



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

Distribución espacial, densidad, estructura de tallas y alimentación
de la estrella de mar *Oreaster reticulatus*
(Echinodermata: Asteroidea) en distintos hábitats de la
Ensenada Morrocoy. Parque Nacional Morrocoy

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la ilustre Universidad
Central de Venezuela, por el bachiller
Daniel Alejandro Ortiz Romero como
requisito parcial para optar al título
de Licenciado en Biología.

Tutoras:

Dra. Estrella Villamizar

Dra. Nicida Noriega

CARACAS, VENEZUELA

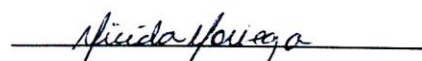
OCTUBRE, 2014

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

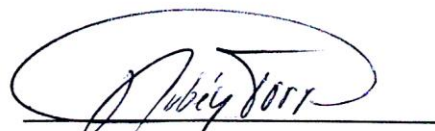
ACTA

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 “**Distribución espacial, densidad, estructura de tallas y alimentación de la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) en distintos hábitats de la Ensenada Morrocoy. Parque Nacional Morrocoy**” y presentado por el **Br. Daniel Alejandro Ortiz Romero**, titular de la cédula de identidad V-19.370.467, a los fines de cumplir 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 29 días del mes de octubre de 2014.


Profa. Estrella Villamizar
Tutora
CI 5413894


Profa. Nicida Noriega
Tutora
CI: 11036723


Profa. Sheila Marques Pauls
Jurado


Prof. Rubén Torres
Jurado
CI: V-11.405.173

*Hay quienes buscan las estrellas en el cielo
y quienes las buscamos en el mar.*

AGRADECIMIENTOS

Ante todo quiero agradecer a mis padres, por haberme guiado, motivado, apoyado y haberme enseñado a soñar, siempre con los pies sobre la tierra. A mis hermanos, por siempre haber estado presente cuando los he necesitado. Este nuevo logro es tan mío como de ustedes.

A la Universidad Central de Venezuela, por abrirme sus puertas y darme lo mejor de ella. Siempre será un orgullo infinito, y una gran responsabilidad, haber egresado de esta prestigiosa casa de estudios.

Agradezco a mis tutoras, Estrella Villamizar y Nicida Noriega, por sus consejos y enseñanzas, por guiarme y haberme dado libertad durante la concepción y desarrollo de este proyecto.

Agradezco a los profesores integrantes del jurado, Sheila Marques Pauls, Rubén Torres y Jorge Pérez, por sus numerosos aportes que sin duda ayudaron a darle forma y mejorar el presente trabajo.

Quiero agradecer infinitamente a Raibel Nuñez y Robert González, quienes dieron lo mejor de sí como ayudantes de campo. Esto no hubiera sido posible sin su ayuda.

A Mantura Kabchi y a Karina Saravo, por haber entrado en mi vida para quedarse. No hay palabras suficientes para resumir lo que siento por ustedes.

Doy gracias a todos mis amigos ucevistas, quienes me acompañaron por los pasillos de la Facultad de Ciencias y me enseñaron a encontrar mi vocación dentro de la biología. Gracias por haber crecido conmigo y por todos los momentos compartidos. Especialmente quiero agradecer a Vicky Cabrera, Lila García, Isabel García, Jhoniel Perdigón, Luisana Carballo, Verónica Sepúlveda, Fernando Machado, Samuel Ascanio, Iván Lau, Naymar Delgado, Andrea Moncada, Eloisa Lara, Dolly Montaña y Alfredo Castilla.

Agradezco a todas mis alimañas ruterías, por demostrarme una vez más que la amistad no caduca ni tiene fronteras. Muchas gracias a Alek Carr Rollitt, por siempre acompañarme en la distancia. Quiero agradecer también a Federico Rosso, Nina Guzmán, Nicky Frantzeskou y demás ruteríos por su apoyo incondicional. Si me pongo a nombrarlos a todos se me van a ir otras cien páginas más.

Estoy muy agradecido con todos los profesores que ayudaron a moldear mi mente científica durante los últimos seis años. En especial agradezco a Ernesto González y a Zaida Tárano.

Al Profesor Renato de Nóbrega, por llenarse de paciencia desde el cuarto semestre para explicarme el contenido de esa misteriosa “caja negra”, a la que los académicos les gusta llamar estadística.

A la profesora Marcia Toro, por ofrecerme su asesoría y los recursos de su laboratorio para llevar a cabo algunos análisis. Agradezco igualmente a Alejandra Delgado, por toda la ayuda prestada durante la realización de estos análisis de laboratorio. Igualmente, agradezco a Nancy Hernández y al personal del Laboratorio de Ecología de Plantas Acuáticas, quienes me ofrecieron algunos equipos de su laboratorio y su asesoría para realizar algunos análisis del sedimento.

Mis gracias van también para Samuel Narciso y el equipo de FUDENA, quiénes me dieron apoyo logístico durante la realización de las salidas de campo.

En fin, agradezco a todos los que han contribuido de una u otra forma en la construcción de este primer proyecto, mi Trabajo Especial de Grado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES	5
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
ÁREA DE ESTUDIO.....	10
Sitios de muestreo	12
Hábitats de <i>O. reticulatus</i> en la Ensenada Morrocoy	14
TRABAJO DE CAMPO	14
Estudio poblacional	14
Alimentación de <i>O. reticulatus</i>	17
Estudio ambiental.....	18
Variables fisicoquímicas	18
Temperatura del agua	18
Salinidad del agua superficial.....	18
Profundidad de la columna de agua	18
Velocidad del viento.....	19
Velocidad de la corriente superficial.....	19
Caracterización del sedimento ocupado por <i>O. reticulatus</i>	19
Caracterización y cobertura del sustrato ocupado por <i>O. reticulatus</i>	20
TRABAJO DE LABORATORIO	21
Textura de los sedimentos.....	21
Análisis de macrogranulometría.....	22
Determinación de materia orgánica	23
PROCESAMIENTO DE DATOS	24
Estudio ambiental.....	24
Variables fisicoquímicas	24

Caracterización del sedimento ocupado por <i>O. reticulatus</i>	25
Caracterización y cobertura del sustrato ocupado por <i>O. reticulatus</i>	25
Ordenación y agrupación de hábitats de <i>O. reticulatus</i>	25
Frecuencia de aparición de hábitats de <i>O. reticulatus</i>	26
Estudio poblacional	27
Frecuencia de aparición de <i>O. reticulatus</i>	27
Abundancia relativa de <i>O. reticulatus</i> en distintos hábitats	27
Abundancia relativa de <i>O. reticulatus</i> en sitios	27
Densidad de <i>O. reticulatus</i> en diferentes hábitats	28
Distribución espacial de <i>O. reticulatus</i> en distintos hábitats.....	28
Estructura de tallas de <i>O. reticulatus</i> en hábitats diferentes.....	28
Peso de <i>O. reticulatus</i> en diferentes hábitats	29
Relación talla - peso de <i>O. reticulatus</i> en la Ensenada Morrocoy	29
Alimentación de <i>O. reticulatus in situ</i>	30
RESULTADOS.....	31
Parámetros fisicoquímicos	31
Temperatura del agua	31
Salinidad	32
Profundidad de la columna de agua	32
Velocidad del viento y velocidad de la corriente superficial	33
Caracterización del sedimento ocupado por <i>O. reticulatus</i>	34
Textura de los sedimentos	34
Análisis de macrogranulometría	35
Materia orgánica.....	36
Ordenación y agrupación de hábitats de <i>O. reticulatus</i>	37
Clasificación de hábitats de <i>O. reticulatus</i>	42
Caracterización y cobertura del sustrato ocupado por <i>O. reticulatus</i>	44
Frecuencia de aparición de hábitats de <i>O. reticulatus</i>	47
Frecuencia de aparición de <i>O. reticulatus</i>	48
Abundancia relativa de <i>O. reticulatus</i> en distintos hábitats	48
Abundancia relativa de <i>O. reticulatus</i> en sitios	50
Densidad de <i>O. reticulatus</i> en diferentes hábitats.....	50
Distribución espacial de <i>O. reticulatus</i> en distintos hábitats.....	52
Estructura de tallas de <i>O. reticulatus</i> en hábitats diferentes.....	53
Estructura etaria de <i>O. reticulatus</i>	58
Peso de <i>O. reticulatus</i> en diferentes hábitats.....	59
Relación talla - peso de <i>O. reticulatus</i> en la Ensenada Morrocoy	61
ALIMENTACIÓN DE <i>O. RETICULATUS IN SITU</i>	62

DISCUSIÓN	65
CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA ENSENADA MORROCOY	65
HÁBITATS DE <i>O. RETICULATUS</i> EN LA ENSENADA MORROCOY	70
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE <i>O. RETICULATUS</i>	73
ABUNDANCIA RELATIVA DE <i>O. RETICULATUS</i> ENTRE SITIOS	74
DENSIDAD DE <i>O. RETICULATUS</i>	75
ESTRUCTURA DE TALLAS Y PESO DE <i>O. RETICULATUS</i>	79
ALIMENTACIÓN DE <i>O. RETICULATUS IN SITU</i>	83
RECOMENDACIONES.....	86
CONCLUSIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comercio de <i>Oreaster reticulatus</i> en Playa del Carmen, Quintana Roo, México. Fotografía de Daniel Ortiz (2013).	3
Figura 2. Imagen satelital de la Ensenada Morrocoy con los sitios de muestreo. S: sitio (tomada de Google Earth, 09/08/2014).	12
Figura 3. <i>Oreaster reticulatus</i> marcada con etiqueta en uno de los brazos.	16
Figura 4. Método del trineo (modificado de English y col., 1997).	17
Figura 5. Triángulo textural. Clasificación del suelo según la proporción de sus partículas (modificado de Soil Survey Staff, 1975).	22
Figura 6. Profundidad de la columna (m) de agua de cada transecto en los sitios de muestreo. Los números bajo las barras indican la profundidad promedio de cada sitio.	33
Figura 7. Tamaño del grano (%) del sedimento en los diferentes sitios.	35
Figura 8. Concentración de materia orgánica (%) en los sitios evaluados. Las barras de error indican la desviación estándar entre las muestras de cada sitio.	36
Figura 9. MDS no métrico para la ordenación de hábitats con fondos similares. S: sitio. T: transecto.	38
Figura 10. Cluster clásico para la agrupación de hábitats con fondos similares. S: sitio. T: transecto.	39
Figura 11. MDS no métrico para la ordenación de hábitats mixtos con fondos similares. S: sitio. T: transecto.	40
Figura 12. Cluster clásico para la agrupación de hábitats mixtos con fondos similares. S: sitio. T: transecto.	41
Figura 13. Cobertura promedio de las diferentes categorías bentónicas estimadas para los distintos hábitats. Las barras de error indican la desviación estándar.	45
Figura 14. Cobertura promedio (%) de las diferentes categorías bentónicas en los hábitats mixtos ocupados por <i>O. reticulatus</i> . Las barras indican la desviación estándar. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.	46
Figura 15. Abundancia relativa (%) de <i>Oreaster reticulatus</i> en los hábitats estudiados. Los números sobre las barras indican el número de individuos observados en cada hábitat.	48

Figura 16. Abundancia relativa (%) de <i>Oreaster reticulatus</i> en los hábitats de fondos mixtos. Los números sobre las barras indican el número de individuos observados en cada hábitat. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.	49
Figura 17. Densidad promedio (ind/100 m ²) de <i>Oreaster reticulatus</i> en hábitats diferentes. Las barras de error indican la desviación estándar entre los transectos de cada hábitat. Los números sobre las barras indican el número de transectos por hábitat.	51
Figura 18. Densidad promedio (ind/100 m ²) de <i>Oreaster reticulatus</i> en hábitats mixtos. Las barras de error indican la desviación estándar entre los transectos de cada hábitat mixto. Los números sobre las barras indican el número de transectos por hábitat mixto. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.	52
Figura 19. Estructura de tallas de <i>Oreaster reticulatus</i> en la Ensenada Morrocoy. Los números sobre las barras indican el número de individuos correspondiente a cada intervalo de talla. Los números en el eje de las abscisas representan los distintos intervalos de talla: 1) ≥ 2 a < 4 cm. 2) ≥ 4 a < 6 cm. 3) ≥ 6 a < 8 cm. 4) ≥ 8 a < 10 cm. 5) ≥ 10 a < 12 cm. 6) ≥ 12 a < 14 cm. 7) ≥ 14 a < 16 cm. 8) ≥ 16 a < 18 cm. 9) ≥ 18 a < 20 cm. 10) ≥ 20 cm.	54
Figura 20. Talla promedio (cm) de <i>Oreaster reticulatus</i> en distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el número de individuos medidos en cada hábitat. Las barras de error corresponden a la desviación estándar entre los transectos.....	55
Figura 21. Talla promedio (cm) de <i>Oreaster reticulatus</i> en los hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de individuos medidos en cada hábitat. Las barras de error corresponden a la desviación estándar entre los transectos. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.	56
Figura 23. Estructura de tallas de <i>Oreaster reticulatus</i> en hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de individuos correspondiente a cada intervalo de talla. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.	57
Figura 24. Estructura etaria (%) de <i>Oreaster reticulatus</i> en la Ensenada Morrocoy.....	58
Figura 25. Estructura etaria (%) de <i>Oreaster reticulatus</i> para los distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el total de organismos observados en cada hábitat.	59
Figura 26. Estructura etaria de (%) <i>Oreaster reticulatus</i> entre hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de organismos observados en cada hábitat	59

