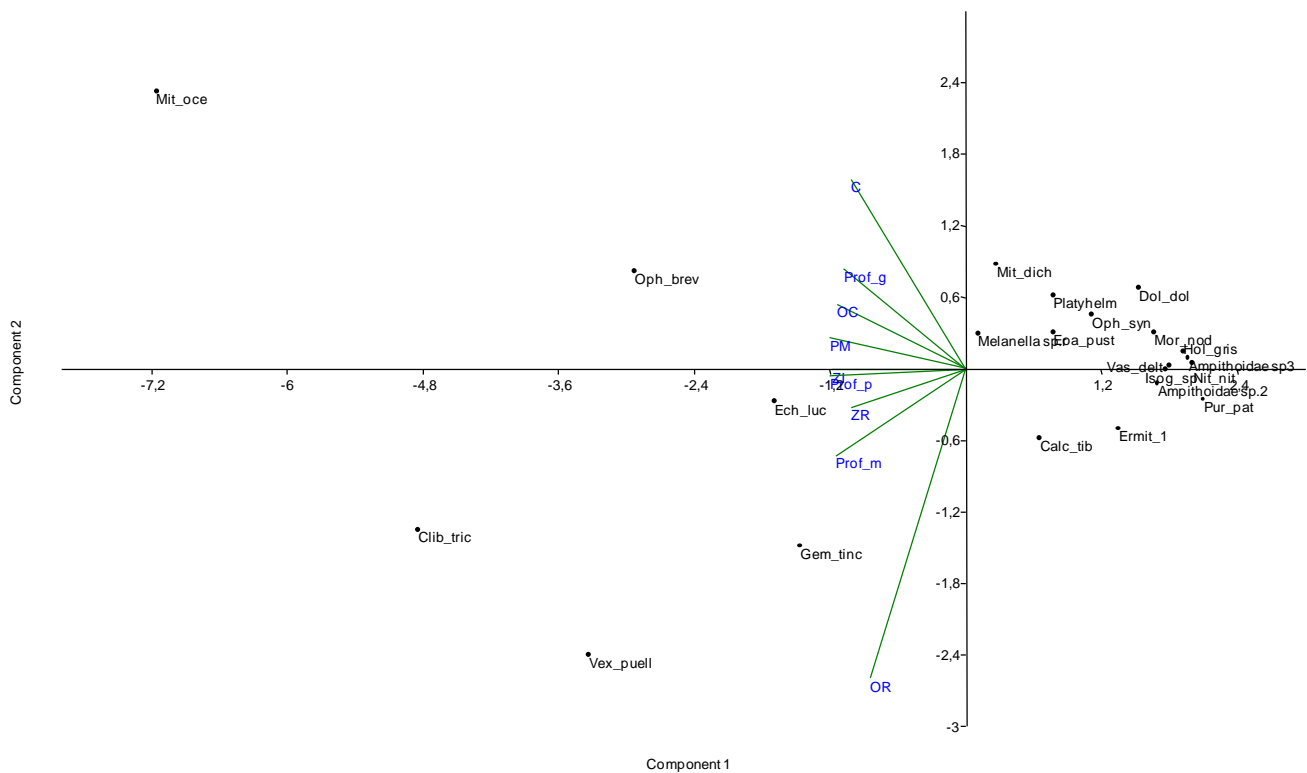
Además, se observó que los erizos distribuidos en la zona intermedia y en la zona de rompiente están relacionados positivamente con la profundidad del agua y la profundidad de la cavidad, a diferencia de los erizos de la zona de pozas de marea los cuales están relacionados positivamente con la distancia a la costa. Se observa también que la riqueza de especies y el diámetro mayor del erizo están relacionados de manera directa y que la mayoría de los erizos muestreados poseen una relación negativa con dichas variables, es decir que están relacionados con diámetros no muy grandes y con valor bajo de especies asociadas por cada individuo (Figura 41).



Eje	Autovalor	% de información
1	1,40327	28,065
2	1,26652	25,33
3	0,9713	19,426
4	0,76429	15,286
5	0,59462	11,892

Figura 41. Análisis de Componentes Principales (PCA) realizados con matriz de correlación, y mostrando la ordenación bidimensional de las 3 zonas de la plataforma a lo largo de los dos primeros componentes principales. Los vectores representan las variables de los datos de los erizos (diámetro mayor), las características de las cavidades (profundidad de la cavidad, profundidad de la columna de agua, distancia a la costa) y la riqueza de organismos asociados a cada muestra. Los puntos azules representan muestras de la zona intermedia, los verde de la zona de pozas de marea y el rosado representa la zona de rompiente.

El PCA realizado con la frecuencia de aparición de las variables asociadas a la ubicación de los erizos sobre la plataforma rocosa indica que no todas las variables afectan de la misma manera la distribución de las especies de organismos asociados a los erizos. El primer componente principal tiene un porcentaje de varianza explicada de 71,11% y las variables que afectan principalmente dicho componente son el sector central, la profundidad clasificada como grande y el sector oriental, a diferencia del segundo componente principal en el cual la varianza explicada es de 9,90%, y las variables que explican el mismo son el sector occidental, la zonas de la plataforma (pozas de marea, intermedia y de rompiente), la profundidad clasificada como poca y media. Entre los dos primeros componentes la varianza explicada es del 81% (Figura 42).

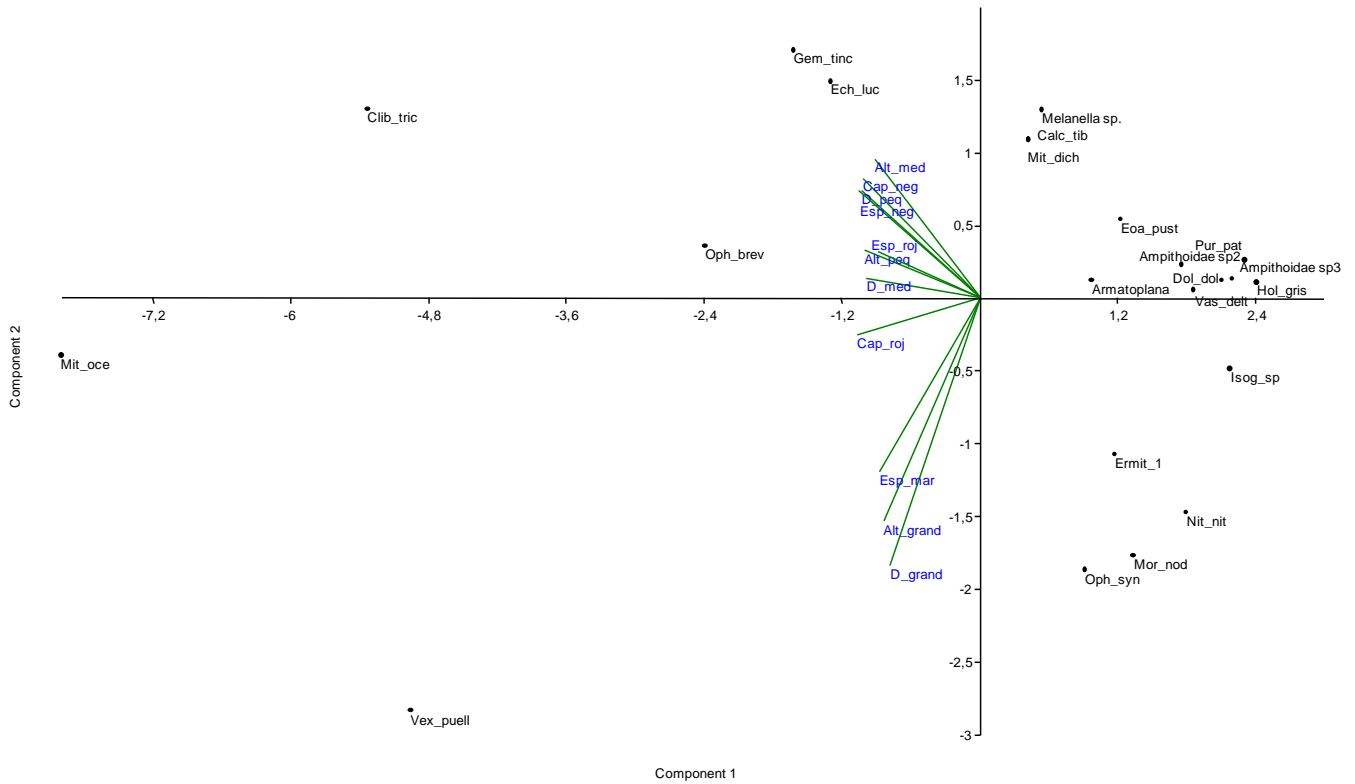


Eje	Autovalor	% de información
1	6,39981	71,11
2	0,891138	9,90

3	0,641157	7,12
4	0,472324	5,25
5	0,297245	3,30
6	0,197049	2,19
7	0,0975093	1,08
8	0,00265788	0,03
9	0,00110858	0,01

Figura 42. Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado con matriz de correlación, de las variables asociadas a la ubicación de los erizos (zonas y sectores de la plataforma rocosa, y profundidad de las cavidades) con la frecuencia de aparición de cada una de las especies asociadas al erizo.

En el PCA realizado con las variables asociadas a las características del erizo, se observó que el primer componente principal tiene un porcentaje de varianza explicada de 73,15% y las variables que afectan principalmente dicho componente son la altura del caparazón clasificadas como mediana y grande, y el diámetro pequeño y grande del caparazón, color negro del caparazón, y el color negro y marrón de las espinas. A diferencia el segundo componente principal tiene una varianza explicada del 12,91%, y las variables que explican el mismo son el color rojo del caparazón y de las espinas, el diámetro mediano y la altura pequeña del caparazón. Entre los dos primeros componentes la varianza explicada es del 86,06% (Figura 43).



Axis	Autovalor	% de información
1	8,04678	73,15
2	1,42006	12,91
3	0,820227	7,46
4	0,399664	3,63
5	0,163969	1,49
6	0,0891364	0,81
7	0,0306395	0,28
8	0,0295285	0,27
9	4,63E-32	$4,2 \times 10^{-31}$
10	1,82E-32	$1,7 \times 10^{-31}$
11	1,64E-33	$1,5 \times 10^{-32}$

Figura 43. Análisis de Componentes Principales (PCA) realizado con matriz de correlación, de las variables asociadas al erizo (diámetro, altura y color del caparazón y espinas) con la aparición de cada una de las especies asociadas al erizo.