Figura 27. Peso húmedo (g) promedio de los individuos de <i>Oreaster reticulatus</i> en los distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el número de organismos pesados en cada sitio hábitat. Las barras de error indican la desviación estándar.	60
Figura 28. Peso húmedo promedio (g) de <i>Oreaster reticulatus</i> en hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de organismos pesados en cada hábitat. Las barras de error indican la desviación estándar. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.	61
Figura 29. Regresión lineal entre la talla (Log) y el peso húmedo (Log) de los organismos.	62
Figura 30. Frecuencia relativa de alimentación (%) de <i>Oreaster reticulatus</i> en los distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el número de organismos observados por hábitat.	63
Figura 31. Frecuencia relativa de alimentación (%) de <i>Oreaster reticulatus</i> en hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de organismos observados por hábitat mixto. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.	63
Figura 32. Selección de alimento (%) en los distintos hábitats. N: número de individuos observados. M1: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.	13
Tabla 2. Temperatura de la columna de agua (°C) en los sitios de muestreo. S: sitio.	31
Tabla 3. Salinidad promedio (‰) de la Ensenada Morrocoy durante los días de muestreo (n = 3). $\bar{X}$: promedio. DS: desviación estándar.	32
Tabla 4. Velocidad promedio del viento y velocidad promedio de la corriente superficial en los meses de estudio. $\bar{X}$: promedio. DS: desviación estándar. Veloc. corriente sup.: velocidad de la corriente superficial.	34
Tabla 5. Porcentaje de cada tipo de partículas y textura de los sedimentos de los distintos sitios de muestreo (n = 2 por sitio). S: sitio.	35
Tabla 6. Criterios empleados para establecer la clasificación de los hábitats mixtos.	42
Tabla 7. Clasificación de los transectos según el tipo de hábitat. S: sitio. T: transecto.	43
Tabla 8. Categorías bentónicas (bióticas) identificadas en la estimación de la cobertura del sustrato ocupado por <i>Oreaster reticulatus</i>	44
Tabla 9. Frecuencia de aparición (%) de los hábitats evaluados. N: transectos número de transectos por hábitat.	47
Tabla 10. Abundancia relativa de <i>Oreaster reticulatus</i> entre sitios estimada con dos métodos distintos. S: sitio. B-t: bandas-transectas.	50
Tabla 11. Patrones de distribución de <i>Oreaster reticulatus</i> en cada uno de los hábitats evaluados. N: número de individuos por hábitat. Valor <i>p</i> y Valor <i>R</i> asociados al Análisis de la Distancia al vecino más cercano.	53
Tabla 12. Comparación de características poblacionales de <i>Oreaster reticulatus</i> entre diferentes hábitats de la Ensenada Morrocoy con registros previos en otras localidades del Caribe. “-“ indica que la data no está disponible. Modificado de Scheibling y Metaxas (2010).	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Temperatura promedio (° C) y densidad (g/l) promedio de los sedimentos de los distintos sitios a los 40 segundos y a las 2 horas. $\bar{X}$: promedio. DS: desviación estándar.	95
Anexo 2. Curva de calibración empleada para determinar la cantidad de carbono orgánico en las muestras.....	95
Anexo 3. Valores de absorbancia, mg de carbono (mg C) y porcentaje de materia orgánica (% MO) para cada una de las muestras analizadas. S: sitio. DS: desviación estándar.....	96
Anexo 4. Distintos hábitats de <i>Oreaster reticulatus</i> en la Ensenada Morrocoy. A) Fondo arenoso B) Fondo con vegetación dominado por <i>H. decipiens</i> C) Fondo mixto D) Fondo con vegetación dominado por <i>T. testudinum</i>	97
Anexo 5. Individuos de <i>Oreaster reticulatus</i> con morfología atípica. A) Individuo de 6 brazos y B) Individuo de 4 brazos.	98
Anexo 6. Individuo juvenil de <i>Oreaster reticulatus</i> de menor talla (R = 8,15 cm) encontrado con coloración críptica verde oliva.	98
Anexo 7. Topografía irregular de fondos arenosos y dominados por <i>Halophila decipiens</i> A) Montículos de arena rodeados de <i>Halimeda incrassata</i> y B) Depresiones arenosas.....	99
Anexo 8. Selección de alimento de <i>O. reticulatus</i> en la Ensenada Morrocoy. A) Arena. B) <i>Dictyota cervicornis</i> . C) Huevos de moluscos D) <i>Halophila decipiens</i> E) <i>Thalassia testudinum</i> y F) Escombros coralinos.	100

RESUMEN

La estrella de mar *Oreaster reticulatus* es un organismo muy conspicuo que habita las cálidas aguas del Mar Caribe, entre estas, las del Parque Nacional Morrocoy. La Ensenada Morrocoy ofrece alta heterogeneidad ambiental, lo que ha favorecido el establecimiento de *O. reticulatus*. En los últimos años, sus poblaciones han mermado, principalmente a causa del comercio de esta especie como souvenir para turistas en diversas localidades del Caribe. La distribución dispersa demostrada para este asteroideo, en poblaciones pequeñas y con bajas tasas de reclutamiento, hacen que sea vulnerable a la explotación humana y a la alteración de su hábitat, en especial en lugares turísticos, como es el caso del Parque Nacional Morrocoy. La estructura poblacional de *O. reticulatus* y algunos aspectos biológicos, han sido estudiados extensamente en el Caribe, sin embargo, en Venezuela ha sido escaso su estudio. Tomando en consideración lo antes señalado, el objetivo general de este estudio fue comparar la distribución espacial, densidad, estructura de tallas y alimentación de *O. reticulatus* en distintos hábitats de la Ensenada Morrocoy. Para esto, se realizaron dos salidas de campo durante mayo y junio de 2014, en las que se caracterizó el hábitat ocupado por *O. reticulatus*, la distribución y estructura poblacional de esta especie. El estudio ambiental consistió en la medición de algunas variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, profundidad del agua, velocidad del viento y velocidad de la corriente superficial), la evaluación de la cobertura de los componentes bióticos y abióticos del sustrato y la caracterización del sedimento (concentración de materia orgánica, tamaño de los granos y textura) en los distintos hábitats. Se estudió la alimentación *in situ*, describiendo el tipo de alimento consumido por los organismos. Al realizar censos visuales, mediante 30 bandas-transectas de 200 m², colocadas en 10 sitios de muestreo a lo largo de la Ensenada Morrocoy, se observaron en total 234 individuos. Se encontró que *O. reticulatus* principalmente habita parches arenosos, fondos dominados por fanerógamas (*Halophila decipiens* y *Thalassia testudinum*) y fondos mixtos. La distribución espacial de *O. reticulatus* fue aleatoria en la mayoría de los hábitats. La densidad estimada fue de 9,75 ind/100 m² en hábitats arenosos, 5,00 ind/100 m² en fondos dominados por *H. decipiens*, 2,75 ind/100 m² en hábitats dominados por *T. testudinum* y 2,32 ind/100 m² en fondos mixtos. La talla promedio presentó diferencias entre hábitats, siendo mayor en los hábitats dominados por *H. decipiens* (R=15,5 cm) y menor en las praderas de *T. testudinum* (R=10,5 cm). La población estuvo conformada en su mayoría por individuos adultos (90,2%) y juveniles en estadio tardío (9,8%), los cuales fueron observados principalmente en praderas de *T. testudinum* (36%), sugiriendo que este hábitat podría ser sitio de reclutamiento poblacional de la especie. La correlación entre la talla y el peso de los asteroideos fue positiva y significativa ($r^2 = 0,67$; $p = 1,34E^{-53}$). *Oreaster reticulatus* es una especie omnívora, que se observó alimentándose principalmente de los microorganismos asociados a la arena, de fanerógamas y macroalgas. Se espera que este estudio pueda contribuir con las instituciones y autoridades competentes en el fortalecimiento del manejo y la conservación de esta especie en el Parque Nacional Morrocoy.

INTRODUCCIÓN

La estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758) es un equinodermo perteneciente a la Clase Asteroidea, Orden Valvatida y Familia Oreasteridae. Esta especie se distribuye extensamente en las aguas tropicales y subtropicales del Océano Atlántico, desde Carolina del Norte (EEUU) hasta Brasil, incluso alcanzando las aguas de Cabo Verde en África occidental (Scheibling, 1980a). *Oreaster reticulatus* habita en aguas poco profundas, principalmente sobre fondos arenosos y praderas de fanerógamas marinas, a lo largo del Mar Caribe (Scheibling, 1980b). Este asteroideo es común en áreas protegidas y poco profundas, como bahías y ensenadas, donde la acción del oleaje es mínima (Martín y col., 2001). En praderas de fanerógamas muy densas se presentan menores densidades de esta especie debido a que se dificulta la movilidad del asteroideo (Scheibling, 1980a; 1980b; 1981; Wulff, 1995). Estas estrellas de mar también se pueden encontrar en sustratos de arena fina y fondos fangosos, que son típicos de manglares, lagunas y algunos arrecifes coralinos someros (Hendler y col., 1995).

Oreaster reticulatus es una especie muy conspicua que puede ser fácilmente reconocida por su forma, tamaño y color. El disco central de esta estrella está rodeado por cinco brazos de forma cónica. El cuerpo voluminoso de *O. reticulatus* posee un endoesqueleto rígido con protuberancias espinosas abultadas, las cuales están cubiertas por la epidermis. La talla en los asteroideos viene determinada por la longitud de sus brazos; el radio (R) es definido como la distancia promedio desde la boca hasta la punta de dos de sus brazos, a través del surco ambulacral oral (Scheibling, 1980a). Los adultos de esta especie poseen un radio mayor a 12 cm ($R > 12$ cm), mientras que los juveniles presentan un radio menor a esta talla ($R < 12$ cm) (Scheibling, 1980a; 1980b). Esta especie presenta cuatro patrones de coloración básicos: verde olivo, rojo, castaño rojizo y amarillo crema, los cuales se combinan de manera diferente en el

área papular, las espinas y el retículo para generar así distintas combinaciones. La coloración verde olivo es característica de los juveniles, los cuales por lo general se observan mimetizados en densas praderas de fanerógamas marinas (Scheibling, 1980a; Berovides y Ortiz-Touzet, 1981).

Con respecto a sus hábitos alimenticios, se ha observado que *O. reticulatus* es una especie principalmente omnívora. La estrella evierte su estómago cardíaco sobre el sustrato y digiere los microorganismos asociados al mismo y al detritus particulado (Anderson, 1978; Scheibling, 1982). Esta especie también cumple roles de depredador oportunista y carroñero, ya que se alimenta de cualquier organismo de la macrofauna sésil, que presente movilidad lenta y/o que esté moribundo. Se han reportado también casos ocasionales de canibalismo (Scheibling, 1982).

Oreaster reticulatus es una especie con sexos separados, no presenta dimorfismo y se reproduce anualmente en verano en regiones subtropicales. En áreas tropicales, como Bocas del Toro en Panamá, donde la temperatura del agua es alta durante nueve meses al año, hay desove asincrónico durante todo el año (Guzmán y Guevara, 2002). En la mayoría de las especies de asteroideos, los gametos se liberan en el agua y los embriones y larvas que resultan de la fecundación externa forman parte del zooplancton. Luego de sucesivas divisiones celulares, el cigoto se transforma en la larva bipinnaria (de vida libre) y posteriormente en larva braquiolaria. Una vez desarrollada, se produce el asentamiento de la larva braquiolaria en el lecho marino. Posteriormente, ocurre la metamorfosis, en se presenta una disposición nueva de los tejidos. El lado izquierdo del cuerpo de la larva se convierte en la superficie oral de los juveniles, mientras que el lado derecho se transforma en la superficie aboral (Ruppert y col., 2004).

Esta especie se encuentra actualmente amenazada en países como México, Brasil, Colombia, Panamá y en otras localidades del Caribe, principalmente a causa de su comercio con acuarios y su venta a turistas como souvenir (Myers y Ottensmeyer, 2005). En México (Figura 1),

uno de los países con mayor venta de equinodermos, se estima que se capturan aproximadamente 90.000 ejemplares por año de *Oreaster* para su comercio (Lunn y col., 2008). Las poblaciones de *O. reticulatus* están disminuyendo drásticamente su tamaño en varias regiones del Caribe y no hay evidencia del reestablecimiento de su tamaño poblacional (Myers y Ottensmeyer, 2005). Este asteroideo, a pesar de no estar incluido en la Lista Roja, ni en apéndices CITES, ni en el Acta de Especies Amenazadas de Estados Unidos, se encuentra protegido en el Caribe a causa de su sobreexplotación (Puglisi, 2000).

Tagliafico y col. (2012) afirman, sin mayor detalle, que individuos de esta especie se comercializan en Venezuela. Guzmán y Guevara (2002) también mencionan que en algunos países del Caribe, como México, Jamaica, Trinidad y Venezuela permiten la extracción de esta especie sin aparentes restricciones, lo cual podría incrementar, a largo plazo, la demanda y comercio en otras áreas una vez que las poblaciones en estos países hayan disminuido. Según Alvarado (2011), *O. reticulatus* se extrae de Venezuela sin ninguna regulación ni control para su venta como souvenir. En la actualidad no se tiene mayor información detallada acerca de la comercialización de esta especie en sitios turísticos de Venezuela.



Figura 1. Comercio de *Oreaster reticulatus* en Playa del Carmen, Quintana Roo, México. Fotografía de Daniel Ortiz (2013).

El Parque Nacional Morrocoy es un área muy sensible, que ha sido objeto de un constante deterioro ambiental en las últimas décadas, principalmente por acciones antropogénicas (Laboy-Nieves y Conde, 2001). El incremento de las poblaciones humanas aledañas al parque y de la actividad turística, han ocasionado que aumente el tráfico de embarcaciones, generando así un mayor número de las gasolineras establecidas en el parque. A su vez, esto ha ocasionado que se vierta una mayor cantidad de desechos al medio acuático (aceite, gasolina con plomo, pintura, entre otros), lo cual genera un incremento en las concentraciones de metales y otros contaminantes en el agua (Short y Echeverría, 1996; Rossel, 2011). Todas estas condiciones son negativas para el establecimiento de las poblaciones de *O. reticulatus*, pues es una especie que habita en aguas cálidas, transparentes y poco profundas (Scheibling, 1980a).

En base a lo expuesto anteriormente, es necesario realizar un estudio poblacional de línea base de la especie en la Ensenada Morrocoy, que permita, en estudios *a posteriori*, evaluar a largo plazo posibles cambios en la estructura poblacional de *O. reticulatus*, ya sean propios de la dinámica de las poblaciones de la especie o a consecuencia del deterioro ambiental de la zona de estudio. Asimismo, esta investigación será de gran importancia para obtener datos biológicos básicos (abundancia, densidad, estructura de tallas, alimentación) sobre las poblaciones de *O. reticulatus* y su hábitat en este importante sitio turístico; dicha información podrá ser utilizada por los manejadores del parque para planificar y establecer, junto con las comunidades locales, futuras estrategias de manejo que permitan conservar esta especie en la Ensenada Morrocoy, generando así un mínimo impacto sobre las poblaciones de esta especie y su hábitat.

ANTECEDENTES

Se han realizado importantes estudios ecológicos y biológicos sobre *O. reticulatus* en algunas localidades del Mar Caribe. Los principales estudios han estado enfocados en la estructura poblacional (Scheibling, 1980a; 1980b; 1980c; Guzmán y Guevara, 2002; Scheibling y Metaxas, 2010), alimentación (Scheibling, 1980c; 1981a; 1982) y reproducción de la especie (Scheibling, 1981b; Metaxas y col., 2002; 2008; Guevara y Guzmán, 2002).