DISCUSIÓN

Composición de la roca de la plataforma

Los resultados de los análisis de la composición de la roca de la plataforma de Cepe indican que la misma está constituida por areniscas de grano fino y grava cementadas por una matriz calcárea. Lo que coincide con lo descrito en la bibliografía donde se menciona que los tipos de rocas donde los erizos realizan sus cavidades para protegerse del oleaje y de depredadores, son sobre sustratos duros constituidos por rocas calcáreas, roca de playa, coral muerto, areniscas y hasta rocas metamórficas de tipo filitas o esquistos (McLean, 1967; McGehee, 1992; Monroy y Solano, 2005).

Parámetros ambientales

Durante el período de estudio los parámetros ambientales evaluados se mantuvieron dentro del intervalo de variación de las aguas costeras del litoral central del país (Ginés, 1982).

La salinidad del agua se mantuvo similar durante los muestreos (33,5-35,7 %), los valores más bajos observados, pueden deberse a los aportes de agua dulce provenientes del río Cepe o por las lluvias (que abarcan de junio a diciembre) (Llano et al. 1999) y que coincidieron con el período de estudio.

La temperatura del agua osciló dentro del intervalo registrado para la localidad, donde los valores promedios mensuales varían aproximadamente entre 25 y 28,5 °C (Felaco, 2011). Sin embargo, en las dos zonas de la plataforma donde se evaluó la temperatura, a pesar que presentaron un mismo patrón de incremento y descenso de la temperatura a lo largo del día, se detectaron diferencias de hasta 1 °C en las horas de mayor insolación (entre 11 am y 1 pm). El agua de la zona de pozas de marea (PM) por ser más somera y presentar poco movimiento, se calientan con mayor rapidez comparada con la zona de rompiente (ZR), donde ocurre un recambio continuo de las aguas debido al oleaje. Esto indica que los erizos y su fauna asociada establecida en las pozas de marea están sometidos a mayores variaciones diarias de la temperatura del agua (Metaxas y Scheibling, 1993) que los de la

zona de rompiente. No obstante, estas temperaturas están por debajo del umbral tolerable para los organismos, a partir del cual se producen mortalidades masivas, que para el caso de *Echinometra lucunter* es de aproximadamente 38 °C (Glynn, 1968).

El hidrodinamismo de la plataforma expresado como índices de disolución de barras de tiza, presentó patrones opuestos en distintos sectores evaluados. Los mayores valores se registraron en el sector oriental de la zona de rompiente y pozas de marea y en el occidental de pozas de marea. Estas variaciones del movimiento del agua en los dos sectores de la plataforma rocosa puede deberse a la alta heterogeneidad morfológica de la misma, lo cual hace que el oleaje se comporte de maneras distintas en cada uno de los sectores de la plataforma. Además, las zonas más expuestas presentaron los mayores valores y también mayor intervalo de variación. Los índices promedio registrados (0,8-1,75 g/h) son superiores a los determinados para otras localidades del litoral central (Ensenada Manare y Playa Los Indios) utilizando el mismo método, donde las tazas oscilaron entre 0,64-0,71 g/h (Felaco, 2011). Este movimiento del agua con oleaje intenso y constante determina el establecimiento y distribución de *E. lucunter*, y explica la alta densidad del erizo en la plataforma rocosa de Cepe, similar a lo encontrado en otras áreas del Caribe (McPherson, 1969; Abbott et al., 1974; McGehee, 1992).

Además, el oleaje es considerado uno de los principales factores que determina la distribución de la mayoría de los organismos en las plataformas rocosas, y aunado a la complejidad del sustrato (presencia de superficies horizontales y verticales, pozas de marea, grietas, cavidades, etc.) es determinante para el incremento de la diversidad de especies y para el establecimiento de diferencias entre zonas y sectores (Burrows et al., 2008).

Tamaño y densidad de *Echinometra lucunter*

El tamaño de los erizos estudiados osciló entre 3 y 6,8 cm, cuando la talla máxima reportada para la especie es de 9,5 cm en Bermuda (Ebert et al., 2008). Sin embargo, estas tallas de los erizos adultos de la plataforma de Cepe son similares al de otras poblaciones en

otras localidades, tanto de Venezuela como del Caribe (McPherson, 1969; Lewis y Storey, 1984; Pompa et al., 1993; Nodarse-Konnorov, 2001, Monroy y Solano, 2005).

Es importante destacar que los tamaños de los erizos de la zona de rompiente (ZR) fueron mayores a los encontrados en la zona de pozas de marea (PM) la cual está más protegida y donde está el menor hidrodinamismo. Este mismo patrón de distribución de tallas coincide con lo reportado por Khamala (1971) en *Echinometra mathaei*, donde los organismos de menores tamaños se encontraban en las zonas más protegidas y los de mayor tamaño en las zonas expuestas al oleaje.

La densidad total de erizos registrados en la plataforma de Cepe ($29,6 \pm 32,37$ ind/m² de erizos de talla mayor a 3cm), es intermedia a los valores registrados en otras localidades del Caribe. Por ejemplo, McPherson (1965) reportó una densidad promedio de $2,7 \pm 0,6$ ind/m² en Pigeon Key, Florida. Posteriormente, Pompa et al. (1989) registraron una densidad promedio mensual de $10,88$ ind/m² en el Golfo de Cariaco (Venezuela), y Monroy y Solano (2002) registraron en el Caribe Colombiano un promedio de $46 \pm 8,6$ ind/m² (todos los estudios sin discriminación de tallas). También, Nodarse-Konnorov (2001), reportó una densidad media anual de $53,3$ ind/m² en el litoral norte de la Ciudad de la Habana, Cuba, en un estudio realizado entre 1998 y 1999.

La densidad máxima de individuos de *E. lucunter* registrada en la plataforma de Cepe fue de 153 ind/ m², lo que es uno de los valores más altos determinados en el Caribe, donde se ha reportado un máximo de 12 ind/m² en Virginia Key, Florida (McPherson, 1969), 16 ind/m² en el Golfo de Cariaco, Venezuela (Pompa et al., 1989), 69 ind/m² en Zapsurro, Colombia (Monroy y Solano, 2005), 240 ind/m² en las Islas Vírgenes, EEUU (Abbott et al, 1974), entre otros. Este hecho indica que las condiciones ambientales presentes en algunas áreas de la plataforma rocosa de Cepe son favorables para el establecimiento y sobrevivencia de *E. lucunter*, debido principalmente a la presencia de alimento (algas) disponible a lo largo de todo el año y una alta oxigenación del agua, exposición continua a un oleaje moderado y un aparente bajo nivel de depredadores, tal como lo mencionan Monroy y Solano (2005). Sin embargo, las densidades registradas en la plataforma de Cepe están subestimadas, ya que ese valor es mucho mayor debido a que los erizos de tallas

menores a 3 cm de diámetro mayor del caparazón no fueron contabilizados, y aparentemente son la mayoría de la población.

Andrew y Choat (1985) mencionan que la presencia de adultos de la misma especie en áreas específicas es un estímulo en algunas especies de equinoideos para que el reclutamiento de las larvas y juveniles postmetamórficos sea efectivo, ya que disminuye su mortalidad. Esto podría explicar la distribución en parches y no de manera homogénea en algunas zonas de la plataforma rocosa de Cepe, aunque existiesen recursos disponibles (alimento y cavidades).

La densidad de *E. lucunter* que puede soportar un área en particular va a depender de las características del substrato (complejidad estructural) y de los parámetros ambientales locales. En la plataforma de Cepe, la densidad de erizos adultos en la zona de rompiente (ZR) fue mucho mayor que en la zona de pozas de marea. Lo cual puede deberse a una mayor heterogeneidad morfológica del substrato observada justo en dicha zona debido a la presencia de una alta proporción de pequeñas oquedades producidas por factores bióticos y abióticos.

La mayor heterogeneidad topográfica del substrato produce un incremento en el número de refugios naturales para los erizos, lo que a su vez puede incrementar la densidad de individuos localmente. Esto ha sido confirmado por Nodarse-Konnorov en 2001, quién reportó que la mayor densidad de individuos encontrados en un fondo rocoso (La Habana, Cuba), fue en donde existía una mayor heterogeneidad morfológica y una profundidad intermedia. Este aumento en el número de refugios está altamente relacionado con el aumento de la diversidad de organismos, ya que al aumentar la superficie de asentamiento se producen variaciones ambientales que ayudan a que ocurran otras interacciones biológicas (Johnson et al., 2003).

Por otra parte, en la zona de rompiente de la plataforma de Cepe, la presencia del coral de fuego *Millepora* sp. proporciona substratos firmes por su forma de crecimiento en láminas verticales a partir de la superficie rocosa horizontal y crean espacios donde los erizos se fijan y pueden protegerse del oleaje intenso como ha sido señalado por Pompa et al. (1989); por otro lado, es posible que la *Millepora* sp. le proporcione una protección extra a los

erizos contra depredadores debido al sistema de defensa, igual que otros invertebrados que buscan refugio entre sus ramas (García et al, 2008). Otro cnidario colonial que se encuentra en esta misma zona de rompiente es el zoántido *Palythoa mamilosa* que presenta una aparente relación controversial con *E. lucunter* cuando se comparan los resultados obtenidos por Pompa et al. (1989) y los encontrados en el presente trabajo. Ellos señalan que parece existir una relación de exclusión del erizo con los pólipos de *Palythoa mamilosa*, pero en la plataforma de Cepe, entre los pólipos de dicho zoántido también se encontraron individuos de *Echinometra lucunter*, aunque alrededor de los erizos se observa generalmente una franja de roca desnuda sin pólipos, debido probablemente a las potentes toxinas que poseen las especies de *Palythoa* (Sebens, 1982).

Al comparar los sectores (Occidental, Central y Oriental) de la plataforma rocosa se determinó que existe una mayor densidad de erizos en el Sector Occidental de la misma con respecto a los demás sectores. En el sector Oriental, donde se registraron las menores densidades, se evidenció que durante los muestreos existía una gran cantidad de arena en suspensión debido a que el área está más cercana al litoral arenoso, lo que hacía que el agua estuviese más turbia durante el día, además que el impacto del oleaje es mayor por los vientos que trasladan la masa de agua de este a oeste, lo cual puede afectar la distribución de algunos organismos que no soporten dichas condiciones ambientales, igual como lo reporta McGehee (1992) para *E. lucunter* en Puerto Rico.

Coloración de *Echinometra lucunter*

La variación de colores de *Echinometra lucunter* es típica de los erizos tropicales de aguas someras, y parece poseer una base genética (Serafy, 1973; Growns, 1989), aunque hay autores como Lewis y Storey (1984) que atribuyen la variabilidad al tipo de alimentación consumida por los erizos. Las variaciones de colores de *E. lucunter* fueron descritas inicialmente por McPherson (1969) en poblaciones de Florida y posteriormente Lewis y Storey (1984) cuantificaron las proporciones de colores en dos poblaciones de erizos en Barbados (Graves End y Little Bay) de acuerdo a los colores de sus caparazones y espinas. Al comparar los resultados de Barbados con los de la plataforma de Cepe se observó que

hay diferencias entre los patrones de colores de *E. lucunter* tanto del caparazón como de las espinas de las dos localidades. En Cepe dominan los erizos de caparazón negro (59 %) mientras que en Barbados, en ambos sitios dominan los de caparazón rojo (49,86 y 72,85% respectivamente) y los negros poseen proporciones inferiores (47,69 y 19,98 % respectivamente). Con respecto a las espinas el patrón de coloración en Cepe es similar solo a uno de los sitios de Barbados (Little Bay) donde las espinas negras son las dominantes en un 61,54 % de los erizos y en Cepe en un 40,8 %, seguidas de espinas marrones y luego las rojas.

Al observar los patrones de frecuencia de aparición de cada uno de los colores de espinas y caparazones de los erizos, puede decirse que el patrón de coloración en la Playa de Cepe es similar al observado en Little Bay, Barbados por Lewis y Storey (1984).

Los ejemplares evaluados en la plataforma de Cepe presentaron un caparazón de forma elíptica, típica de la mayoría de los individuos de la especie, y no levemente redondeada como lo registrado en algunas localidades del Caribe (Clark, 1921). Los diámetros (menor y mayor) de los erizos presentaron una correlación positiva y significativa ($r^2 = 0,8856$; $p = 2,34E-49$) bastante similar a lo citado por Doran (1968) para Barbados ($r^2 = 0,95$ y $0,97$). Esta diferencia en los coeficientes de correlación entre Cepe y Barbados, pudiese deberse a la dificultad de realizar la medición de los diámetros (mayor y menor) de los individuos vivos por la presencia de numerosas espinas en el caparazón que impedían la entrada del Vernier, y así generar un error de medición por lo cual los coeficientes de correlación pudiesen estar sobrestimado o subestimado en algunos casos, tal como demostró Ebert et al. (2008) en un estudio similar. Adicionalmente, en los análisis realizados no se encontró ninguna relación entre la forma del caparazón y presencia o densidad de organismos asociados a los erizos, indicando que deben existir otras variables bióticas o abióticas que expliquen estas asociaciones entre el erizo y su fauna acompañante.

Relación entre cavidades y *Echinometra lucunter*

En la plataforma de Cepe existen diferentes tipos de cavidades ocupadas por los erizos, que van desde cavidades redondeadas producidas por ellos mismos hasta grietas entre bloques de rocas y oquedades menores producto de la fragmentación o erosión local del sustrato. La relación entre el tamaño del erizo y la profundidad de la cavidad donde el mismo se encontraba es significativa ($p= 0,024$), indicando que el erizo excava más su cavidad a medida que va creciendo, tal como lo menciona Otter (1932). El bajo valor del coeficiente de determinación puede deberse a que los erizos no necesariamente excavaron sus cavidades sino que colonizaron las ya formadas por la erosión de la roca por acción del oleaje. Además, muchas de las cavidades se formaron sobre sustratos heterogéneos de la plataforma, y el proceso de excavación iniciado en las capas más superficiales y blandas se paralizó al alcanzar las capas más duras o bloques de cuarzo comunes en la plataforma.

Por otra parte, la relación entre los diámetros de las cavidades excavados por los propios erizos fue positiva y significativa ($p= 6,85E-11$), lo cual concuerda con lo esperado, a medida que aumentan las dimensiones del erizo se incrementa el tamaño de la cavidad (Otter, 1932). De igual forma, la relación entre los diámetros y la profundidad de la cavidad concuerda con lo esperado, existiendo una relación positiva y significativa. La relación entre ancho y profundidad de la cavidad puede estar relacionada con la forma en la que los erizos excavan sus cavidades, hacia los lados debido al roce de las espinas con la roca y en profundidad por acción adicional de los dientes de la linterna de Aristóteles.

Organismos asociados a *Echinometra lucunter*

Existen varios mecanismos que permiten o facilitan la coexistencia de diversas especies en un área determinada, como lo son la frecuencia de organismos dependiente de la depredación y la agregación de individuos de una misma especie (Johnson et al., 2003) y esto último explicaría la presencia de varias especies sobre un mismo erizo o en su cavidad.

El 82,5 % de los erizos evaluados tenían en sus cavidades o sobre sus cuerpos organismos asociados. Esta prevalencia de cavidades con organismos es inferior al 91,5 % reportado

por Schoppe (1991) para cavidades de *E. lucunter* evaluadas en Colombia, pero superior a lo mencionado por Vallejo (2007) para *E. vanbrunti* en el Pacífico Colombiano (68,8 %), lo cual puede sugerir que los organismos asociados obtienen altos beneficios de dicha asociación, por un aumento de la supervivencia al conseguir protección ante depredadores y condiciones ambientales adversas. Los resultados de éste estudio sugieren que existe la misma probabilidad de encontrar erizos sin organismos asociados en las distintas zonas de la plataforma, dependiendo principalmente de factores bióticos o abióticos locales. En términos generales, la variabilidad en la presencia y abundancia de organismos de fondos rocosos intermareales va a depender entre otras cosas, de los ciclos de vida de cada especie en particular, de la abundancia de larvas en el agua, de los disturbios a los que son sometidos periódicamente estas comunidades, a los parámetros ambientales locales, a la estación del año, entre otros (Menge y Branch, 2001).

En cuanto a la riqueza, se registraron 49 especies asociadas (46 capturadas y 3 observadas) a *E. lucunter* dentro de las cavidades, lo que es un número bastante superior al mencionado por Vallejo (2007), quién reportó solo 27 especies asociadas a *Echinometra vanbrunti* en el Pacífico. Los dos estudios realizados en el Caribe Colombiano por Schoppe y Werding (1996) y Monroy y Solano (2005) no mencionan el número total de especies que fueron encontradas asociadas a *E. lucunter*, por lo cual no se tiene un punto de comparación en el Caribe que nos indique si el valor reportado en el presente estudio es bajo o alto comparado con otras localidades. De esta manera, el listado de especies registrado en Cepe constituye el primer inventario de fauna acompañante de *Echinometra lucunter* para el Caribe.

En Cepe, las 49 especies registradas pertenecen a 7 grupos taxonómicos (cnidarios, platyhelminthes, poliquetos, moluscos, crustáceos, equinodermos y peces), siendo el taxón más abundante el de los moluscos con 19 especies. Mientras que, las especies registradas por Vallejo (2007) asociadas con *E. vanbrunti*, estaban distribuidas en 6 taxones (poliquetos, moluscos, crustáceos, sipuncúlidos, equinodermos y peces), de los cuales los crustáceos fueron los más abundantes, el cual fue el segundo grupo más abundante en el presente estudio (13 especies) en la plataforma de Cepe.

De igual forma, Schoppe y Werding (1996) y Monroy y Solano (2005) tampoco reportan el número de taxones encontrados en sus estudios en el Caribe Colombiano, solamente

mencionan las especies más abundantes. Sin embargo, Monroy y Solano (2005), mencionan grupos de organismos, reportados por Schoppe, similares a los registrados en Cepe, en las cavidades de *E. lucunter* y que fueron los siguientes: crustáceos decápodos, ofiuroideos, gastrópodos y los peces. Los grupos adicionales en el presente estudio fueron los cnidarios, los anélidos y otros grupos de equinodermos como lo son los holoturoideos y los juveniles de equinoideos. Aunque Monroy y Solano no hablan del número de especies asociadas con *E. lucunter* en la localidad de Santa Marta (Caribe Colombiano), si mencionan las 5 especies más abundantes como lo son el platyhelminto *Armatoplana divae*, el cangrejo porcelánido *Clastocheilus vanderhorsti* (que fue el más frecuente en las cavidades con un 20% de aparición), el cangrejo májido *Teleophrys pococki*, el ofiuroideo *Ophiothrix synoecina*, y el pez *Acyrtus rubiginosus*. De estos organismos antes nombrados, dos también fueron registrados en la plataforma rocosa de la playa de Cepe: *Armatoplana cf. divae* y *Ophiothrix synoecina*, además de otra especie de cangrejo porcelánido y otra del género *Teleophrys*.

Armatoplana cf. divae fue encontrado en la zona de rompiente, donde el oleaje es más intenso, sobre las paredes de las cavidades o entre las espinas del erizo, y en la zona oral del erizo donde se encuentra la membrana cercana a la boca, similar a lo encontrado en el Caribe Colombiano, donde sus mayores abundancias fueron registradas en localidades con elevada intensidad del oleaje (Monroy y Solano, 2005).

Ophiothrix synoecina por el contrario solo se ha encontrado asociada a *E. lucunter* (Monroy y Solano, 2008). En la plataforma de Cepe está presente en las zonas intermedia y de rompiente donde hay mayor turbulencia del agua. La misma había sido considerada por Schoppe (1996), Pomory (2007) y Alvarado (2011) como una especie endémica de las costas del Caribe Colombiano y encontrada en la mitad de las cavidades de erizos estudiados (Schoppe y Werding, 1996; Monroy y Solano, 2005 y 2008). La presencia de esta especie en Cepe significa una ampliación de la distribución de la especie en el Caribe, así como también la agregación de una nueva especie en la lista de ofiuroideos de Venezuela, llegando así a 35 especies en base al listado suministrado por Alvarado (2011).

En cuanto a los moluscos, en Cepe hay una mayor diversidad que en otras playas del Estado Aragua según el estudio de Capelo et al. (2004), dicha playa cuenta con 85 especies

en los diversos hábitats que presenta. De las especies reportadas en el inventario y mencionadas para la plataforma rocosa de Cepe, hay algunas que fueron encontradas asociadas a las cavidades de *E. lucunter* y son: *Lottia antillarum*, *Eoacmaea pustullata*, *Nerita fulgurans*, *Cenchritis muricatus*, *Heliacus cilíndricus*, *Plicopurpura patula*, *Vasula deltoidea*, *Nitidella nitida*, *Nitidella laevigata*, *Mitrella ocellata*, *Gemophos tinctus*, *Vexillum puella*, *Aplysia dactylomela*, *Isogonomom* sp., lo cual representa solo 14 de las 19 especies de moluscos que se consiguieron asociados a *E. lucunter*. Las demás especies, aunque no fueron registradas previamente en Cepe, son típicas de ambientes rocosos (Vermeij, 1973; Díaz y Puyana, 1994).