En el estudio de la estructura poblacional de *O. reticulatus* en praderas de fanerógamas marinas de Las Granadinas, Scheibling (1980a) encontró que la asociación entre el asteroideo y la fanerógama *Halodule wrightii* está relacionada con el hábito de alimentación de *O. reticulatus* y con la disponibilidad de recursos alimenticios asociados a la pradera. Asimismo, los individuos presentaron una distribución espacial agregada entre las praderas de la fanerógama marina. Por último, observó que las poblaciones estaban compuestas principalmente por adultos y por algunos juveniles en estadio tardío. Scheibling (1980b) también estudió la estructura de las poblaciones de *O. reticulatus* en fondos arenosos de las Islas Vírgenes (EEUU), y encontró que las poblaciones se distribuyen aleatoriamente en la mayor parte del año (de otoño a primavera); presentan un máximo de agregación durante el período reproductivo (verano) y un mínimo de agregación durante la época inactiva del ciclo reproductivo anual. Las poblaciones fueron encontradas en distintos tipos de sustrato arenoso: 1) planicies de grano grueso, 2) montículos de grano medio y 3) parches aislados de arena fina en medio de densas praderas de la fanerógama *Syringodium filiforme*. La densidad del asteroideo fue mayor en los parches de arena y menor en las planicies arenosas. Igualmente, las poblaciones estuvieron compuestas principalmente por adultos y por juveniles en estadio tardío. En el Caribe panameño (Bocas del Toro) también se estudió la estructura poblacional de *O. reticulatus* (Guzmán y Guevara, 2002). En esta zona se

estimó una densidad de 0,015 ind/m² (149,7 ind/ha). La talla promedio, basada en la medición del radio, fue de 9,5 cm, con un intervalo comprendido entre 3 y 21 cm de longitud. La población presentó una composición principalmente de juveniles (83%) y minoritariamente de adultos (17%). El 45% de la población fue encontrada en praderas dominadas por *Thalassia testudinum* y arena calcárea de grano grueso; 51% de la población se halló en hábitats que presentaban parches mixtos de fanerógamas y arrecifes coralinos, mientras que el 4% de la población se observó exclusivamente en arrecifes de coral. Wulff (1995) observó en Panamá (Islas San Blas) que la talla de los asteroideos osciló entre 9 y 13 cm. La talla promedio de *O. reticulatus* en Belice fue 12,1 cm, mientras que la densidad promedio fue de 8,9 ind/100m² (Wulff, 2008). LeGore y col. (2008) observaron individuos de *O. reticulatus* en praderas de fanerógamas de Puerto Rico y estimaron una densidad de 0,0027 ind/100m² en dicho hábitat. En una investigación más reciente, llevada a cabo por Scheibling y Metaxas (2010), se estudió la distribución, abundancia y composición demográfica de poblaciones de *O. reticulatus* en distintos hábitats: manglares, arrecifes franjeantes, praderas de fanerógamas y fondos arenosos en la cercanía de algunos cayos de arena de Belice. La talla de los individuos en este estudio osciló entre 9,7 y 13,7 cm entre los diferentes hábitats. Las poblaciones en manglares y en arrecifes franjeantes estuvieron compuestas principalmente por juveniles (83% y 91%, respectivamente), con la coloración críptica característica. La densidad poblacional entre los sitios estudiados osciló entre 1,7 y 18,3 ind/100 m². Por otra parte, los autores encontraron que la distribución fue aleatoria en todos los hábitats, a excepción del arrecife franjeante, en donde la distribución fue agregada.

Con respecto a la alimentación de *O. reticulatus*, se han realizado investigaciones anatómicas, fisiológicas y ecológicas. Una de las primeras descripciones generales sobre la forma en la que se alimenta este asteroideo fue realizada por Thomas (1960), quien observó en

condiciones naturales, que *O. reticulatus* se alimentaba de esponjas al evertir su estómago sobre ellas. Anderson (1978) estudió la morfología funcional del sistema digestivo de esta estrella marina y concluyó que dicha estructura sugiere que este organismo presenta una considerable versatilidad en sus hábitos alimenticios, funcionando en la trama trófica como carnívoro macrófago y carroñero a la vez. Uno de los estudios más completos que detallan los hábitos alimenticios *in situ* de *O. reticulatus* fue llevado a cabo por Scheibling (1982), quien observó que *O. reticulatus*, además de ser un organismo carnívoro y carroñero, se alimentaba también de detritus particulado y de microorganismos asociados a fanerógamas, arena y/o algas. Wulff (1995) encontró que *O. reticulatus* se alimentaba preferencialmente de esponjas en las Islas San Blas en Panamá. Wulff (2008) registró que los asteroideos se alimentaban de microalgas epífitas filamentosas asociadas a las hojas de *Thalassia testudinum* y de macroalgas como *Halimeda* sp.

En el Caribe venezolano son realmente escasos los estudios enfocados exclusivamente en esta especie. El primer estudio que menciona a *O. reticulatus*, fue llevado a cabo a nivel taxonómico por Zoppi (1967). Investigaciones enfocadas en algunos aspectos de la ecología de estos asteroideos destacan únicamente las de Martín y col. (2001), llevada a cabo en praderas de fanerógamas marinas del Parque Nacional Morrocoy y el Parque Nacional Mochima, y la de Tagliafico y col. (2012), realizado en la Isla de Cubagua. Martín y col. (2001) estimaron la densidad de *O. reticulatus* en distintas localidades del Parque Nacional Morrocoy (Caño León: 0,072 ind/m² y Las Luisas: 0,0075 ind/m²) y en el Parque Nacional Mochima (0,2 ind/m²). Con respecto al estudio de tallas, Martín y col. (2001) encontraron que el radio de esta especie osciló entre 4 y 9,3 cm en Las Luisas, entre 7,8 y 12,6 cm en Caño León y entre 8,5 y 16,5 cm en la bahía de Mochima. Por otra parte, Tagliafico y col. (2012) reportaron una densidad de 0,02 ind/m² (167,3 ind/ha) para Isla Cubagua. Los asteroideos se observaron agregados en distintos

hábitats: praderas de fanerógamas dominados por *T. testudinum* (50%), arena (25%), fondos cubiertos por algas en descomposición (16%), bancos de moluscos (9%) y parches de coral (1%). Los autores reportan que la estructura etaria de la población estuvo representada en 67% por individuos adultos, mientras que el 33% restante corresponde a juveniles, no obstante en sus representaciones gráficas se observa que la mayor parte de los individuos encontrados son juveniles. El intervalo de tallas osciló entre 2,2 y 21 cm de radio, con un promedio de $10,7 \pm 5$ cm. La mayoría de los juveniles (40%) se observaron en praderas de fanerógamas y en ostrales, mientras la mayor parte de los adultos (67%) se registró en fondos arenosos (Tagliafico y col., 2012).

Algunos estudios de estructura comunitaria de macroinvertebrados asociados a praderas de fanerógamas, mencionan la presencia de *O. reticulatus* en localidades del Parque Nacional Morrocoy. Bitter (1999), en la pradera de fanerógamas dominada por *T. testudinum* de Las Luisas, reportó la presencia de *O. reticulatus* con baja dominancia (2,6 %) y una distribución espacial uniforme en este ambiente. Por otra parte, Sánchez (2013), encontró que *O. reticulatus* habita en praderas de *T. testudinum* en Tumba Cuatro, Boca Seca (al suroeste y al este de la Ensenada Morrocoy, respectivamente), en Caño León y en Las Luisas, con mayor frecuencia de aparición en estas dos últimas localidades.

OBJETIVOS

Objetivo general

Comparar la distribución espacial, densidad, estructura de tallas y alimentación de *Oreaster reticulatus* en distintos hábitats de la Ensenada Morrocoy, en el Parque Nacional Morrocoy, Edo. Falcón.

Objetivos específicos

1. Determinar la distribución espacial de *O. reticulatus* en diferentes hábitats.
2. Estimar la densidad poblacional de *O. reticulatus* en distintos hábitats.
3. Determinar la estructura de tallas de la especie en diversos hábitats.
4. Determinar, *in situ*, la composición de la dieta de *O. reticulatus*.
5. Caracterizar ambientalmente los distintos hábitats ocupados por la especie.
6. Relacionar la distribución y estructura poblacional de *O. reticulatus* con las condiciones del sustrato de los distintos hábitats.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio fue realizado en la Ensenada Morrocoy, ubicada en el Parque Nacional Morrocoy (PNM), Edo. Falcón, en la región nor-occidental del Golfo Triste, costa centro occidental de Venezuela (10° 52'N, 68° 16'O). El PNM comprende un área total de aproximadamente 319 km² de ecosistemas continentales, insulares y marinos, entre los que destacan los bosques de manglar, praderas de fanerógamas marinas, fondos arenosos sin vegetación y arrecifes coralinos. El clima es relativamente constante durante todo el año. La temperatura media anual del aire es de 27,2 °C con mínimos de temperatura entre diciembre y febrero y máximos entre agosto y octubre. La precipitación muestra un ciclo anual definido, con un período de lluvias entre junio y diciembre y un período de sequía entre finales de diciembre y mayo. La humedad relativa es alta (83 - 90%) y la velocidad del viento oscila entre 3 y 6 m/s, con dirección noreste-suroeste durante casi todo el año. La temperatura media anual del agua es de 29,1 °C con mínimas entre diciembre y febrero y máximas entre agosto y octubre. La salinidad oscila entre 25 y 30 ‰ (Solana y col., 2005). Por otra parte, el fondo del Parque Nacional Morrocoy consiste en sedimentos de arena fina (80-90%), arena fangosa (80-100%), fango arenoso (20-50%) y fango (0 -20%) (Caldera y col., 2005).

La Ensenada Morrocoy está delimitada por el norte con el Cerro de Chichiriviche, por el este-sureste (ESE) por los cayos de Boca Seca y Animas y por el oeste (O) por partes emergidas de manglares; esta zona recibe la mayor parte de sus aguas por Boca Grande, de carácter netamente oceánico. Tiene un área aproximada de unos 15 km², con un eje máximo este-oeste de 5,3 km y uno norte-sur de 4,4 km; con un intervalo de profundidad que va desde 1 m hasta los 21 m,

en la “boca”. La zona oeste (O) de la ensenada es la más somera (entre 0 y 6 m), y esto hace que las corrientes se bifurquen en dos ramas después de entrar por la boca; una de componente este-oeste (E-O), paralela a la costa del Cerro de Chichiriviche, de menor intensidad; y otra, de componente sur-suroeste (SSO), que va paralela a los dos cayos, de mayor intensidad. Este componente interactúa la mayor parte del tiempo con Boca Paiclás, definiendo un flujo de agua continuo entre las dos bocas (Solana y col., 2005). La Ensenada Morrocoy es un área ambientalmente heterogénea en la que se encuentran diversos ambientes marino-costeros, en los cuales se ha establecido *O. reticulatus*. Entre estos ambientes se encuentran las praderas de fanerógamas marinas, los fondos arenosos sin vegetación, parches coralinos, bosques de manglar y ambientes mixtos; estos últimos presentan características de varios de los ambientes mencionados.

En la Ensenada Morrocoy hay una localidad conocida por los pobladores locales como el “Bajo Las Estrellas”. Ésta es una zona altamente turística, la cual es visitada principalmente por turistas venezolanos durante todo el año, en especial durante las temporadas vacacionales. Los turistas que visitan la localidad lo hacen para interactuar de diversas formas con la estrella de mar *O. reticulatus* en su hábitat natural. Asimismo, ésta es un área que presenta frecuentes perturbaciones ambientales ocasionadas por el tránsito constante de embarcaciones por la zona. El “Bajo Las Estrellas” es un conjunto de bajos pequeños, los cuales son elevaciones del fondo marino. Los bajos son áreas poco profundas (1-10 m) con fondos arenosos que pueden o no estar cubiertos, de forma parcial, por vegetación. La vegetación marina predominante de la Ensenada Morrocoy está compuesta por las fanerógamas *T. testudinum* y *Halophila decipiens* y el alga calcárea *Halimeda incrassata*.

Sitios de muestreo

El criterio para la selección de los sitios de observación y muestreo fue basado en la heterogeneidad ambiental presente en el área de estudio; se seleccionaron diez (10) sitios con diferencias en cuanto al tipo de ambiente (fondos arenosos, praderas de fanerógamas, mosaicos, cercanía al manglar), estructura del sustrato y variables fisicoquímicas. La escogencia de los sitios no estuvo condicionada por la presencia de *O. reticulatus*; los sitios considerados fueron aquellos que presentaron condiciones ambientales favorables para el establecimiento de la especie de interés. Se escogieron puntos de muestreo distribuidos en toda la Ensenada Morrocoy, intentado abarcar la mayor parte de la misma. A continuación se presenta la localización satelital (Figura 2) y geográfica (Tabla 1) de los sitios de muestreo.



Figura 2. Imagen satelital de la Ensenada Morrocoy con los sitios de muestreo. S: sitio (tomada de Google Earth, 09/08/2014).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo.

Sitio	Transecto	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
S1	T1	10°50'10.40" N	68°14'23.70" O
	T2	10°50'13.90" N	68°14'21.00" O
	T3	10°50'16.20" N	68°14'20.10" O
S2	T1	10°50'5.80" N	68°14'57.10" O
	T2	10°50'4.50" N	68°14'54.90" O
	T3	10°50'1.90" N	68°15'3.00" O
S3	T1	10°49'53.53" N	68°14'28.58" O
	T2	10°49'54.71" N	68°14'27.92" O
	T3	10°49'54.60" N	68°14'26.65" O
S4	T1	10°51'1.67" N	68°14'38.36" O
	T2	10°51'1.83" N	68°14'39.75" O
	T3	10°51'3.43" N	68°14'35.06" O
S5	T1	10°50'58.30" N	68°14'16.71" O
	T2	10°50'57.54" N	68°14'13.62" O
	T3	10°51'1.00" N	68° 14' 40.60" O
S6	T1	10°49'50.58" N	68°14'41.45" O
	T2	10°49'48.40" N	68°14'41.77" O
	T3	10° 49' 46.90" N	68° 14' 44.30" O
S7	T1	10° 50' 1.30" N	68° 15' 31.00" O
	T2	10° 49' 58.60" N	68° 15' 32.60" O
	T3	10° 50' 8.00" N	68° 15' 33.20" O
S8	T1	10° 49' 38.10" N	68° 15' 48.70" O
	T2	10°49'44.54" N	68°15'46.90" O
	T3	10° 49' 59.30" N	68° 15' 44.60" O
S9	T1	10° 50' 30.20" N	68° 15' 0.10" O
	T2	10°50'28.86" N	68°15'0.43" O
	T3	10° 50' 30.90" N	68° 14' 57.90" O
S10	T1	10°50'59.88" N	68°15'8.48" O
	T2	10°51'1.55" N	68°15'8.18" O
	T3	10°51'2.71" N	68°15'6.39" O

Hábitats de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy

En un principio, el diseño muestral de campo consideró la selección de distintos sitios en la Ensenada Morrocoy, con la intención de tener representados los diferentes hábitats presentes en la misma. Se esperaba que los transectos (3) realizados en cada sitio fueran réplicas. Sin embargo, luego de obtener los datos, se observó una enorme variabilidad en la cobertura de las distintas categorías bentónicas del sustrato, lo que no permitió hacer correspondencia entre cada sitio y un tipo de hábitat en particular. Debido a esta gran heterogeneidad del fondo, se utilizó cada transecto (en lugar de cada sitio) como unidad muestral, de forma independiente, con el fin de identificar los distintos hábitats de *O. reticulatus* en el área de estudio.

Trabajo de campo

Para cumplir con los objetivos de este proyecto de investigación, se realizaron dos salidas de campo de 5 días de duración cada una; la primera salida se llevó a cabo en mayo y la segunda en junio de 2014.