La asociación de los crustáceos con el erizo puede ser más bien fortuita u oportunista, porque la mayoría de ellos son reportados reiteradamente en varios estudios viviendo en otros hábitats (Provenzano, 1960; Weerding, 1977; Rodríguez 1980). Otros como el cangrejo, *Petrolisthes armatus*, desarrollan relaciones simbióticas con otros invertebrados solamente durante ciertos periodos de su ciclo de vida como en la fase juvenil, mientras que los adultos viven entre rocas u oquedades en los sustratos rocosos (Campos-González y Macías-Chávez, 1987). En cuanto a los anfípodos Wirtz et al. (2009) registraron una especie de anfípodo gamárido (sin identificación específica), asociado a cavidades de *E. lucunter* en las costas de Brasil.

La distribución de la riqueza y de los índices de diversidad de acuerdo a las zonas de la plataforma rocosa fue diferente, siendo la ZI la zona con un mayor número de especies asociadas a los erizos (34 especies), y en PM y ZR con 22 y 21 especies respectivamente. Estos resultados eran esperados ya que la PM es la zona más protegida y tranquila para los erizos y su fauna acompañante, y en la ZR existe un mayor impacto del oleaje y turbulencia del agua lo que produce una mayor oxigenación y aporte de partículas alimenticias debido al movimiento de agua, pero ambas condiciones son extremas para muchos de los organismos asociados, por lo que en la ZI los mismos pueden conseguir refugio con características intermedias de ambas zonas, apoyando la hipótesis de perturbaciones intermedias de Connell (1978).

Se observaron diferencias al comparar la riqueza de especies y los índices de diversidad entre los sectores de la plataforma rocosa. El sector occidental de la zona intermedia es el

que obtuvo el mayor número de especies (21 spp), aunque en el resto de las zonas el sector oriental fue el que registró la mayor riqueza de especies (PM: 13 spp y ZR: 14 spp). Esto podría explicarse en parte por la ubicación del sector y las características ambientales del mismo, ya que se encuentra al final de la plataforma, justo al inicio de la playa arenosa y con bloques de rocas fragmentadas por el impacto del oleaje que incide frontal y lateralmente, creando microhábitats que son colonizados por larvas que vienen con las corrientes y reclutan en este sector. Tanto en la zona de PM como en ZR, se observa un patrón en el cual la riqueza de especies aumenta desde el sector occidental hacia el oriental y en la ZI el patrón es inverso, el incremento de la riqueza de especies ocurre en la dirección oriental-occidental de la plataforma rocosa. Estas variaciones en los patrones de riqueza dentro de los sectores pudiesen deberse a varios factores como la intensidad del hidrodinamismo la cual no es uniforme en todos los sectores de la plataforma y pudiese de alguna forma influenciar la distribución de los organismos.

La complejidad del substrato es otro factor que explicaría los patrones de distribución dentro de los sectores, porque si la riqueza de especies refleja la disponibilidad de superficies colonizables, el número de especies esperadas será mayor en zonas topográficamente más complejas (Johnson, 2003), lo que explicaría el por qué en las zonas intermedia y de rompiente (más heterogéneas) existan más especies asociadas al erizo comparado con la zona de pozas de marea. Esto es corroborado en estudios específicos, donde la heterogeneidad morfológica posee una correlación positiva con la riqueza, abundancia y diversidad de especies (Hernández- Ávila et al., 2013).

Al clasificar a los organismos de acuerdo a su frecuencia de aparición en las cavidades de *E. lucunter* y tomando en cuenta su ubicación en distintas zonas, se observó que algunas de las especies están relacionadas a zonas específicas de la plataforma, con porcentajes de aparición mayores al 10%. Estos porcentajes podrían verse incrementados si se calcularan las frecuencias de aparición y se realizara la clasificación de las especies por áreas de la plataforma ya que, las características hidrográficas y del substrato de cada una de estas áreas en las cuales fue subdividida la misma, pueden determinar la distribución de las especies.

Es importante resaltar que la zona en la cual se obtuvieron relaciones más frecuentes (mayor porcentaje de aparición en asociación con el erizo) fue en la zona intermedia, lo cual puede deberse a que las características ambientales de dicha zona son intermedias a las encontradas en las demás zonas de la plataforma, y donde las aguas son más tranquilas. Las únicas especies que se clasificaron como frecuente (aparición en asociación con los erizos mayor al 30%) fueron el ermitaño *Clibanarius tricolor* y el gastrópodo *Mitrella ocellata* dos de las especies más abundantes en la zona de pozas de marea, además del erizo.

Ninguna de las especies asociadas obtuvo una “clasificación” de relación permanente con los erizos como lo reportado por Vallejo (2008) en Colombia, lo cual podría explicarse debido a la cantidad de muestras evaluadas durante el muestreo o a la variabilidad entre las cavidades de los erizos. No obstante, al comparar los resultados del estudio de Monroy y Solano (2005) con el listado de especies de Cepe, se puede deducir que la especie que podría tener una relación permanente con *E. lucunter* sería *Ophiothrix synoecina*, dado que la misma siempre fue encontrada asociada al erizo. Las otras especies, además de ser encontradas asociadas al erizo, han sido también registradas en otros hábitats, sin ninguna relación de especificidad con algún organismo en particular.

Los patrones de distribución de los erizos y sus especies asociadas no están relacionados con una sola variable, según lo obtenido en los análisis multivariados. La posición del erizo dentro de la plataforma es un factor determinante en la distribución de los mismos, resultado esperado tomando en cuenta que el movimiento del agua varía a lo largo de la plataforma.

No obstante, las variables descriptivas de las características del erizo (color, altura, diámetro del caparazón) parecen estar mucho más relacionadas entre sí debido a la cercanía de los vectores en el PCA realizado con las frecuencias de aparición de cada una de las variables antes mencionadas. La distribución de muchas de las especies con las cuales se realizó el análisis, no está asociada con la presencia de las variables asociadas a las características del erizo. Aquellas especies en las cuales la distribución si está asociada a estas características, se relaciona principalmente con erizos de caparazón negro, con diámetros pequeños y grandes y con alturas medianas y grandes. Esta preferencia de dichas especies por erizos de tamaños intermedios a grandes podría deberse a la necesidad de

obtener espacios disponibles para refugiarse que, como ya se mencionó anteriormente, erizos con pocas dimensiones pueden no estar dentro de cavidades muy grandes y los de mayores dimensiones dejen poco espacio libre para que organismos de otras especies puedan colonizar.

CONCLUSIONES

El 82,5 % de las cavidades evaluadas de la plataforma rocosa de Cepe tenían organismos asociados al erizo *Echinometra lucunter*.

No se encontró ninguna relación entre las características morfométricas de los individuos de *Echinometra lucunter* y la diversidad o abundancia de los organismos asociados.

Se registraron 49 especies de organismos asociados al erizo *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de la playa de Cepe, las cuales se distribuyen de manera diferente en las distintas zonas y sectores de la plataforma.

La riqueza de especies varió entre las distintas zonas y sectores de la plataforma. La mayor riqueza fue la zona intermedia, y en el sector Occidental.

El grupo más diverso de organismos asociados al *Echinometra lucunter* fue el de los moluscos con 19 especies.

Las especies más abundantes corresponden a los taxones de los crustáceos, moluscos y equinodermos, siendo las especies más frecuentes el gastrópodo *Mitrella ocellata*, el ermitaño *Clibanarius tricolor* y el ofiuoideo *Ophioderma brevicauda*.

Las características ambientales como el hidrodinamismo, la temperatura del agua y la heterogeneidad morfológica del substrato son los factores que parecen estar determinando la distribución y abundancia de los erizos y sus organismos asociados.

Las relaciones entre los *Echinometra lucunter* y algunas de las especies acompañantes son del tipo fortuitas a frecuentes, habiendo diferencias significativas entre las zonas y sectores de la plataforma rocosa.

BIBLIOGRAFÍA

Abbott, D.P, J.C., Ogden, I.A., Abbott (eds.). 1974. Studies on the activity pattern, behavior and food of the echinoid *Echinometra lucunter* (L.) on beachrock and algal reefs at St. Croix, U.S. Virgin Islands. West Indies Laboratory Special Publication, **4**: 1-111.

Almeida, D. F., Solé-Cava, A. M., Calderón, E. N. 2010. The sea urchin *Echinometra lucunter* (Echinodermata, Echinoidea) as a refuge for the barber goby *Eleacatinus figaro* (Perciformes, Gobiidae). Arq. Mus. Nac., Rio de Janeiro, **68**:17-23.

Alvarado, J.J. 2008. Seasonal occurrence and aggregation behavior of the sea urchin *Astropyga pulvinata* (Echinodermata: Echinoidea) in Bahía Culebra, Costa Rica. Pacific Science, **62**:579-592.

Alvarado, J.J. 2011. Echinoderm diversity in the Caribbean Sea. Mar. Biodiv., **41**:261-285.

Alves, D.F., Barros-Alves, S.P., Teixeira, G.M., Cobo V.J. 2012. Mithracinae (Decapoda: Brachyura) from the Brazilian coast: Review of the geographical distribution and comments on the biogeography of the group. Nauplius, **20**: 51-62.

Andrew, N.L, Choat, J.H. 1985. Habitat related differences in the survivorship and growth of juvenile sea urchins. Mar. Ecol. Prog. Ser., **27**: 155-161.

Baeza, J.A., Thiel M. 2000. Host use and life history of *Liopetrolisthes mitra*, a crab associated of the black sea urchin *Tetrapygus niger*. J. Mar. Biol. Ass. U.K., **80**: 639-645.

Bak, R. P. 1994. Sea urchin bioerosion on coral reefs: place in the carbonate budget and relevant variables. Coral Reefs, **13**: 99-103.

Bakus, G. J. 2007. Quantitative analysis of marine biological communities: Field biology and environment. Wiley-Interscience. E.U.A.

Barnes, R. D. 1987. Zoología de los Invertebrados. Cuarta Edición. Nueva Editorial Interamericana. D. F., México.

Burrows, M. T., Harvey, R., Robb, L. 2008. Wave exposure indices from digital coastlines and the prediction of rocky shore community structure. Mar. Ecol. Prog. Ser., **353**:1-12.

Campos-González E & LJ Macías-Chávez. 1987. Fases postplanctónicas de *Petrolisthes armatus* (Gibbes) (Decapoda, Porcellanidae) comensales con la lapa *Crucibulum (Crucibulum) spinosum* (Sowerby) (Gastropoda, Calyptraeidae) en el Alto Golfo de California, México. Revista de Biología Tropical, **35**: 241-244.