Estudio poblacional

Con el fin de estimar la densidad, estructura de tallas y peso de la población de *O. reticulatus*, se contaron, midieron y pesaron *in situ* todos los individuos observados en los sitios de muestreo establecidos en la Ensenada Morrocoy. Esto se llevó a cabo mediante censos visuales con equipo de buceo autónomo y en apnea. La preferencia entre un método u otro dependió de la profundidad y del número de individuos de *O. reticulatus* presente en cada sitio. En los sitios más profundos y/o con mayor densidad de individuos se prefirió el buceo con equipo autónomo, mientras que en sitios más someros y/o con menores densidades poblacionales se seleccionó el

método de apnea. Los censos se realizaron mediante el método de transectos de banda (English y col., 1997), de 50 m de largo x 4 m de ancho (200 m²). En total se colocaron 30 transectos (3 transectos en cada sitio), evaluando así 600 m² por sitio de muestreo, para una revisión total de 6.000 m² de fondo (correspondiente a 10 sitios de muestreo). Los transectos se colocaron aleatoriamente en los sitios de muestreo, paralelos a la costa y a una profundidad constante, con una separación aproximada de 50 m entre ellos.

Las observaciones se llevaron a cabo de forma simultánea por dos buzos, los cuales se guiaron a través del transecto utilizando dos tubos graduados (10 cm de apreciación) de PVC de 2 m de longitud cada uno, que se colocaron perpendicularmente al transecto. Cada buzo evaluó un segmento de fondo de 2 m de ancho a cada lado del transecto. Asimismo, con el fin de explorar el tipo de distribución espacial que presenta la población, se anotó la distancia de los organismos con respecto al transecto, la cual se midió en forma perpendicular al mismo con los tubos graduados de PVC.

Para conocer la estructura de tallas de la población de *O. reticulatus* en los diferentes hábitats, se consideraron sólo los individuos encontrados dentro de las bandas delimitadas de 50x4m, los cuales se midieron en el fondo con una cinta métrica de 1 mm de apreciación. Se midió el radio (R) de cada uno de los organismos, el cual resulta como la distancia promedio desde la boca hasta la punta de dos de sus brazos, a través del surco ambulacral oral (Scheibling, 1980a). Se determinó el peso húmedo *in situ* de los individuos encontrados en cada sitio de muestreo, con una balanza portátil Weiheng de 0,001 kg de apreciación. El peso húmedo fue registrado a bordo de la embarcación y para ello se colocaron a los individuos dentro una bolsa porosa de organza, y su vez en recipientes con agua de mar (permitiendo así la salida del exceso de agua); posteriormente, la bolsa se sujetó a la balanza portátil. El registro del peso húmedo se

llevó a cabo lo más rápido posible para disminuir el estrés en los animales. Luego de pesar a los organismos, se liberaron en el mismo lugar en donde se colectaron.

Los asteroideos fueron marcados con unas etiquetas plásticas numeradas que permitieron su identificación *in situ*. Los organismos se marcaron al momento de realizar los censos y luego se recapturaron al momento de registrar el peso húmedo. Las etiquetas estuvieron conformadas por un rectángulo plástico, en el cual se inscribían números con marcador indeleble; a su vez, el mismo se ató a una liga, la cual se colocó alrededor de uno de los brazos de los organismos (Figura 3).



Figura 3. *Oreaster reticulatus* marcada con etiqueta en uno de los brazos.

La abundancia de asteroideos en zonas extensas también se evaluó con el método del trineo (del inglés *manta tow*) (Scheibling, 1980b; Fernandes, 1989, 1990; Fernandes y col., 1990). Este método se empleó como un método secundario, para complementar la información obtenida por medio de los censos en bandas-transectos. El trineo es un “muestreador” que consta de una tabla plástica, la cual está atada a una cuerda y ésta a su vez está amarrada al bote. A su vez se ató

un marco de 30 x 47,5 cm. a la tabla plástica, el cual sirvió para acotar el área de observación (Scheibling, 1980b). Para ejecutar el método se necesitó la asistencia de dos personas. Una persona condujo el bote a velocidad constante (4-5,5 km/h) mientras que la otra contó, desde la superficie, los individuos de *O. reticulatus* observados a través del área delimitada, durante 1 minuto de recorrido sobre la superficie de cada uno de los sitios de muestreo (Figura 4) (English y col., 1997). Los barridos se realizaron de forma aleatoria y en cada uno de los sitios muestreados, evitando la superposición de los mismos. Se llevaron a cabo 3 barridos para cada uno de los sitios de muestreo.

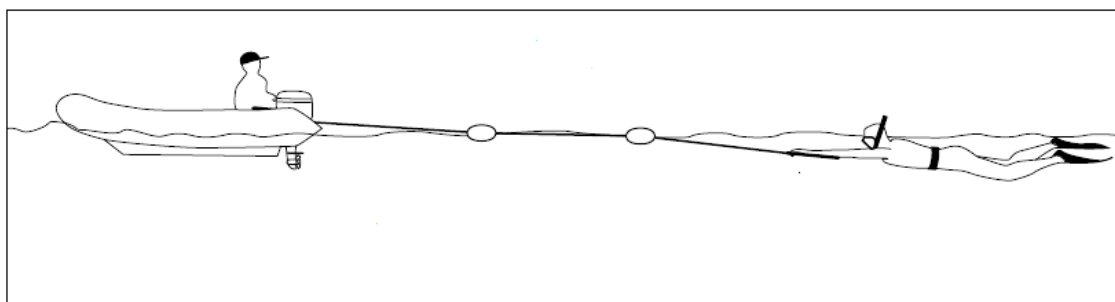


Figura 4. Método del trineo (modificado de English y col., 1997).

Alimentación de *O. reticulatus*

Para determinar la composición de la dieta de *O. reticulatus in situ* se revisó la zona oral de cada uno de los organismos encontrados dentro del área de las banda-transectos y se observó si el estómago se encontraba evertido o no; en caso afirmativo se describió sobre que tipo de sustrato (o presa) se encontraba. El alimento que no pudo ser identificado *in situ* se identificó posteriormente en laboratorio.

Estudio ambiental

La caracterización del hábitat ocupado por *O. reticulatus* consistió en la medición de algunas variables fisicoquímicas, caracterización del sedimento y evaluación de la cobertura del sustrato en los distintos hábitats.

Variables fisicoquímicas

Temperatura del agua

Se registró la temperatura del fondo de cada sitio de muestreo con un sensor térmico (Hobo Water Temp Pro v2; $\pm 0,2$ °C) durante el tiempo de muestreo en cada sitio.

Salinidad del agua superficial

Para medir este parámetro se utilizó un refractómetro analógico (marca Atago). Se realizaron tres mediciones diarias en la mañana y tres en la tarde (réplicas). Las mediciones no se llevaron a cabo para cada sitio de muestreo, sino para la Ensenada Morrocoy con el fin de caracterizar globalmente la localidad.

Profundidad de la columna de agua

Se midió la profundidad correspondiente al comienzo (0 m) de cada transecto. Las mediciones se tomaron con un profundímetro (marca Sherwood) en los sitios más profundos y con una vara graduada de 2 m de longitud en los fondos más someros.

Velocidad del viento

La velocidad del viento se midió con un anemómetro portátil (Sper Scientific, modelo 840003). Se registraron 10 mediciones durante la mañana y 10 durante la tarde de cada día de muestreo. Las mediciones se realizaron para caracterizar ambientalmente, de forma general, la Ensenada Morrocoy.

Velocidad de la corriente superficial

Se calculó a través del recorrido que realiza una pelota plástica al flotar en la superficie en dirección de la corriente. Se midió con una cinta métrica la distancia del recorrido de la pelota desde un punto inicial A hasta un punto B durante 1 minuto. Estas mediciones no se realizaron para cada sitio de muestreo sino para la Ensenada Morrocoy, a modo de caracterización del área de estudio. La velocidad de la corriente superficial (VCS) se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$\text{VCS} = \text{distancia recorrida por la pelota (m)} / 1 \text{ min}$$

Caracterización del sedimento ocupado por *O. reticulatus*

Para caracterizar el sedimento, se tomaron muestras del mismo en los distintos sitios. Para determinar la textura y estructura de tamaños de las partículas de los sedimentos (análisis de macrogranulometría), fueron tomadas, de forma aleatoria dentro de cada sitio de muestreo, dos muestras (réplicas) de sedimento por sitio con nucleadores de PVC (30 cm de largo x 5 cm de diámetro); en total se tomaron 20 muestras de sedimento para su posterior análisis en laboratorio.

Para estimar la cantidad de materia orgánica presente en el sedimento de cada sitio, se tomaron aleatoriamente dos muestras de sedimento por sitio de muestreo con nucleadores plásticos (13 cm de largo x 3 cm de diámetro). Las muestras fueron obtenidas de los primeros

5-10 cm del sedimento. En total se extrajeron 20 muestras de sedimento y se almacenaron en frío, evitando así los procesos de combustión de la materia orgánica, para su posterior análisis en laboratorio.

Caracterización y cobertura del sustrato ocupado por *O. reticulatus*

La evaluación de la cobertura de los distintos tipos de vegetación, sustratos abióticos y organismos bentónicos, permitió ordenar y agrupar los distintos hábitats de *O. reticulatus*. Dicha evaluación comprendió la estimación de la cobertura del sustrato mediante la utilización de cuadratas de 1 m² a lo largo de cada transecto; esta estimación se realizó sobre los mismos transectos empleados en los censos de los asteroideos. Se colocaron 3 cuadratas por cada transecto, al comienzo, en la mitad y al final de cada uno (0 m, 25 m y 50 m respectivamente), evaluando así un área de 3 m² de cobertura para cada transecto. Adicionalmente, en cada cuadrata se estimó el número de plantas de *T. testudinum* en dos cuadrículas (100 cm² cada una) diagonalmente opuestas; asimismo, también se midió la longitud de la hoja más larga de *T. testudinum* encontrada en cada una de las cuadrículas.

La identificación de los organismos bentónicos (equinodermos, esponjas, corales, entre otros) y la vegetación (fanerógamas, algas, entre otros) asociada al sustrato se realizó *in situ*. Aquellos organismos que no pudieron ser identificados *in situ*, fueron colectados y posteriormente identificados en laboratorio. La identificación de los organismos vegetales se realizó con las guías de identificación de Littler y col. (1989), Steyermark (1994) y Littler y Littler (2000)

Trabajo de laboratorio

Análisis del sedimento

Se determinó la textura, tamaño del grano (análisis de macrogranulometría) y concentración de materia orgánica contenida en el sedimento de cada sitio mediante los siguientes análisis:

Textura de los sedimentos

Para determinar cuantitativamente la textura de los sedimentos se empleó el método de Bouyoucos (1962). Si bien este método fue diseñado para determinar la textura de suelos, sus principios también son aplicables a sedimentos marinos.

El sedimento fue previamente secado en una estufa durante tres días a 50 °C. Se tamizó el sedimento con un tamiz de 2 mm y se utilizaron las partículas menores a este tamaño. A 100 gramos de sedimento, previamente secados a 50 °C durante 3 días, se le añadieron 50 ml de pirofosfato de sodio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) 0,02N y 125 ml de agua destilada. Transcurridos 15 minutos, se mezcló el contenido por 5 minutos en un mezclador eléctrico a velocidad intermedia. Se trasvasó la suspensión a un cilindro graduado de 1 L, hasta completar su volumen con agua destilada. Se preparó un blanco únicamente con 50 ml pirofosfato de sodio y el resto del volumen de agua destilada. Se cubrió la abertura del cilindro con una bolsa plástica y se mezcló por inversión hasta que todas las partículas del sedimento estuvieron suspendidas. Posteriormente, se determinó a los 40 segundos y a las 2 horas la densidad y temperatura de la suspensión con un hidrómetro y termómetro, respectivamente (Anexo 1). El porcentaje de arena, limo y arcilla presente en las muestras se estimó mediante las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ arena} = 100 - ((\text{Densidad a los 40 segundos/peso seco de la muestra}) * 100)$$

$$\% \text{ arcilla} = (\text{Densidad a las 2 h/ peso seco de la muestra}) * 100$$

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{ de arena} + \% \text{ de arcilla})$$

Una vez estimados los porcentajes de cada una de los tipos de partículas en el sedimento, se determinó la textura del mismo haciendo uso de un triángulo textural (Figura 5).

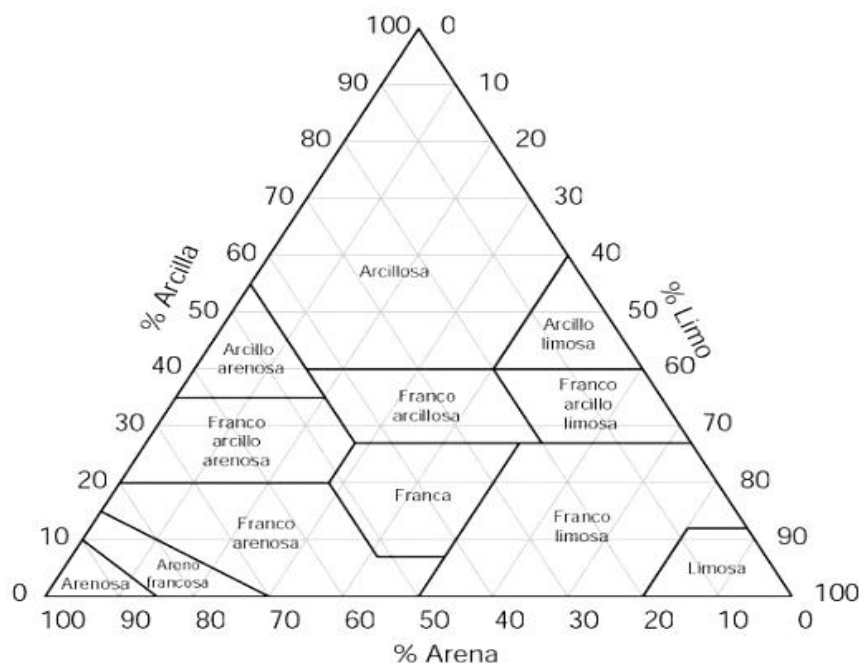


Figura 5. Triángulo textural. Clasificación del suelo según la proporción de sus partículas (modificado de Soil Survey Staff, 1975).

Análisis de macrogranulometría

Se realizaron análisis macrogranulométricos para determinar la proporción de las distintas fracciones de arena constituyentes del sedimento. Se pesaron 100 g de sedimento (previamente secado a 60 °C durante 3 días en una estufa) y se tamizaron por 10 minutos en un agitador de tamices. Se utilizaron seis tamices con diferente tamaño de poro (2; 1,4; 0,7; 0,4; 0,2 y 0,1 mm) y posteriormente se pesó cada una de las fracciones contenidas en los tamices. Para clasificar el tamaño de grano en distintas categorías, se utilizó la escala de Wentworth (1922).

Determinación de materia orgánica

El carbono orgánico oxidable se determinó mediante el método de Walkley-Black. La determinación se basa en una oxidación incompleta del carbono orgánico por una mezcla oxidante de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4), acentuada por el calor de una solución acuosa del ácido. La cantidad de agente oxidante consumido en la reacción se determina por fotolorimetría midiendo la intensidad del color verde de los iones Cr^{6+} , amarillos del dicromato inicial y comparando con las lecturas de una curva de calibración preparada con patrones de concentración conocida de solución de sacarosa. Los iones Cr^{6+} producidos son proporcionales a la cantidad de carbono oxidado. Por colorimetría se lleva a cabo una medida del dicromato residual (Jackson, 1976).