Capelo, J.C, Buitrago, J., Gutiérrez, J. 2004. Los macromoluscos litorales de las ensenadas de Ocumare, Chuao, Cepe y Uricao, Estado Aragua, Venezuela. Mem. Fund. La Salle de Cien. Nat., **158**: 29- 42.

Clark, H.L. 1921. Report on the Echinoidea collected by the Barbados - Antigua Expedition from the University of Iowa in 1918. University of Iowa Studies in Natural History, **9**(5): 103-121.

Cognetti, G., Sara, M., Magazzu, G. 2001. Biología Marina. Editorial Ariel S.A., Barcelona, España.

Colwell, R. K. 2011. Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Versión 9.0.0. User's Guide and application published at <http://purl.oclc.org/estimates> (13 Marzo 2013).

Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, **199**: 1302-1310.

Criales, M.M. 1984. Shrimps associated with coelenterates, echinoderms and molluscs in the Santa Marta Region, Colombia. J. Crust. Biol. **4**: 307-317.

Crossland, M.R., Collins J.D., Alford, R.A. 1993. Host selection and distribution of *Hypermastus placenta* (Eulimidae), an ectoparasitic Gastropod on the sand dollar *Arachnoides placenta* (Echinoidea). Aust. J. Mar. Freshwater Res., **44**: 835-844.

Díaz, J.M., Puyana, M. 1994. Moluscos del Caribe colombiano. Un catálogo ilustrado. COLCIENCIAS, Fundación Natura, Colombia, 291 pp.

Doran, G. 1968. Ecology of *Echinometra lucunter* (Linnaeus) a West Indian echinoid. MSc Thesis, McGill University, Montreal, Canada.

Doty, M.S. 1971. Measurement of water movement in reference to benthic algal growth. Bot. Mar., **14**: 32-35.

Ebert, T.A, Russel, M.P, Gamba, G., Bodnar, A. 2008. Growth, survival, and longevity estimates for the rock-boring sea urchin *Echinometra lucunter lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) in Bermuda. Bull. Mar. Sci., **82**(3): 381-403.

Felaco, L.A. 2011. Asociaciones entre epibiontes y los octocorales *Plexaura flexuosa* y *Plexaura homomalla* (Cnidaria, Octocorallia) en dos localidades del litoral central venezolano. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, 84 pp.

Ganapati, P., Sastry, D. 1972. Record of *Athanas indicus* (Coutiere) (Decapoda: Alpheidae) associated with *Stomopneustes variolaris* (Echinodermata: Echinoidea) from Visakhapatnam Coast. Proc. Indian natn. Sci. Acad., **38**: 367-372.

García, T. M., Matthews-Cascon, H., Franklin-Junior, W. (2008). Macrofauna associated with branching fire coral *Millepora alcicornis* (Cnidaria: Hydrozoa). Thalassas., **24** (1): 11-19.

Ginés, H. 1982. Carta Pesquera de Venezuela. 2. Áreas central y occidental. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, 226 pp.

Glynn, P.W. 1968. Mass mortalities of echinoids and other reef flat organisms coincident with midday, low water exposure in Puerto Rico. *Mar. Biol.*, **1**: 225-243.

Glynn, P.W. 1997. Bioerosion and coral-reef growth: a dynamic balance. pp: 68-95. En: *Life and death of coral reefs*. Birkeland, C. (ed.), Chapman & Hall, New York, E.U.A.

Goddard, D., Piccard, X. 1974. Roca de playa en la costa entre Cabo Codera y Cabo San Román (Paraguaná) y en algunas islas de Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana de Geol.*, **9**: 14-21.

González-Irusta, J.M., González-Porto M., Boza C., Martín-Sosa P. 2012. Epibionthic assemblages on the spines of two cidaroid species: *Cidaris cidaris* (Linnaeus, 1758) and *Stylocidaris affinis* (Philippi, 1845). *Revista de Investigación Marina*, **19**: 304.

Growns, J. 1989. Some evolutionary and ecological implications of colour variation in the sea urchin *Heliocidaris erythrogramma*. Dr Thesis, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, 195 pp

Hammer, O., Harper, D., 2009. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Versión 1.89.

Hartney, K.B., Grorud, K.A., 2002. The effect of sea urchins as biogenic structures on the local abundance of a temperate reef fish. *Oecologia*, **131**:506-513.

Hay, M., Parker, J., Burkepile, D., Caudill, C., Wilson, A., Hallinan, Z., Chequer, A. 2004. Mutualisms and aquatic community structure: The enemy of my enemy is my friend. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **35**: 175-197.

Hendler, G. 1977. The differential effects of seasonal stress and predation on the stability of reef-flat echinoid populations. *Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp.*, **1**: 217-224.

Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D. L., y Kíer, P. M. 1995. Echinoderms of Florida and the Caribbean: Sea Stars, Sea Urchins and Allies. Smithsonian Institute Press, Washington, E. U. A.

Hendler, G. 2005. Two new brittle star species of the genus *Ophiothrix* (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiotrichidae) from coral reefs in the Southern Caribbean sea, with notes on their biology. *Caribbean Journal of Science*, **41**: 583-599.

Hernández- Ávila, I., Tagliafico, A., Rago, N. 2013. Composición y estructura de la macrofauna asociada con agregaciones de dos especies de bivalvos en Isla de Cubagua, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, **61** (2): 669-682.

Hyman, L. 1955. The invertebrates. Vol. IV: Echinodermata. Mc Graw Hill. Book Company. New York, E. U. A.

IGVSB (Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar). 2011. Predicción de alturas horarias de la marea para los puertos de Amuay, La Guaira y Puerto de Hierro e

informaciones mareográficas de interés general. Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, Caracas, 170 pp.

Jiménez- Valverde, A., Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, **8**: 151-161.

Johnson, M. P., Frost, N.J., Mosley, M.W., Roberts, M.F., Hawkins, S.J. 2003. The area-independent effects of habitat complexity on biodiversity vary between regions. *Ecology Letters*, **6**: 126-132.

Jones, W. E., Demetropoulos, A. 1968. Exposure to wave action: measurements of an important ecological parameter on rocky shores on Anglesey. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **2**: 46- 63.

Keammerer, H. 2008. Epifaunal organisms on spines of two deep sea urchins, *Cidaris blakei* and *Stylocidaris lineata*. Oregon Institute of Marine Biology, 12 pp.

Khamala, C.P. 1971. Ecology of *Echinometra mathaei* (Echinoidea: Echinodermata) at Diani Beach, Kenya. *Marine Biology*, Vol. **11**: 167-172.

Krebs, C. J. 1978. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Segunda Edición. Harper and Row Publishers. New York, E. U. A.

Levenbach, S. 2008. Community-wide ramifications of an associational refuge on shallow rocky reefs. *Ecology*, **89**: 2819-2828.

Lewis, J. B., Storey, G.S. 1984. Differences in morphology and life history traits of the echinoid *Echinometra lucunter* from different habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **15**: 207–211.

Llano M., Altuve D., Cuneo F., Guevara P.I. 1999. Descripción de la oceanografía física. pp: 11-12. En: Fundación La Salle de Ciencias Naturales (ed.). Playas de Aragua para uso turístico sustentable: Auditoría ambiental de las ensenadas de Cepe, Chuao, Uricao y Ocumare. Papeles de Fundacite Aragua, Maracay.

Martin, D.; Britayev, T.A. 1998. Symbiotic polychaetes: a review. *Oceanography and Marine Biology, Annual Reviews*, **36**: 217-340.

McGehee, M. A. 1992. Distribution and abundance of two species of *Echinometra* (Echinoidea) on coral reefs near Puerto Rico. *Caribb. J. Sci.*, **28**(3/4): 173–183.

McLean R.F. 1967. Erosion of burrows in beachrock in the tropical sea urchin *Echinometra lucunter*; *Canadian Journal of Zoology* **45**: 586-588.

McPherson, B. F. 1969. Studies on the biology of the tropical sea urchins, *Echinometra lucunter* and *Echinometra viridis*. *Bull. Mar. Sci.*, **19**: 194–213.

McQuaid, C. D., Branch, M. 1984. Influence of sea temperature, substratum and wave exposure on rocky intertidal communities: an analysis of faunal and floral biomass. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **19**:145-151.

Mendez Baamonde, J. 2009. Carbonatos: Origen y sedimentación. Imprenta Universitaria de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 297 pp.

Menge, B.A., Branch, G.M. 2001. Rocky intertidal communities. pp: 221-251. In: Marine Community Ecology (eds Bertness, M.D., Gaines, S.D. & Hay, M.E.). Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA, USA.

Metaxas, A., Scheibling, R. E. 1993. Community structure and organization of tidepools. Mar. Ecol. Prog. Ser., **98**:187-198.

Molles Jr., M.C. 2010. Ecology, concepts and applications. 5ta ed. McGraw Hill Co. Inc, New York, E.U.A.

Monroy-López, M., Solano, O. D. 2005. Estado poblacional de *Echinometra lucunter* (Echinoida: Echinometridae) y su fauna acompañante en el litoral rocoso del Caribe Colombiano. Rev. Biol. Trop., **53**: 291-297.

Monroy-López, M., Solano, O. D. 2008. *Ophiotrix synoecina* (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiotrichidae): Especie endémica y vulnerable del Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., **37**: 191- 196.

Moore, H. B. 1958. Marine Ecology. Chapman and Hall, Ltd. Londres, Inglaterra.

Moss, M. L, Meehan, M. 1968. Growth of echinoid test. Acta anat., **69**: 409-444.

Nodarse Konnorov, A. 2001. Abundancia y distribución del erizo *Echinometra lucunter* (Linnaeus) (Echinodermata, Echinoidea) en un arrecife del litoral Norte de Ciudad de la Habana. Rev. Invest. Mar., **22** (2): 107-115.

Ogden, J.C., Lobel, P.S. 1978. The role of herbivorous fishes and urchins in coral reef communities. Env. Biol. Fish., **3**: 49.63.

Otter, G. 1932. Rock-burrowing echinoids. Biol. Rev., **7**: 89–107.

Piccard, X., Goddard, D. 1975. Geomorfología y sedimentación de la costa entre Cabo Codera y Puerto Cabello. Bol. Inf. Asoc. Venez. de Geol. Min. Petr., **18**: 39-106.

Pomory, C.M. 2007. Key to the common shallow-water brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Caribb. J. Sci., **10**: 1-42.

Pompa, L., Prieto, A.S, Manrique, R. 1989. Abundancia y distribución espacial en una población del erizo *Echinometra lucunter* (L) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Acta Científica Venezolana, **40**:289-294.

Provenzano, A.J. 1960. Notes on Bermuda hermit crabs (Crustacea, Anomura). Bull. Mar. Sci., **10**: 117-124.