Se colocaron 100 mg de la muestra a cada tubo de centrifugación y se le añadió en el siguiente orden: 1 ml de H_2O ; 1 ml de $K_2Cr_2O_7$ (8%); 3 ml de H_2O y 1,5 ml de H_2SO_4 (96%); con el blanco se procedió igual pero sin incluir la muestra. Posteriormente, se mezcló bien y se centrifugó por 10 minutos a 1000 rpm. Luego, se extrajo el sobrenadante y se realizó la respectiva lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro analógico (marca Milton Roy Company, modelos Spectronic 20) a una longitud de onda de 585 nm. Por último, se determinó la cantidad de carbono (mgC) y el porcentaje de materia orgánica (%MO) en cada muestra haciendo uso de las siguientes ecuaciones:

$$\text{mg C} = (\text{Absorbancia} + 0,0201) / 0,16994$$

$$\%MO = ([\text{mg C} \times 1,32 \times 1,724] / \text{peso de la muestra}) \times 100$$

Para construir la curva de calibración (Anexo 2) se prepararon seis patrones con distintas concentraciones de sacarosa (0, 0.5, 1, 1.5, 2 y 2,5 mg/ml). Los patrones se dejaron secar en una estufa a 105 °C durante 1 hora. Posteriormente se le añadieron los reactivos antes mencionados y en el mismo orden. Después se realizó la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 585 nm (Anexo 3).

Procesamiento de datos

Estudio ambiental

Variables fisicoquímicas

Se utilizaron pruebas de comparaciones de medias paramétricas y no paramétricas. Como prueba paramétrica de comparación de medias se emplearon Análisis de Varianza (acrónimo en inglés ANOVA) de una y dos vías. Asimismo, se realizaron Comparaciones Múltiples de TUKEY como análisis *a posteriori* para evaluar a cuales parejas de medias se les atribuía la diferencia de medias observada. Previo a la realización de los ANOVA, se verificó que hubiese homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene) y normalidad (Prueba *p* de normalidad) entre los datos las variables evaluadas para los distintos hábitats. Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía para comparar las medias de profundidad, y de concentración de materia orgánica contenida en los sedimentos de los distintos sitios. Para evaluar si existía algún efecto en cuanto al mes y a la hora del día en el que se realizaron las mediciones de salinidad, velocidad del viento y corriente superficial, se llevaron a cabo Análisis de Varianza de dos vías para cada una de estas variables (Daniel, 2002).

Cuando el set de datos no presentó una distribución normal y/o homogeneidad de varianzas, se procedió a realizar análisis no paramétricos. Como pruebas no paramétricas para la

comparación de medias, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, y Mann-Whitney como su respectiva prueba *a posteriori*. Se realizó una prueba de Kruskal-Wallis para cada tamaño de grano (grano muy grande, grande, medio y fino), con la finalidad de comparar las medias entre los distintos sitios de muestreo

Para todos los análisis realizados, se utilizó un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0,05$). Aquellos valores $p \leq 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos. Para todos los análisis estadísticos realizados en este estudio se utilizaron los paquetes estadísticos PAST 3.01 y el IBM SPSS Statistics 20.

Caracterización del sedimento ocupado por *O. reticulatus*

La textura, el tamaño del grano y la cantidad de carbono orgánico contenida en el sedimento, se determinaron haciendo uso de las ecuaciones presentadas anteriormente.

Caracterización y cobertura del sustrato ocupado por *O. reticulatus*

Se realizó una prueba de Kruskal-Wallis para comparar, por separado, las diferencias de cobertura promedio de cada categoría bentónica en los hábitats evaluados. Cuando se arrojaron valor de p significativos, se realizaron pruebas *a posteriori* de Mann-Whitney.

Ordenación y agrupación de hábitats de *O. reticulatus*

La ordenación y agrupación de hábitats se realizó a partir de los datos de cobertura del sustrato ocupado por *O. reticulatus* en cada uno de los transectos evaluados. Para ordenar y agrupar los hábitats con fondos similares, se hizo uso de un Escalamiento Multidimensional no métrico (*non-metric MDS*) y un cluster clásico. Estos análisis se realizaron con los datos de

cobertura de arena, *T. testudinum*, *H. decipiens* (especies con mayor cobertura en los transectos) y otras macroalgas encontradas en cada transecto. Para los datos de cobertura se utilizó la transformación del arcoseno ($p' = \arcsin \sqrt{p}$), en donde p es el porcentaje de cobertura de cada uno de los ítems transformado en proporción. Una vez ordenados y agrupados los transectos, se procedió a clasificar los hábitats a partir de los datos de cobertura por cada transecto.

Con la finalidad de dividir los transectos que conforman el hábitat mixto en otros hábitats más específicos, se realizó un Escalamiento Multidimensional no métrico (*non-metric MDS*) y un cluster clásico. Las variables consideradas para realizar estos análisis fueron: cobertura de *T. testudinum* (con la respectiva transformación del arcoseno), número promedio de plantas de *T. testudinum* en 100 cm² y longitud promedio de la hoja más larga de *T. testudinum* en cada uno de los transectos estudiados. Para la realización de todos los MDS se utilizó el índice de similitud de Bray-Curtis, mientras que para la construcción de los clusters se empleó el índice Euclidiano.

Una vez que los transectos correspondientes a los hábitats mixtos fueron agrupados en grupos de menor tamaño, se les asignó una categoría relacionada con la cobertura promedio de *T. testudinum* más larga y con la longitud promedio de la hoja de dicha fanerógama en cada uno de los nuevos grupos. Esta nueva agrupación permitió estudiar los hábitats mixtos con mayor nivel de detalle, partiendo de la caracterización de la vegetación presente en dichos hábitats.

Frecuencia de aparición de hábitats de *O. reticulatus*

Para conocer la representación de cada uno de los hábitats ocupado por *O. reticulatus* en los distintos sitios muestreados en la Ensenada Morrocoy, se calculó la frecuencia de aparición de cada hábitat haciendo uso de la siguiente expresión:

$$\text{Frecuencia de aparición (\%)} = (n_i / N) * 100$$

Donde:

n_i : número de transectos en los que aparece el hábitat i

N : número total de transectos

Estudio poblacional

Frecuencia de aparición de *O. reticulatus*

Para conocer la frecuencia de aparición de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy, se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Frecuencia de aparición (\%)} = (n_o / N) * 100$$

Donde:

n_o : número de transectos en donde *O. reticulatus* estuvo presente

N : número total de transectos

Abundancia relativa de *O. reticulatus* en distintos hábitats

Se estimó la abundancia relativa (proporción de individuos por hábitat) de *O. reticulatus* en los hábitats clasificados. Se realizó la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis, luego se utilizó la prueba de Mann-Whitney con la finalidad de evaluar la diferencia de la abundancia relativa entre hábitats.

Abundancia relativa de *O. reticulatus* en sitios

Se comparó la abundancia relativa (número de individuos) de *O. reticulatus* entre sitios por medio de dos métodos: censos visuales y trineo.

Densidad de *O. reticulatus* en diferentes hábitats

Para comparar la media de la densidad entre los distintos hábitats, se llevó a cabo una prueba de Kruskal-Wallis, seguido por el análisis de Mann-Whitney como prueba *a posteriori*.

Distribución espacial de *O. reticulatus* en distintos hábitats

Se aplicó el Análisis de Distancia del vecino más cercano para conocer la distribución espacial de los asteroideos, tanto en la Ensenada Morrocoy como en los distintos hábitats evaluados. Se utilizó el valor R para determinar la distribución espacial haciendo uso del siguiente criterio: $R < 1$: distribución agregada; $R \sim 1$: distribución aleatoria; $R > 1$: distribución uniforme (Clark y Evans, 1954). Dicho índice se calcula con la siguiente expresión (Clark y Evans, 1954):

$$R = \frac{\bar{d}}{\mu} = \frac{2\bar{d}}{\sqrt{A/n}}$$

Donde:

d : distancia media observada entre los vecinos más cercanos

A : área evaluada

n : número de puntos

Estructura de tallas de *O. reticulatus* en hábitats diferentes

Para comparar las tallas promedios de la especie, estimadas en los distintos hábitats, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con su respectiva prueba *a posteriori* (Prueba de Mann-Whitney). Por otra parte, se evaluó la estructura de tallas, tanto globalmente en la Ensenada Morrocoy, como en los diferentes hábitats dentro de la misma, estableciendo diez categorías de tallas para observar la distribución de los respectivos valores. Estas categorías se

establecieron simétricamente según los valores máximos y mínimos de talla reportados por distintos autores.

Las categorías establecidas se presentan a continuación:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) ≥ 2 a < 4 cm | 6) ≥ 12 a < 14 cm |
| 2) ≥ 4 a < 6 cm | 7) ≥ 14 a < 16 cm |
| 3) ≥ 6 a < 8 cm | 8) ≥ 16 a < 18 cm |
| 4) ≥ 8 a < 10 cm | 9) ≥ 18 a < 20 cm |
| 5) ≥ 10 a < 12 cm | 10) ≥ 20 cm |

La estructura etaria fue determinada al obtener la proporción de individuos por estadio de desarrollo. Se consideraron juveniles aquellos individuos cuya longitud del radio promedio fue menor a 12 cm, mientras que se tomaron como adultos aquellos cuyo radio fue ≥ 12 cm (Scheibling, 1980a; 1980b).

Peso de *O. reticulatus* en diferentes hábitats

Se llevó a cabo el análisis de comparación de medias de Kruskal-Wallis y la prueba *a posteriori* de Mann-Whitney para comparar el peso húmedo promedio de los individuos entre los distintos hábitats de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy.

Relación talla - peso de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy

Para observar esta relación, se calculó el coeficiente de correlación lineal paramétrico (r), con el fin de determinar si existía una correlación significativa entre ambas variables. Posteriormente, se realizó una regresión lineal, lo que permitió obtener la pendiente o coeficiente

de regresión entre ambas variables. Igualmente se obtuvo el coeficiente de determinación (r^2), el cual midió el ajuste de la data al modelo de regresión lineal. Para ambos análisis se realizó una transformación logarítmica de las variables peso húmedo y talla con la finalidad de obtener una mayor linealidad en los datos.

Alimentación de *O. reticulatus* in situ

Con la finalidad de evaluar la composición de la dieta de *O. reticulatus* en sus distintos hábitats en la Ensenada Morrocoy, se calculó la frecuencia de individuos alimentándose por cada recurso consumido en los respectivos hábitats al momento de la observación.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

A continuación se presentan los resultados correspondientes a los parámetros fisicoquímicos estudiados: temperatura del agua, salinidad, y profundidad de la columna de agua, velocidad del viento y velocidad de la corriente superficial.

Temperatura del agua

En la Tabla 2 se muestra la temperatura del fondo de los distintos sitios. La temperatura promedio del agua de la Ensenada Morrocoy fue $27,90 \pm 0,46$ °C, la cual presentó valores mínimos en el sitio 2 (27,19 °C) y máximos en el sitio 8 (28,77 °C) en los intervalos de profundidad evaluados.

Tabla 2. Temperatura de la columna de agua (°C) en los sitios de muestreo. S: sitio.

Sitio	Temperatura del agua (°C)
S1	27,88
S2	27,19
S3	27,46
S4	28,05
S5	27,53
S6	28,15
S7	27,94
S8	28,77
S9	27,69
S10	28,32

Salinidad

La salinidad promedio en los sitios evaluados de la Ensenada Morrocoy fue de $35,7 \pm 0,7$ ‰, oscilando entre 35,3 y 37,0 ‰. Se observaron ligeras diferencias no significativas entre la hora del día (ANOVA de dos vías, $p = 1,00$) y entre los meses (ANOVA de dos vías, $p = 0,17$). La interacción entre estas variables tampoco fue estadísticamente significativa (ANOVA de dos vías, $p = 0,32$) (Tabla 3).

Tabla 3. Salinidad promedio (‰) de la Ensenada Morrocoy durante los días de muestreo ($n = 3$). $\bar{X}$: promedio. DS: desviación estándar.

	Fecha	Salinidad promedio (‰)	
		Mañana	Tarde
		$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$
Salida 1 (mayo)	07-05-14	$36 \pm 0,0$	$35,3 \pm 0,6$
	08-05-14	$36 \pm 0,0$	$37,0 \pm 0,0$
	09-05-14	$36,7 \pm 0,6$	$35,0 \pm 0,0$
Salida 2 (junio)	04-06-14	$35,0 \pm 0,0$	$35,0 \pm 0,0$
	05-06-14	$35,3 \pm 0,6$	$35,0 \pm 0,0$
	06-06-14	$35,0 \pm 0,0$	$36,7 \pm 0,6$

Profundidad de la columna de agua

La profundidad de la columna de agua presentó variaciones entre sitios, encontrándose una profundidad promedio de $2,5 \pm 1,5$ m. El sitio más somero fue el sitio 4 ($1,4 \pm 0,5$ m), mientras que el más profundo fue el sitio 9 ($5,8 \pm 0,2$ m). En la Figura 6 se presentan las profundidades de la columna de agua para cada uno de los transectos de cada sitio. En el sitio 10 se presentó la menor variación de profundidad entre los transectos (desviación estándar = 0,10 m), mientras que en el sitio 2 se encontró la mayor variabilidad entre la profundidad de los transectos (desviación estándar = 1,76 m) (Figura 6). La diferencia que se observa entre las profundidades de los sitios es

significativa (ANOVA de una vía, $p = 4,06E-15$), encontrándose que el sitio 9 fue similar al sitio 5 y distinto al resto de ellos (Comparaciones Múltiples TUKEY, $p < 0,05$).

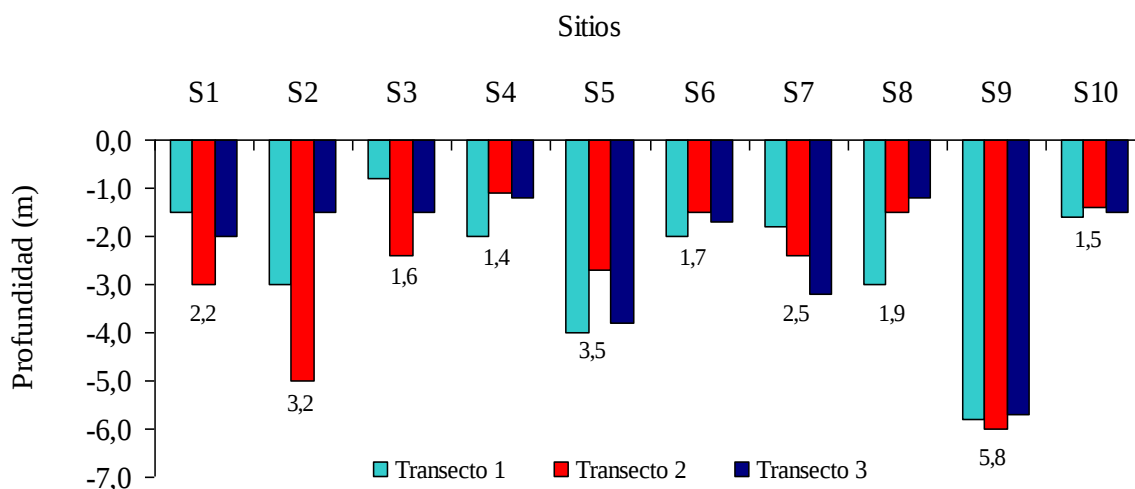


Figura 6. Profundidad de la columna (m) de agua de cada transecto en los sitios de muestreo. Los números bajo las barras indican la profundidad promedio de cada sitio.