Rodríguez G. 1980. *Crustáceos Decápodos de Venezuela*. IVIC, Caracas, 494 pp.

Russo, A.R. 1977. Water flow and distribution and abundance of echinoids (Genus *Echinometra*) on an Hawaiian reef. Aust. J. Mar. Freshwater Res., **28**: 693-702.

- Schoppe, S. 1991. *Echinometra lucunter* (Linnaeus) (Echinoidea, Echinometridae) als wirt einer komplexen lebensgemeinschaft im Karibischen Meer. Helgo. Meeres. **45**: 373-379.
- Schoppe, S. 1996. *Ophiothrix synoecina* new species (Echinometra: Ophiuroidea) from the Caribbean Coast of Colombia. Bull. Mar. Sci., **58**: 429-437.
- Schoppe, S., Werding, B. 1996. The boreholes of the sea urchin Genus *Echinometra* (Echinodermata: Echinoidea: Echinometridae) as a microhabitat in Tropical South America. P. S. Z. N. I. Marine Ecology, **17**: 181-186.
- Sebens, K.P. 1982. Intertidal distribution of zoanthids on the Caribbean coast of Panama: Effects of predation and desiccation. Bull. Mar. Sci., **32**(1): 316-335.
- Serafy, O.K. 1973. Variation in the polytypic sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) in the western Atlantic (Echinodermata, Echinoidea). Bull. Mar. Sci. **23**: 525-534.
- Skoog, D.A, Holler, F.I, Nieman, T.A .2001. Principios de Análisis Instrumental. 5ta Edición. España.
- Smith, R., Smith, T. 2001. Ecología. Cuarta Edición. Editorial Pearson Addison Wesley. Madrid, España.
- Teytaud, A. 1971. Food habitats of the goby, *Ginsburgellus novemlineatus*, and the clingfish, *Arcos rubiginosus*, associated with Echinoids in the Virgin Islands. Car. J. Sci., **11**: 41-45.
- Thiel, M., Zander, A., Valdivia, N., Baeza, J. A., Rueffler, C. 2003. Host fidelity of a symbiotic porcelanid crab: the importance of host characteristics. J. Zool., London, **261**: 353-362.
- UNESCO. 2006. Manual on Sea Level: Measurement and Interpretation. Intergovernmental Oceanographic Commission. Volume IV: An Update to 2006. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Paris, Francia, 78 pp.
- UICN, 2001. IUCN Red List Categories. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Suiza.
- Vallejo, V. A. 2007. *Echinometra vanbruti* como hospedero de relaciones comensalistas en el Pacífico Colombiano. Acta biol. Colomb., **12**: 57-66.
- Vermeij, G.J. 1973. West Indian molluscan communities in the rocky intertidal zone: a morphological approach. Bull. Mar. Sci., **23**: 351-386.
- Werdin, B. 1977. Los porcelánidos (Crustacea: Anomura: Porcellanidae) de la región de Santa Marta, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betin, **9**: 173-214.
- Wirtz P., Melo G., Grave S. 2009. Symbioses of decapod crustaceans along the coast of Espirito Santo, Brazil. Marine Biodiversity Records, **2**: 1-9.
- Zoppi de Roa, E. 1967. Contribución al estudio de los Equinodermos de Venezuela. Act. Biol. Venez., **5**: 267-333.

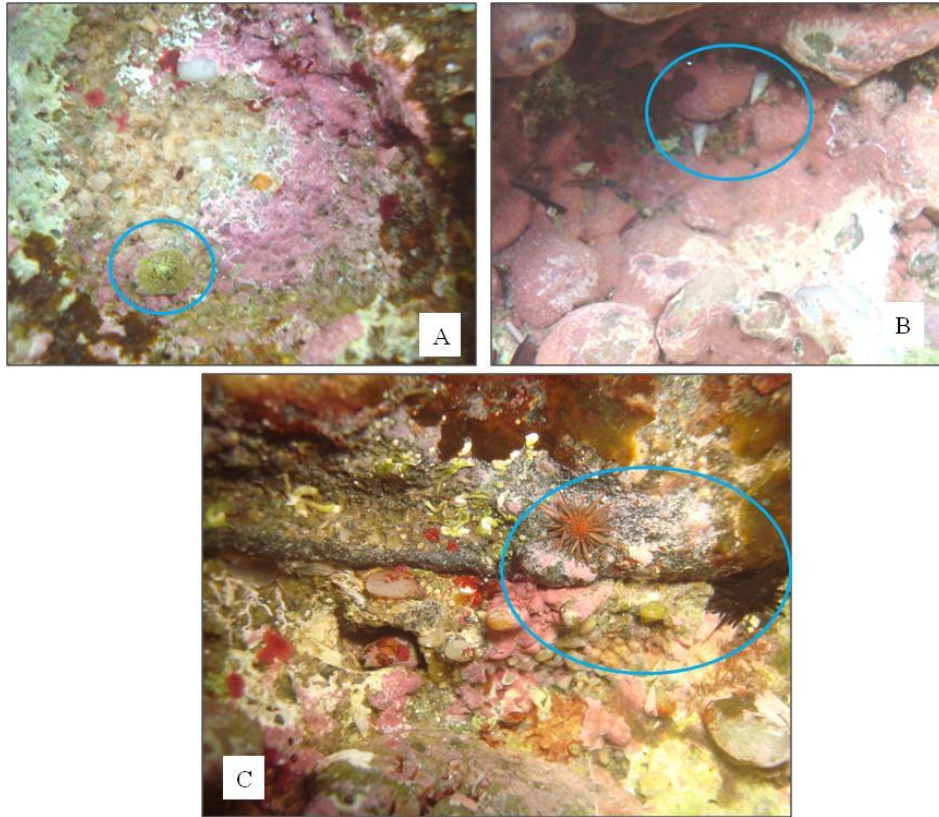
Páginas Web

Mapa del Estado Aragua.<http://www.a-venezuela.com/mapas/map/html/viales/araguav.html>

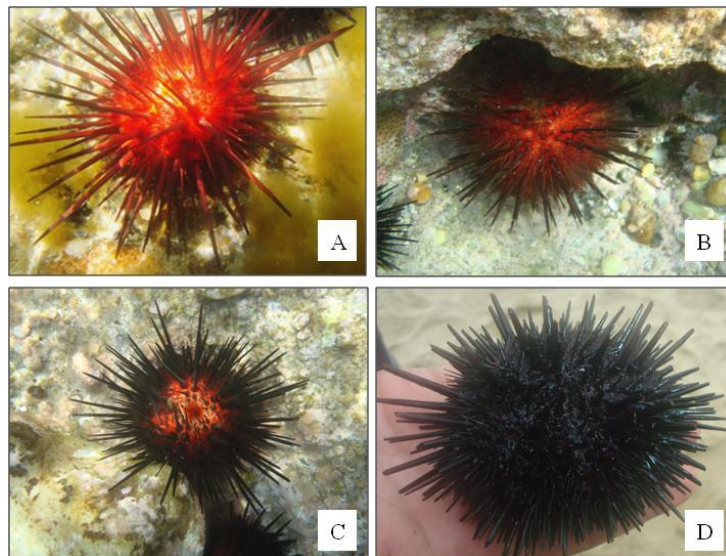
(Consulta: 15 de mayo de 2012).

ANEXOS

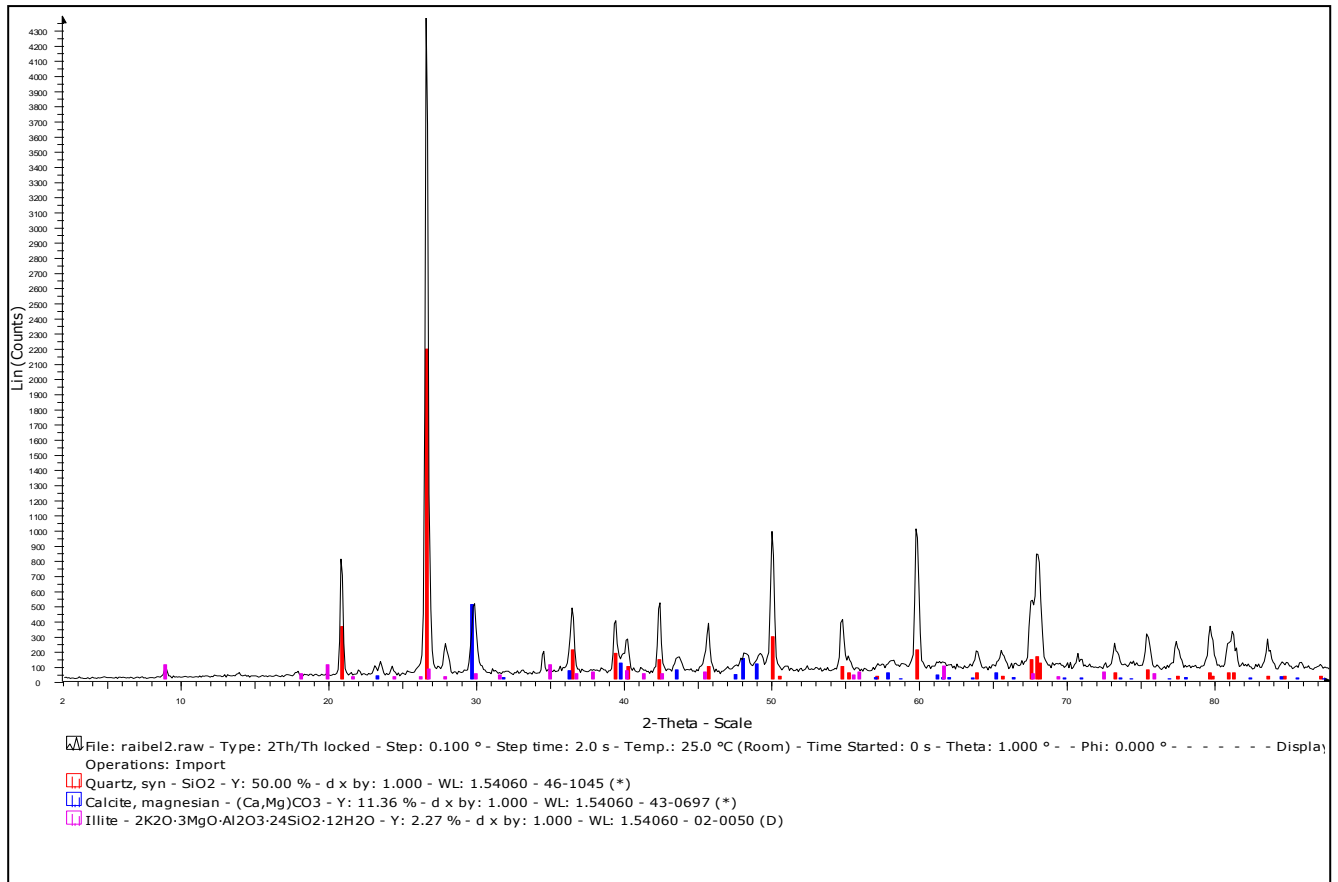
Anexo 1. Algunos organismos sésiles fotografiados en las cavidades de *Echinometra lucunter*: A) *Eoacmaea pustulata*, B) *Melanella* sp. y C) juveniles de *Echinometra lucunter*.



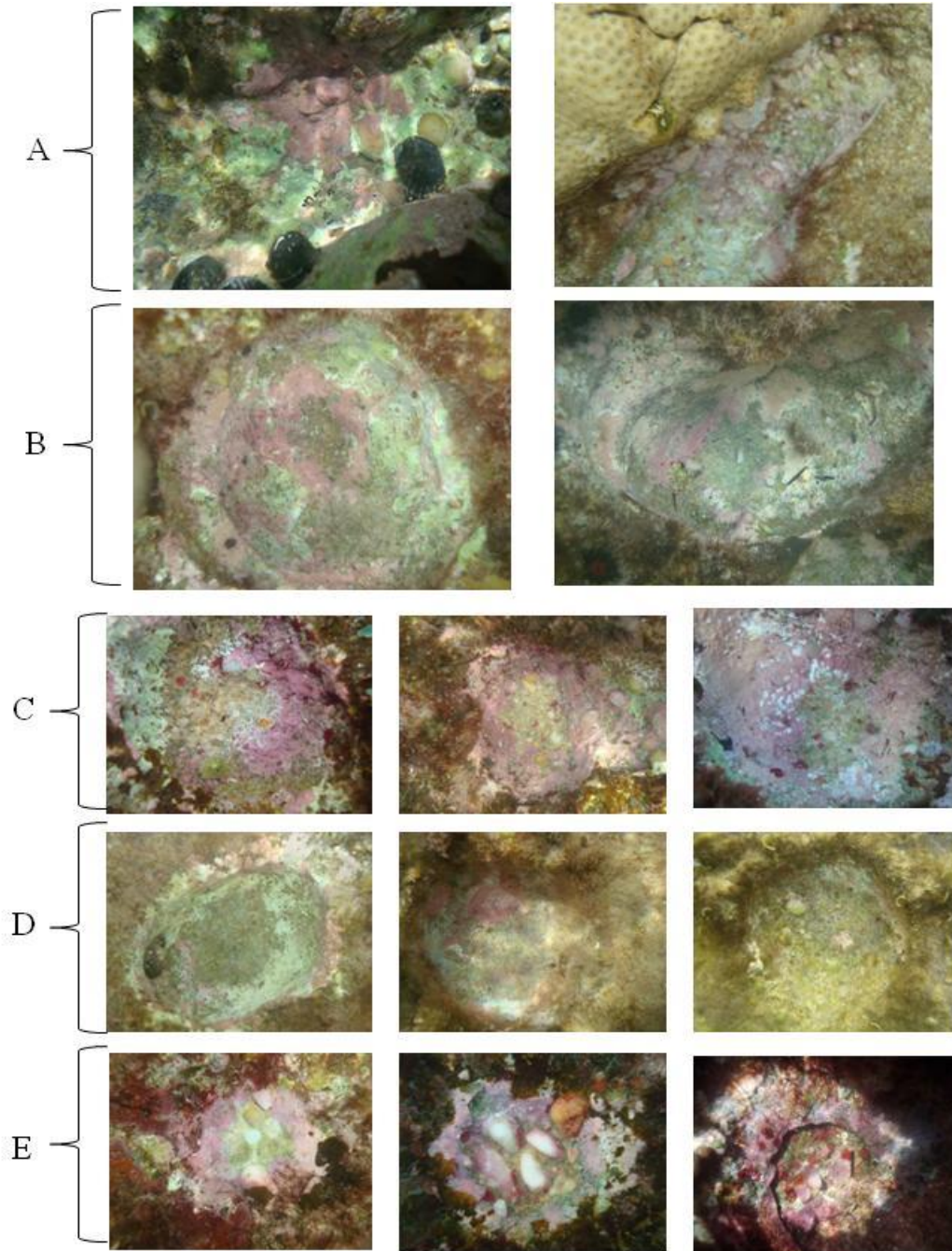
Anexo 2. Coloración más común reportada en los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa de la Playa de Cepe: A) Caparazón y espinas rojas, B) Caparazón rojo y espinas marrones, C) Caparazón rojo y espinas negras y D) Caparazón y espinas negras.



Anexo 3. Difractograma resultante del análisis de la composición de la roca de la muestra A de la plataforma de Cepe, generado por el análisis de Difracción de rayos X.



Anexo 4. Fotografías de algunas de las cavidades donde fueron encontrados los individuos de *Echinometra lucunter* muestreados en el presente estudio. A) Cavidades irregulares, B) Cavidades poco redondeadas, C) Cavidades redondeadas con el fondo constituido principalmente de algas calcáreas y roca desnuda, D) Cavidades redondeadas con algas filamentosas en el fondo y paredes de la misma y E) Cavidades redondeadas con el fondo constituido principalmente por fragmentos de cuarzo y algas calcáreas.



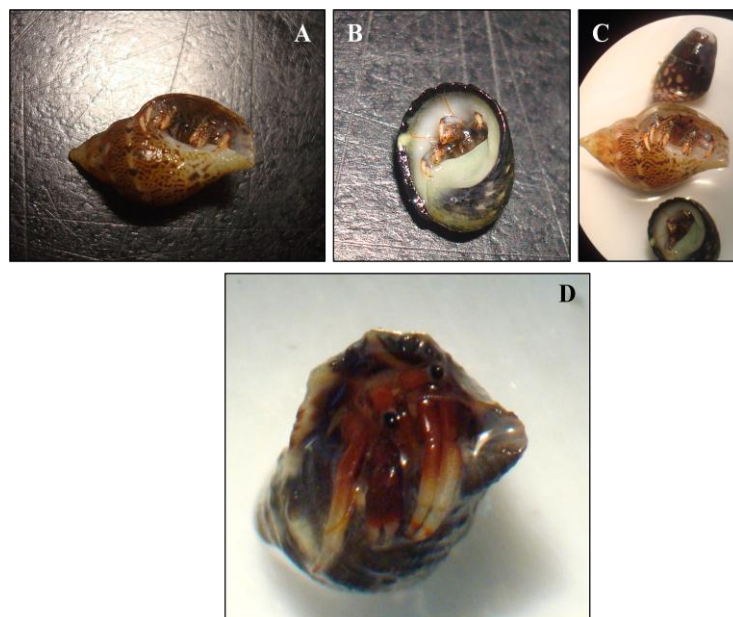
Anexo 5. Platyhelminthes de vida libre, *Armatoplana* cf. *divae*, encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa.



Anexo 6. Anfípodos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) y C) Familia Ampithoidae y B) Familia Eusiridae. (Ejemplares preservados en alcohol)



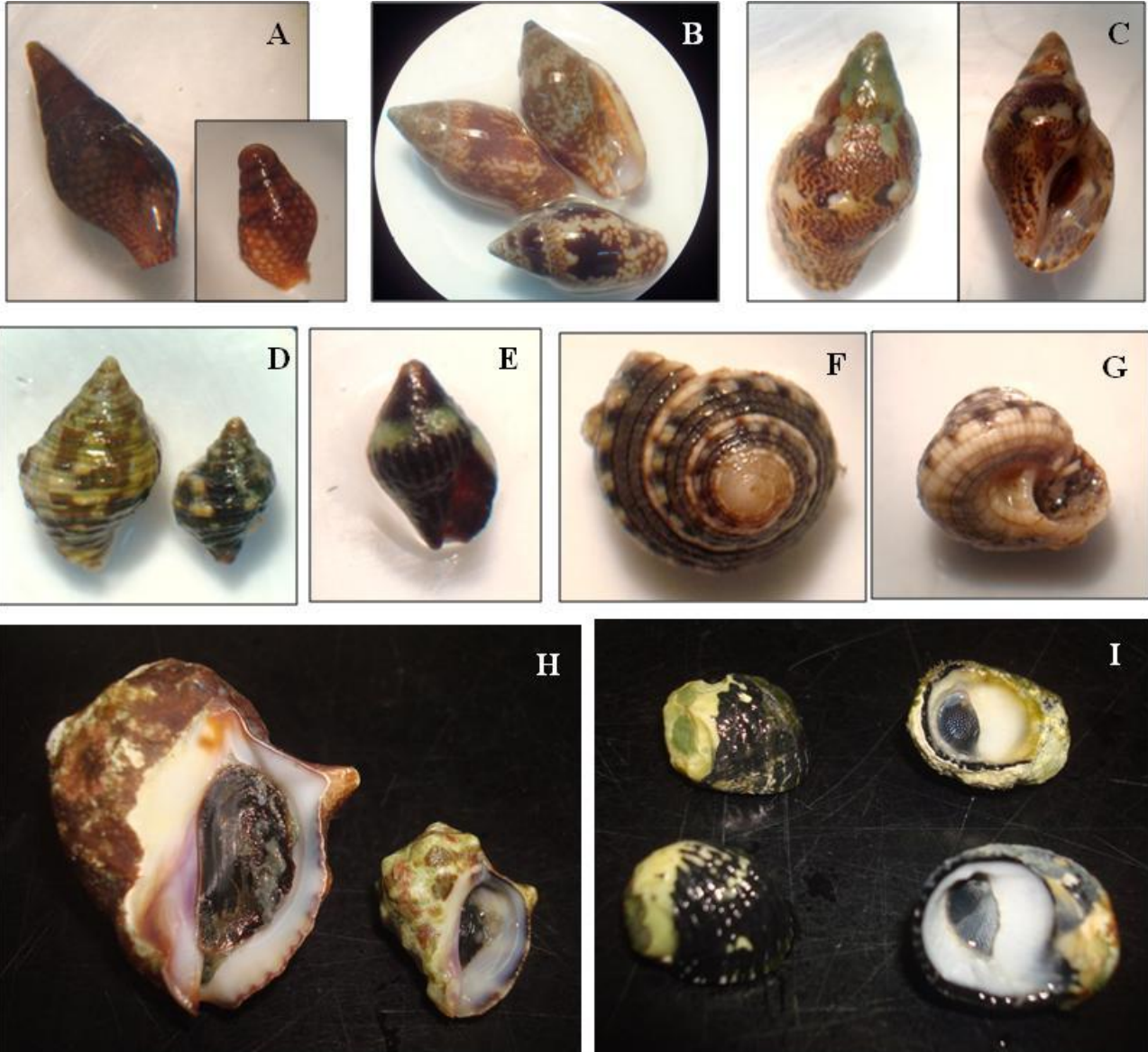
Anexo 7. Cangrejos ermitaños encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A- C) *Clibanarius tricolor* en diferentes conchas de gastrópodos, B) *Calcinus tibicen*. (Ejemplares preservados en alcohol).