Velocidad del viento y velocidad de la corriente superficial

La velocidad promedio del viento fue de $4,8 \pm 1,8$ m/s, siendo más alta en junio ($6,0 \pm 1,3$ m/s) que en mayo ($3,6 \pm 0,9$ m/s). En la mayoría de los días, la velocidad del viento promedio fue mayor en la tarde para ambos meses (Tabla 4). Las diferencias entre los promedios de la velocidad del viento observadas entre el mes de mayo y junio fueron estadísticamente significativas (ANOVA de dos vías $p = 0,02$), mientras que, tanto la variabilidad asociada con las variaciones diarias (ANOVA de dos vías $p = 0,20$) y la interacción entre los meses de muestreo y horas del día (ANOVA de dos vías $p = 0,94$) no resultaron estadísticamente significativas. La velocidad de la corriente superficial promedio durante el período de muestreo fue de $14,9 \pm 5,3$ m/min. Al igual que la velocidad del viento, la velocidad de la corriente superficial también fue mayor durante el mes de junio en comparación con mayo.

Asimismo, en la mayoría de los días de muestreo, la velocidad promedio de la corriente superficial fue mayor en la tarde (Tabla 4). Las diferencias observadas en la velocidad de la corriente superficial entre los meses de muestreo fueron estadísticamente no significativas (ANOVA dos vías $p = 0,06$). Asimismo, la variabilidad en la velocidad superficial que podría atribuirse a la hora de medición del parámetro (ANOVA de dos vías, $p = 0,22$) y a la interacción entre la hora y el mes de muestreo no fueron significativas (ANOVA dos vías, $p = 0,93$). Este estudio se llevó a cabo en aguas someras, por ello se supuso que la corriente del fondo es similar a la corriente superficial.

Tabla 4. Velocidad promedio del viento y velocidad promedio de la corriente superficial en los meses de estudio. $\bar{X}$: promedio. DS: desviación estándar. Veloc. corriente sup.: velocidad de la corriente superficial.

	Fecha	Velocidad del viento (m/s)		Veloc. corriente sup. (m/min)	
		Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
		$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$
Salida 1	07-05-14	$2,38 \pm 0,35$	$3,98 \pm 0,81$	$10,47 \pm 0,47$	$16,55 \pm 2,17$
	08-05-14	$3,60 \pm 0,45$	$5,26 \pm 0,40$	$9,95 \pm 0,31$	$14,00 \pm 1,87$
	09-05-14	$3,09 \pm 0,75$	$3,31 \pm 0,90$	$10,73 \pm 1,50$	$10,45 \pm 0,52$
Salida 2	04-06-14	$3,09 \pm 0,51$	$6,33 \pm 0,70$	$6,47 \pm 1,43$	$20,78 \pm 3,36$
	05-06-14	$6,24 \pm 0,60$	$7,84 \pm 0,87$	$21,40 \pm 2,12$	$21,33 \pm 1,27$
	06-06-14	$7,22 \pm 0,92$	$5,46 \pm 1,57$	$20,07 \pm 1,50$	$17,14 \pm 1,08$

Caracterización del sedimento ocupado por *O. reticulatus*

Textura de los sedimentos

Los sedimentos de los distintos sitios muestreados presentaron una textura arenosa, ya que la proporción de arena en cada una de las muestras fue mayor al 97% (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de cada tipo de partículas y textura de los sedimentos de los distintos sitios de muestreo (n = 2 por sitio). S: sitio.

Sitio	% arena	% arcilla	% limo	Textura
S1	97.996	2.001	0.003	Arenosa
S2	97.996	2.000	0.005	Arenosa
S3	97.943	1.505	0.553	Arenosa
S4	97.323	2.669	0.008	Arenosa
S5	97.994	2.001	0.005	Arenosa
S6	97.784	2.203	0.013	Arenosa
S7	97.784	2.203	0.013	Arenosa
S8	97.450	2.202	0.348	Arenosa
S9	97.794	2.201	0.006	Arenosa
S10	97.794	2.201	0.006	Arenosa

Análisis de macrogranulometría

Se presentó heterogeneidad en el tamaño de grano de arena de los distintos sitios estudiados. En todos los sitios hubo proporciones distintas de granos muy grandes, grandes, medios y finos. Los sitios con mayor influencia continental, como los sitios 3, 4 y 6 presentaron una mayor fracción de granos muy gruesos y gruesos, a diferencia de sitios como el 5, 7 y 9, con mayor influencia oceánica, presentando predominantemente granos medios y finos (Figura 7).

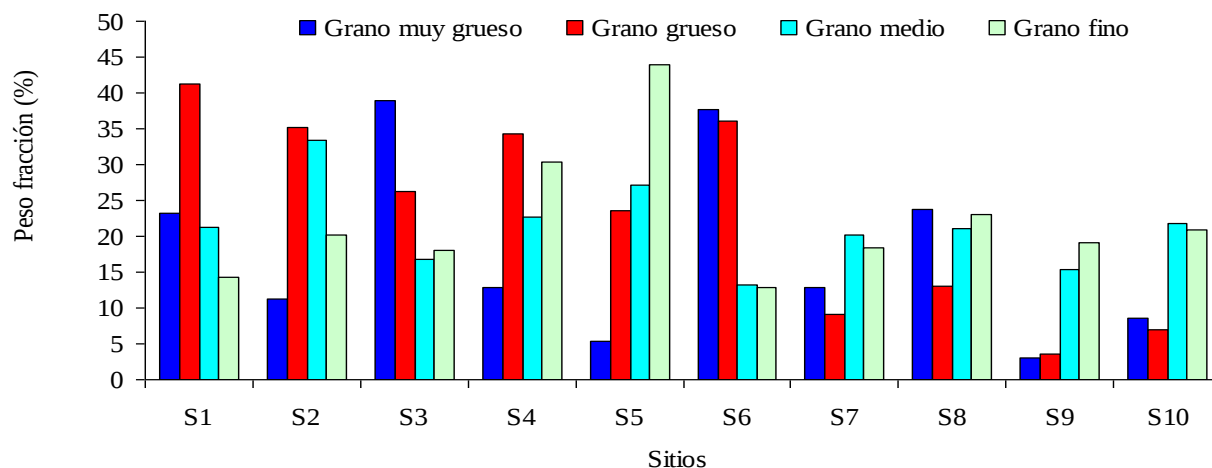


Figura 7. Tamaño del grano (%) del sedimento en los diferentes sitios.

En los sedimentos de grano muy grueso (Kruskal-Wallis, $p = 1,09E^{-03}$), grano grueso (Kruskal-Wallis, $p = 4,48E^{-03}$), grano medio (ANOVA de una vía, $p = 2,06E^{-10}$) y grano fino (ANOVA de una vía, $p = 7,92E^{-10}$) entre los sitios de muestreo se establecieron diferencias estadísticamente significativas. Se encontró arena de grano muy grueso (predominante en sitios 3, 6 y 8), arena de grano grueso (mayor proporción en sitios 1, 2 y 4), arena de grano medio (principalmente en sitios 7 y 10) y arena de grano fino (mayor porcentaje en sitios 5 y 9).

Materia orgánica

En la Figura 8 se muestra la concentración de materia orgánica determinada para cada uno de los sitios de muestreo. Se encontró que la concentración promedio de materia orgánica en los sitios evaluados de la Ensenada Morrocoy fue de $2,01 \pm 1,39$ % MO, presentando el sitio 6 la mayor concentración ($4,86 \pm 2,20$ % MO) y el sitio 2 la menor concentración ($0,73 \pm 0,39$ % MO).

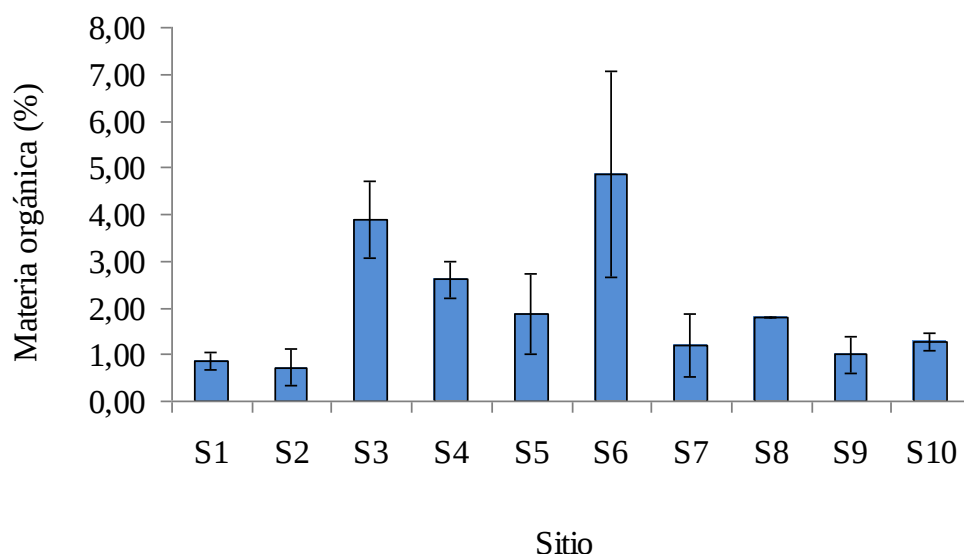


Figura 8. Concentración de materia orgánica (%) en los sitios evaluados. Las barras de error indican la desviación estándar entre las muestras de cada sitio.

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de materia orgánica entre los sitios (ANOVA de una vía, $p = 2,76E-07$). Los sitios 3 y 6 resultaron similares entre sí, pero distintos al resto de los sitios en cuanto a la cantidad de materia orgánica contenida en sus sedimentos (Comparaciones Múltiples TUKEY, $p < 0,05$). El resto de los sitios presentaron similitudes en cuanto al porcentaje de materia orgánica de sus respectivos sedimentos.

Ordenación y agrupación de hábitats de *O. reticulatus*

A continuación se presentan los resultados de los análisis empleados para ordenar y agrupar los distintos hábitats evaluados en la Ensenada Morrocoy. Los puntos representan cada uno de los transectos evaluados y cada color corresponde a un sitio en particular. Mientras la distancia entre los puntos es más cercana, más similar es la cobertura de los transectos entre sí. Se formaron distintas agrupaciones las cuales tuvieron correspondencia con un tipo de hábitat en particular. Se establecieron cinco agrupaciones principales, cada una correspondiente a un tipo de hábitat en particular. (Figuras 9 y 10).

Los hábitats mixtos fueron reagrupados con la finalidad de obtener un mayor nivel de detalle de la cobertura en dichos hábitats (Figuras 11 y 12).

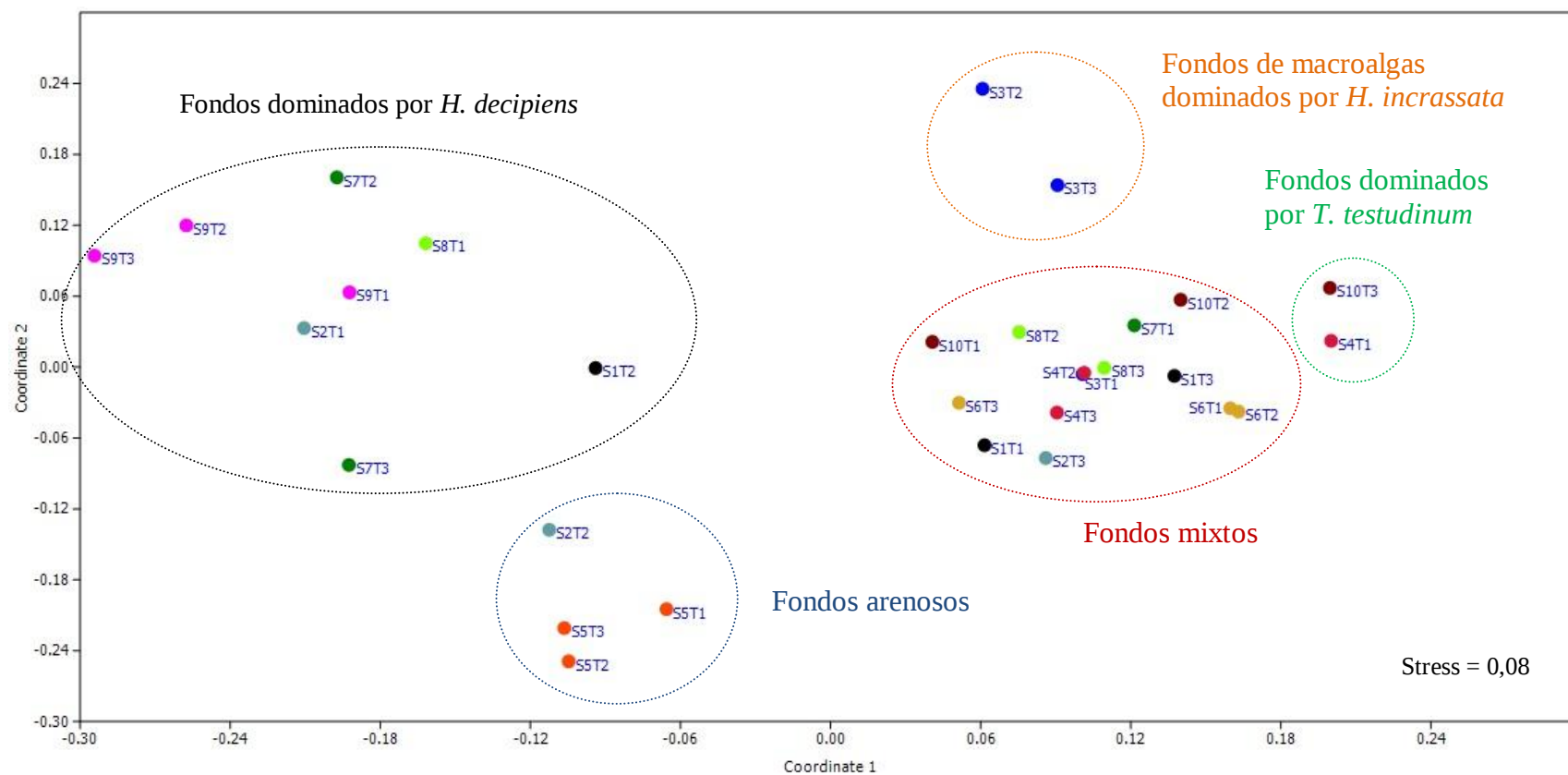


Figura 9. MDS no métrico para la ordenación de hábitats con fondos similares. S: sitio. T: transecto.

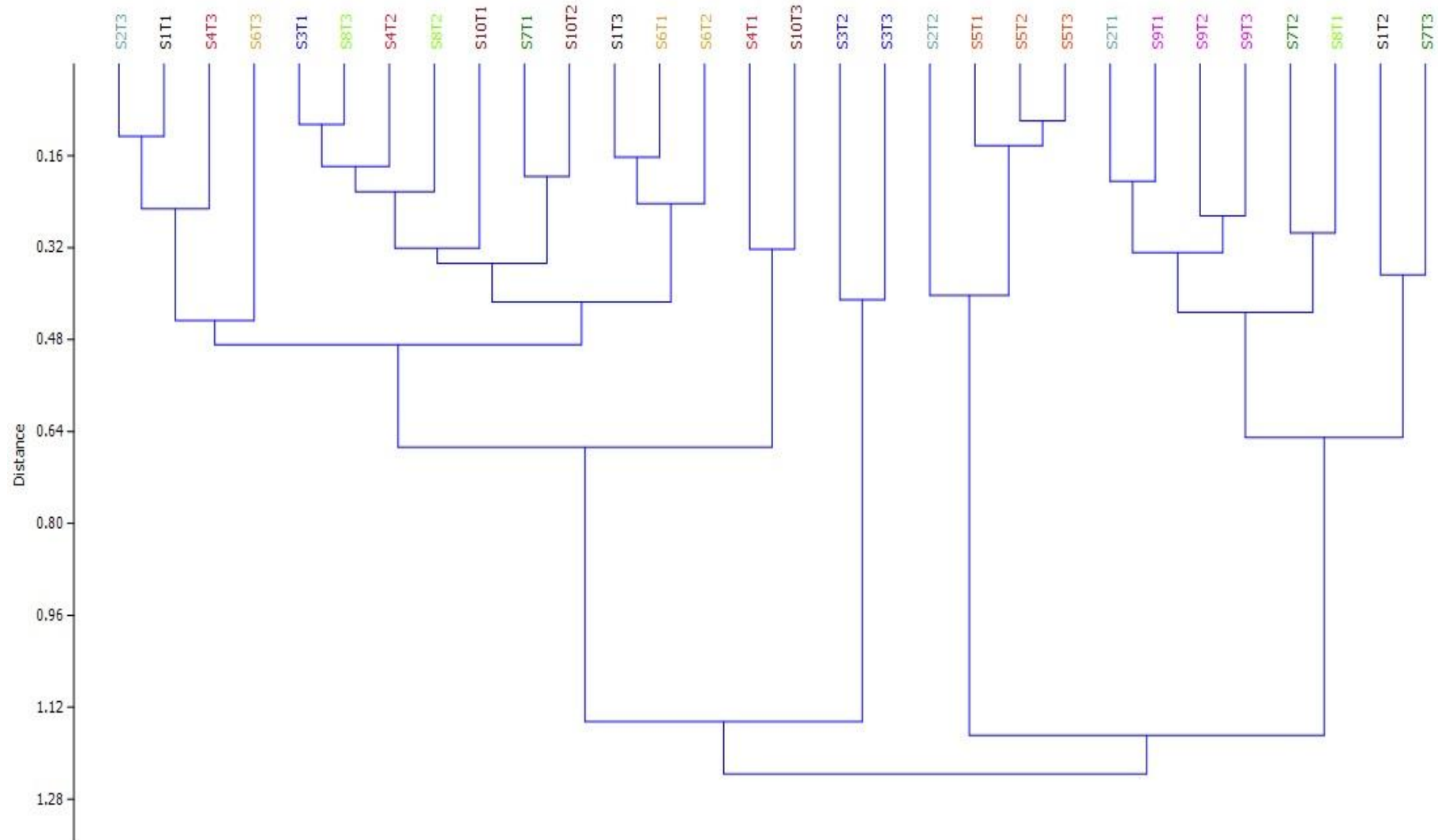


Figura 10. Cluster clásico para la agrupación de hábitats con fondos similares. S: sitio. T: transecto.

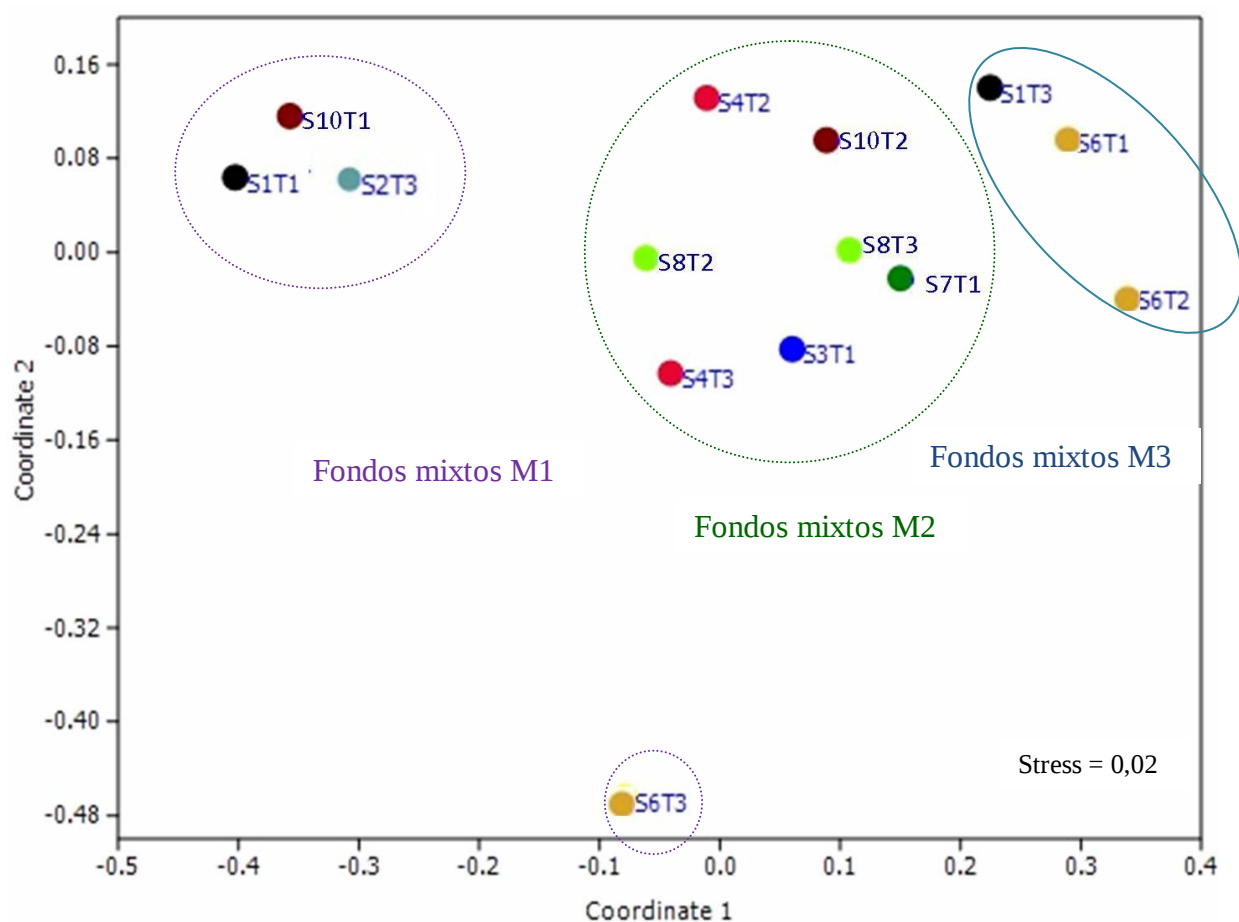


Figura 11. MDS no métrico para la ordenación de hábitats mixtos con fondos similares. S: sitio. T: transecto.

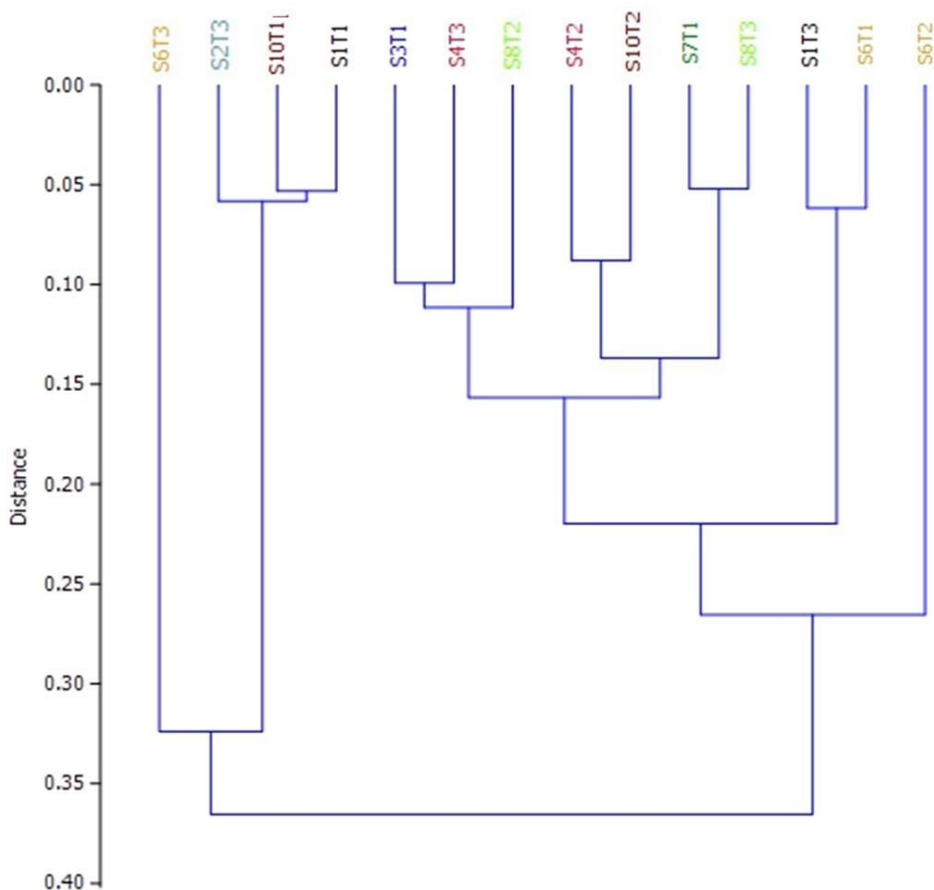


Figura 12. Cluster clásico para la agrupación de hábitats mixtos con fondos similares. S: sitio. T: transecto.

Los criterios empleados para clasificar los hábitats mixtos se determinaron *a posteriori*, una vez obtenidos los datos de cobertura y de longitud promedio de la hoja más larga de *T. testudinum* (Tabla 6). En base a los análisis de Scheibling (1980a), se establecieron tres categorías simétricas, partiendo de los valores máximos y mínimos obtenidos para cada variable.

Tabla 6. Criterios empleados para establecer la clasificación de los hábitats mixtos.

Cobertura promedio de <i>T. testudinum</i> (%)	Categoría	Longitud promedio de la hoja más larga de <i>T. testudinum</i> (cm)	Categoría
0 a < 33	Dispersa	1 a < 13	Corta
≥ 33 a < 66	Moderadamente dispersa	≥ 13 a < 26	Media
≥ 66 a ≤ 100	Densa	≥ 26 a ≤ 40	Larga

Clasificación de hábitats de *O. reticulatus*

A gran escala, se encontró que *O. reticulatus* habita en la Ensenada Morrocoy en fondos arenosos, con vegetación y mixtos. Los transectos se agruparon en siete (7) categorías distintas, correspondientes a los siguientes tipos de hábitats:

1. Fondos arenosos
2. Fondos con macroalgas con dominancia de *Halimeda incrassata*
3. Fondos con vegetación con dominancia de *Halophila decipiens*
4. Fondos con vegetación con dominancia de *Thalassia testudinum*
5. Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas
6. Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas
7. Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas

En el Anexo 4 se presentan fotografías de algunos hábitats de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy.

En la Tabla 7 se observa la clasificación de cada uno de los transectos muestreados con su hábitat correspondiente, así como el número de transectos representados para cada hábitat. Los fondos dominados por *H. decipiens* fueron los más representado, mientras que los fondos

con macroalgas y los dominados por *T. testudinum* fueron los que presentaron menor representación en los transectos evaluados en la Ensenada Morrocoy.

Tabla 7. Clasificación de los transectos según el tipo de hábitat. S: sitio. T: transecto.

Transecto	Hábitat	N transectos
S2T2	Fondo arenoso	4
S5T1		
S5T2		
S5T3		
S3T2	Fondo con macroalgas con dominancia de <i>Halimeda</i> <i>incrassata</i>	2
S3T3		
S1T2	Fondo con vegetación con dominancia de <i>Halophila</i> <i>decipiens</i>	8
S2T1		
S7T2		
S7T3		
S8T1		
S9T1		
S9T2		
S9T3		
S4T1	Fondo con vegetación con dominancia de <i>Thalassia</i> <i>testudinum</i>	2
S10T3		
S1T1	Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas	4
S2T3		
S6T3		
S10T1		
S3T1	Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas	7
S4T2		
S4T3		
S7T1		
S8T2		
S8T3		
S10T2		
S1T3	Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas	3
S6T1		
S6T2		

Caracterización y cobertura del sustrato ocupado por *O. reticulatus*

En la Tabla 8 se muestra la lista de categorías bentónicas (bióticas) identificadas durante la realización de la estimación de cobertura del sustrato ocupado por *O. reticulatus*. Se obtuvieron distintas categorías bentónicas (bióticas), correspondientes a fanerógamas, macroalgas, microalgas, esponjas y corales.

Tabla 8. Categorías bentónicas (bióticas) identificadas en la estimación de la cobertura del sustrato ocupado por *Oreaster reticulatus*.

Especie/División	Categoría
<i>Thalassia testudinum</i>	Fanerógama
<i>Halophila decipiens</i>	Fanerógama
<i>Halimeda incrassata</i>	Macroalga
<i>Dictyota cervicornis</i>	Macroalga
<i>Penicillus capitatus</i>	Macroalga
<i>Udotea flabellum</i>	Macroalga
<i>Caulerpa</i> sp.	Macroalga
Cianobacterias	Microalga
<i>Ircinia strobilina</i>	Esponja
<i>Ircinia felix</i>	Esponja
<i>Amphimedon viridis</i>	Esponja
<i>Desmapsamma anchorata</i>	Esponja
<i>Porites</i> sp.	Coral

De los macroinvertebrados observados en la estimación de la cobertura del sustrato ocupado por *O. reticulatus*, los que presentaron mayor representación en la Ensenada Morrocoy fueron los equinodermos, encontrándose el ofiuroido *Ophiotrix* sp. (en 3 transectos), el pepino *Holothuria mexicana* (en 2 transectos) y el erizo de mar *Lytechinus variegatus* (en 1 transecto).