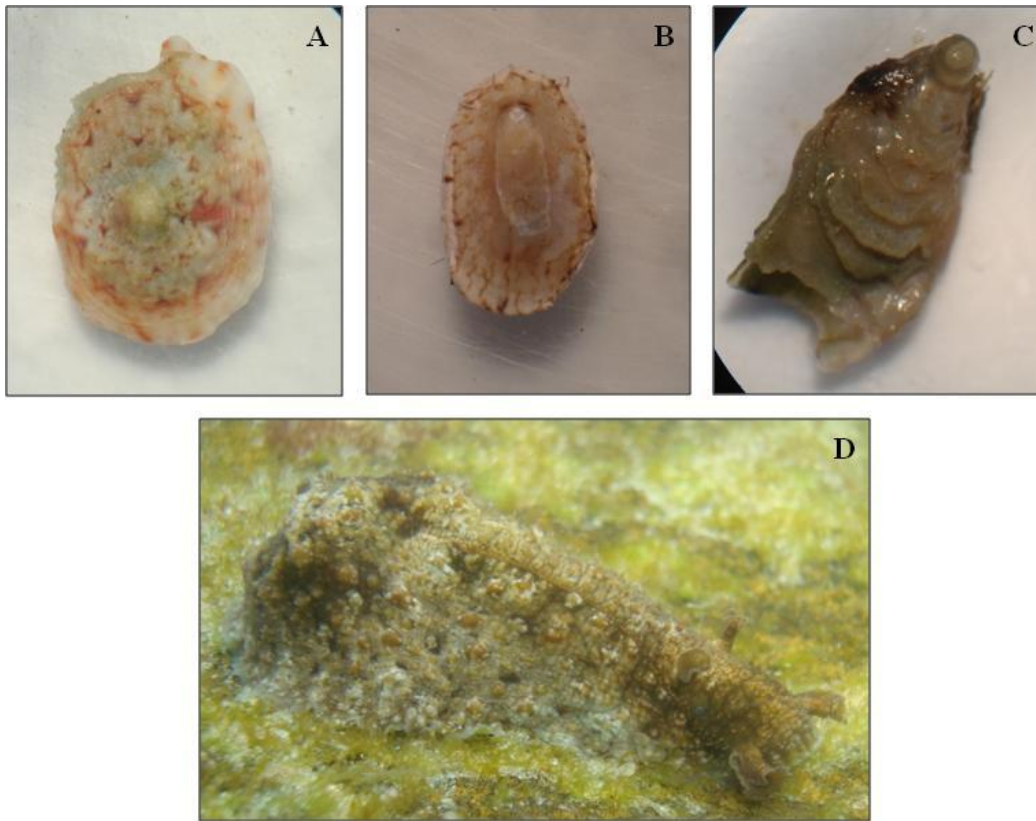
Anexo 8. Cangrejos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A)-B) *Teleophrys ornatus*, C) *Acanthonyx petiverii*, D) Juvenil de *Panopeus* sp., y E) Juvenil de *Petrolisthes armatus*. (Ejemplares preservados en alcohol).



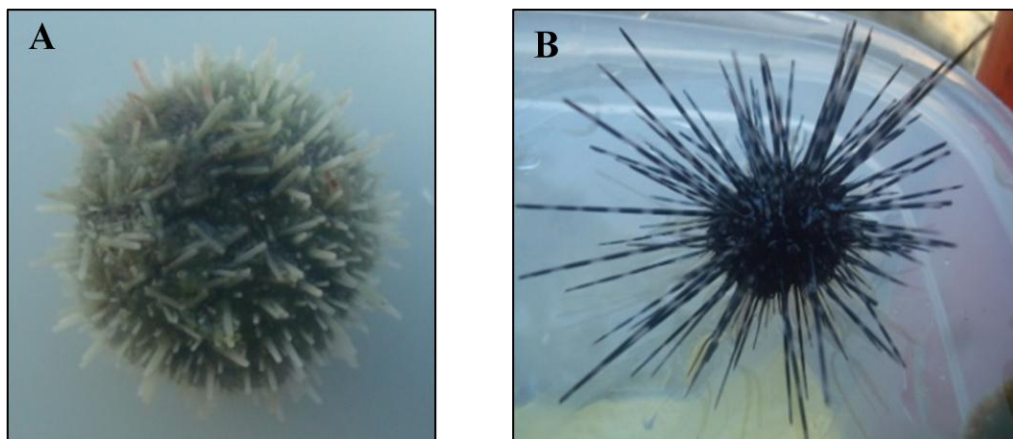
Anexo 9. Gastrópodos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) *Mitrella ocellata*, B) *Nitidella nitida*, C) *Nitidella laevigata*, D) *Gemophos tinctus*, E) *Vexillum puella*, F)-G) *Heliacus cylindricus*, H) *Vasula deltoidea* y I) *Nerita fulgurans*. (Ejemplares preservados en alcohol).



Anexo 10. Otros moluscos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) *Eoacmaea pustulata*, B) *Lottia antillarum*, C) *Isognomon* sp., D) *Dolabrifera dolabrifera*. (A-C: ejemplares preservados en alcohol, D: ejemplar vivo en campo).



Anexo 11. Juveniles de erizos de mar encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) *Lytechinus variegatus* y B) *Diadema antillarum*. (Organismos vivos en campo)



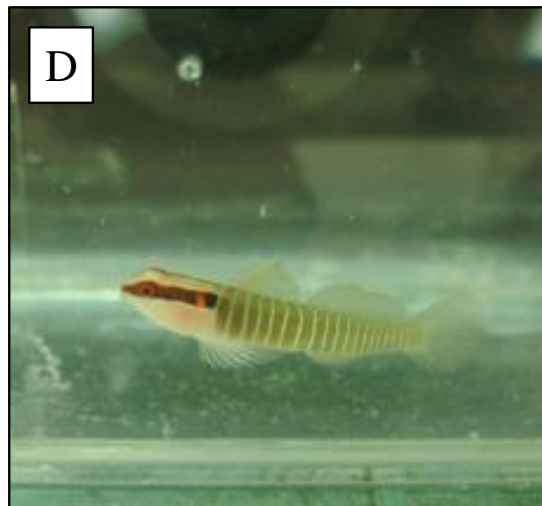
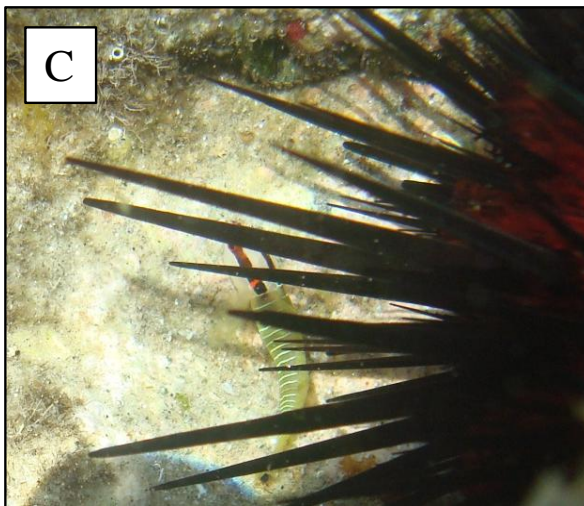
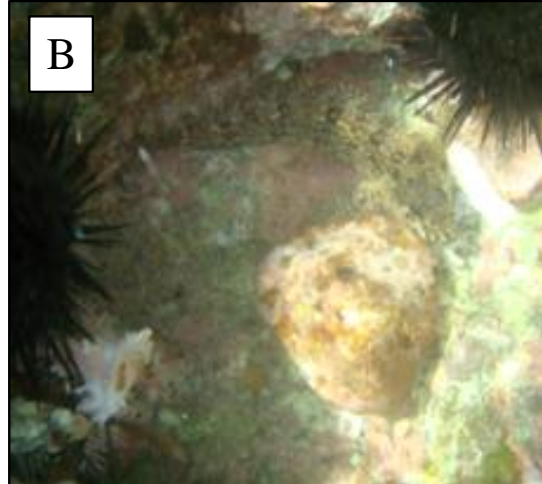
Anexo 12. Ofiuroideos encontrados en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. A) *Ophiotrix synoecina*. vista oral, B) *Ophiotrix synoecina*. vista aboral, C) *Ophioderma brevicauda*. (Ejemplares preservados en alcohol).



Anexo 13 Pepino de mar *Holothuria grisea* encontrado en asociación con los erizos *Echinometra lucunter* en la plataforma rocosa. (Ejemplar vivo).



Anexo 14. Peces encontrados en asociación con *Echinometra lucunter* durante el muestreo en la plataforma de Cepe. A) *Abudefduf saxatilis*, B) *Malacoctenus* sp. y C) y D) *Gobiosoma multifasciatum*



Anexo 15. Resultados de la Prueba de Independencia del estadístico χ^2 para los valores de los índices de disolución de barras de tiza generados entre zonas (pozas de marea, zona intermedia y zona de rompiente) y sectores (occidental y oriental) de la plataforma rocosa, realizados con el programa PAST.

N1	3
N2	3,87922
Grados de libertad	2
χ^2	0,67806
p(same)	0,71246
Monte Carlo p(same)	0,7917
Valor crítico	5,9915

Indicando así que se acepta la H_0 (Hipótesis nula) la cual tiene como premisa que las variables son independientes (ya que el valor del estadístico $\chi^2= 0,67806$) es menor que el valor crítico del análisis (5,9915) con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ y 2 grados de libertad.

Anexo 16. Resultados de la Prueba de Normalidad de los datos de de los índices de disolución de barras de tiza (IDT).

		PM-OC	PM-OR	ZI-OC	ZI-OR	ZR-OC	ZR-OR
N		4	4	3	4	4	4
Shapiro Wilk	w	0,8897	0,7756	0,9976	0,8653	0,8775	0,9168
	p	0,3816	0,06512	0,9067	0,2797	0,328	0,5192
χ^2	χ^2	0	2	1	2	2	0
	p	0,3816	0,06512	0,9067	0,2797	0,328	0,5192