A continuación se presenta la Figura 13, en la cual se observa la cobertura promedio de las categorías bentónicas (bióticas y abióticas) con mayor cobertura en cada uno de los

hábitats clasificados. Es notable que la categoría con mayor cobertura de cada hábitat tuvo correspondencia con los tipos de fondo clasificados previamente. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la cobertura de cada uno de los tipos de sustrato entre los distintos hábitats evaluados (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). La cobertura de arena fue diferente en los fondos arenosos con respecto a los demás hábitats evaluados (Kruskal-Wallis, $p = 6,58E^{-08}$; Mann-Whitney, $p < 0,05$). Asimismo, la cobertura de *T. testudinum* fue mayor en los fondos dominados por dicha fanerógama (Kruskal-Wallis, $p = 2,50E^{-05}$; Mann-Whitney, $p < 0,05$). De igual forma, la cobertura de macroalgas en los fondos dominados por estos organismos es estadísticamente diferente a la cobertura de macroalgas en los otros hábitats (Kruskal-Wallis, $p = 0,03$; Mann-Whitney, $p < 0,05$). La cobertura de *H. decipiens* fue diferente en los hábitats dominados por esta fanerógama en comparación con los fondos arenosos (Kruskal-Wallis, $p = 4,50E^{-05}$; Mann-Whitney, $p < 0,05$). Para este último análisis no se consideraron los fondos en donde no se observó *H. decipiens* (Figura 13).

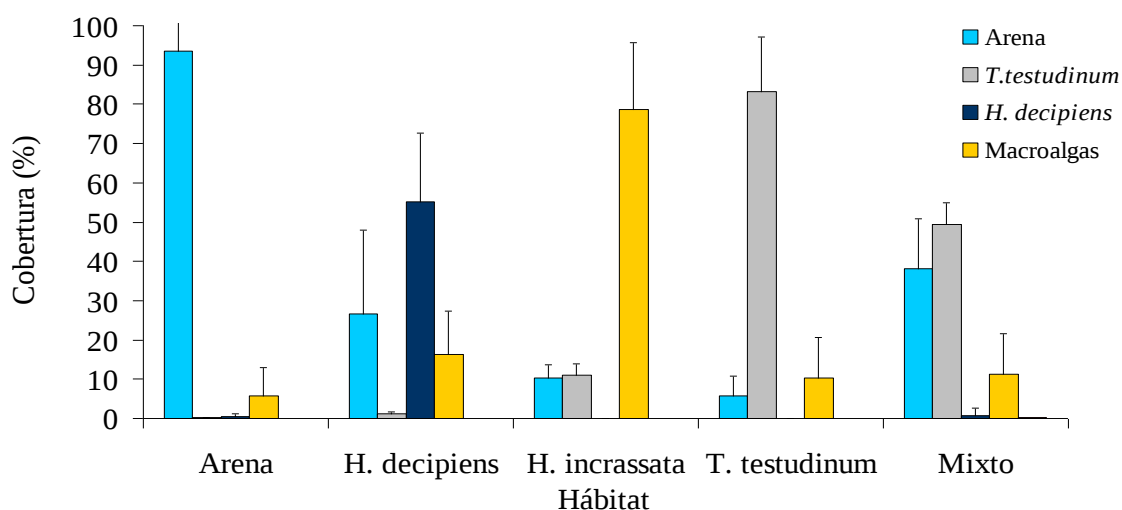


Figura 13. Cobertura promedio (%) de las diferentes categorías bentónicas estimadas para los distintos hábitats. Las barras de error indican la desviación estándar.

Los hábitats mixtos presentaron, en distinta proporción, representación de las distintas categorías bentónicas en su cobertura. Estos hábitats mixtos estuvieron compuestos principalmente por *T. testudinum*, arena y macroalgas (Figura 14).

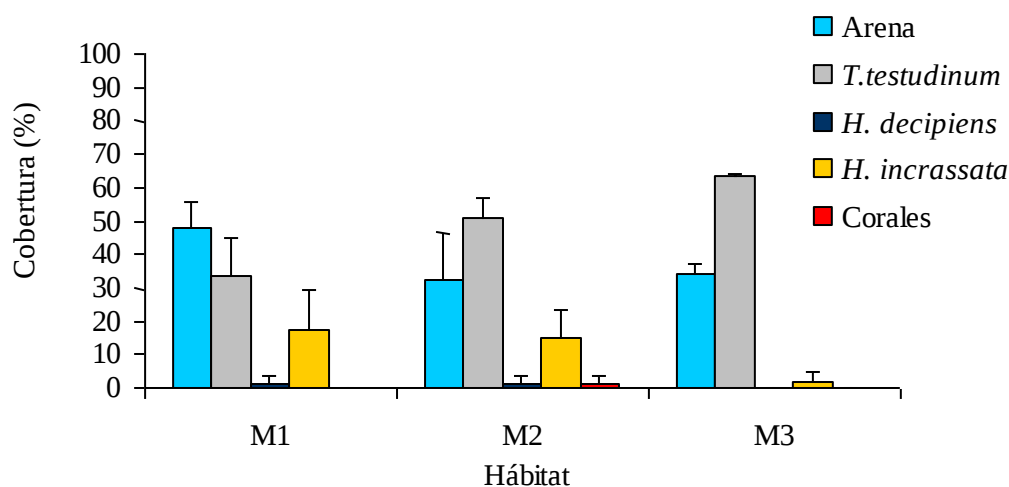


Figura 14. Cobertura promedio (%) de las diferentes categorías bentónicas en los hábitats mixtos ocupados por *Oreaster reticulatus*. Las barras indican la desviación estándar. M1: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

Las diferencias observadas en la cobertura de arena (Kruskal-Wallis, $p = 0,15$), y de *H. decipiens* (Kruskal-Wallis, $p = 0,78$) entre los distintos hábitats mixtos, no fueron estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Se observaron diferencias en cuanto a la cobertura de *T. testudinum* (Kruskal-Wallis, $p = 5,41E^{-03}$ entre los hábitats mixtos, siendo distinta entre todos los fondos mixtos (Comparaciones Mann-Whitney, $p < 0,05$). Asimismo, la diferencia en la cobertura de macroalgas fue estadísticamente significativa (Kruskal-Wallis, $p = 0,03$). La cobertura de macroalgas fue similar entre los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas (M1) y los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas (M2) y distinta

a la encontrada en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas (M3) (Mann-Whitney, $p < 0,05$).

Frecuencia de aparición de hábitats de *O. reticulatus*

En la Tabla 9 se puede observar la frecuencia de aparición de los distintos hábitats presentes en la Ensenada Morrocoy (porcentaje de transectos donde se observó cada tipo de hábitat). Se obtuvo la mayor frecuencia de aparición para los fondos mixtos (46,7%; $n=14$), mientras que los fondos con vegetación con dominancia de *H. incrassata* y los fondos con vegetación dominados por *T. testudinum* fueron los menos representados (6,7%; $n=2$ respectivamente).

Tabla 9. Frecuencia de aparición (%) de los hábitats evaluados. N: transectos número de transectos por hábitat.

Hábitat	N transectos	Frecuencia de aparición (%)
Fondo arenoso	4	13,3
Fondo con vegetación con dominancia de <i>H. incrassata</i>	2	6,7
Fondo con vegetación con dominancia de <i>H. decipiens</i>	8	26,7
Fondo con vegetación con dominancia de <i>T. testudinum</i>	2	6,7
Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas	4	13,3
Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas	7	23,3
Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas	3	10,0

Frecuencia de aparición de *O. reticulatus*

La frecuencia de aparición de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy fue de 80% (n=24 transectos). El asteroideo estuvo ausente en seis transectos: dos transectos de los sitios 3 y 10 y en un transecto de los sitios 6 y 8.

Abundancia relativa de *O. reticulatus* en distintos hábitats

En total se contabilizaron 234 individuos de *O. reticulatus* en el área de estudio. En la Figura 15 se puede observar la abundancia relativa de los asteroideos en los distintos hábitats. Los fondos dominados por la fanerógama *H. decipiens* presentaron la mayor abundancia relativa (34,2%), mientras que en aquellos dominados por *H. incrassata* hubo ausencia total de organismos.

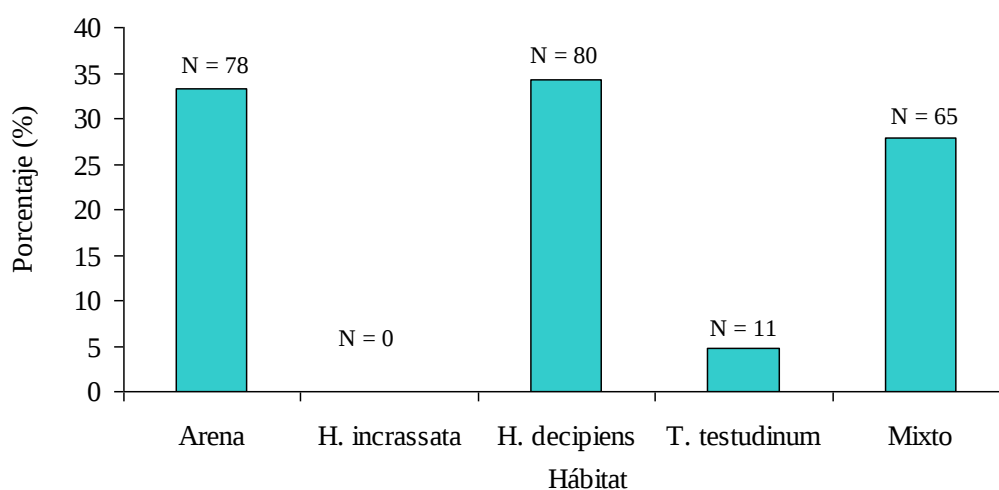


Figura 15. Abundancia relativa (%) de *Oreaster reticulatus* en los hábitats estudiados. Los números sobre las barras indican el número de individuos observados en cada hábitat.

Las diferencias observadas en la frecuencia de aparición entre hábitats son estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,04$). Luego de realizar la prueba *a posteriori* se encontró que la frecuencia de aparición de los asteroideos fue similar entre los fondos de arena y los dominados por *H. decipiens*. Por otra parte, la frecuencia de aparición de *O. reticulatus* en los fondos de *T. testudinum* fue estadísticamente similar a la encontrada para los hábitats mixtos; en ambos tipos de hábitats se encuentra presente *T. testudinum* (Mann-Whitney, $p < 0,05$).

En la Figura 16 se encuentra la abundancia relativa de los hábitats agrupados como fondos mixtos. La abundancia relativa fue mayor en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. Gráficamente, se observan diferencias entre las densidades de los distintos hábitats mixtos, pero estadísticamente no se puede descartar la igualdad de medias entre estos hábitats (Kruskal-Wallis, $p = 0,89$). No se consideró el fondo dominado por *H. incrassata* para el análisis porque no presentó varianza.

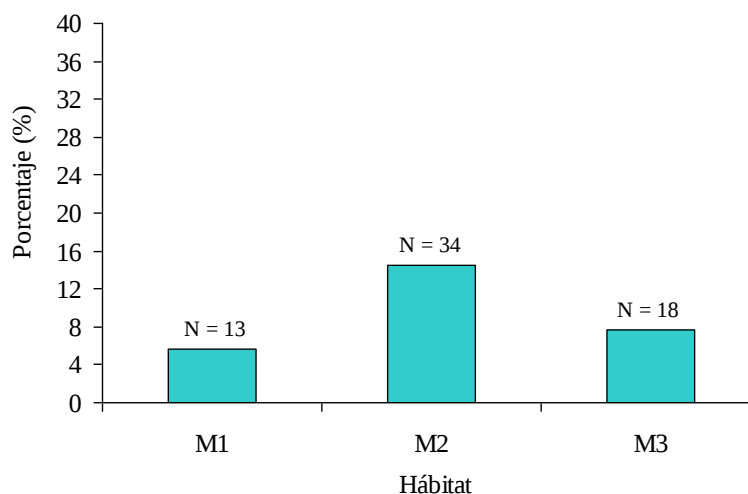


Figura 16. Abundancia relativa (%) de *Oreaster reticulatus* en los hábitats de fondos mixtos. Los números sobre las barras indican el número de individuos observados en cada hábitat. M1: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

Abundancia relativa de *O. reticulatus* en sitios

En la Tabla 10 se presenta la abundancia relativa por sitio, con los métodos de censos visuales y con el método del trineo (*manta tow*). Se observa que, para casi todos los sitios, se estimó una mayor abundancia relativa con el método de los censos visuales. El mayor número de individuos se observó en el sitio 5 y el sitio 4 mediante el método de censos y de trineo respectivamente y el menor número de individuos se observó en el sitio 3 con ambos métodos.

Tabla 10. Abundancia relativa de *Oreaster reticulatus* entre sitios estimada con dos métodos distintos. S: sitio. B-t: bandas-transectas.

Abundancia relativa (ind)		
Sitio	B-t	Trineo
S1	40	9
S2	37	14
S3	1	0
S4	5	20
S5	65	8
S6	2	7
S7	20	12
S8	17	5
S9	4	2
S10	43	14
Total	234	91

Densidad de *O. reticulatus* en diferentes hábitats

La densidad promedio de *O. reticulatus* para la Ensenada Morrocoy fue de $3,90 \pm 3,65$ ind/100 m² ($0,04 \pm 0,0004$ ind/m²), valor que fue calculado considerando el total de transectos evaluados en la ensenada. Se determinaron diferencias estadísticamente significativas en la densidad de *O. reticulatus* entre los hábitats estudiados (Kruskal-Wallis, $p = 0,04$), encontrándose una densidad promedio mayor en fondos arenosos ($9,75 \pm 3,77$ ind/100 m²) y una ausencia total en fondos con macroalgas con dominancia de *H. incrassata*

(Figura 17). Las diferencias se observan entre las densidades de los fondos arenosos y los fondos de *T. testudinum* y entre los fondos mixtos y los fondos de arena (Mann-Whitney, $p < 0,05$).

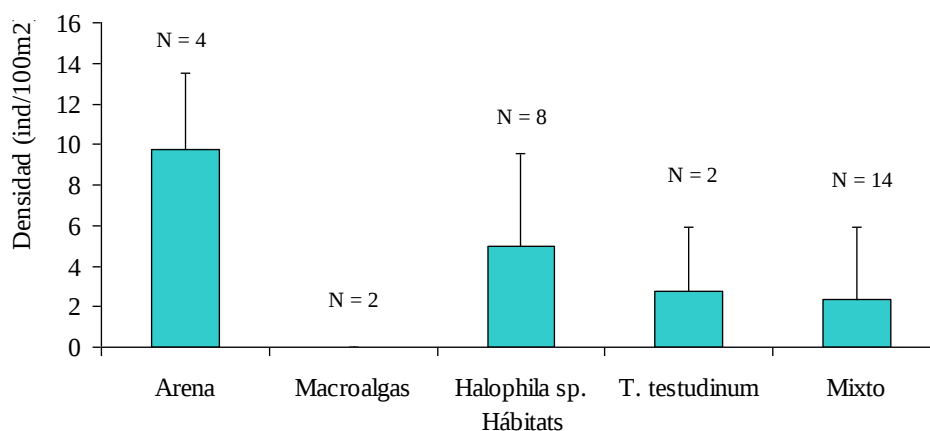


Figura 17. Densidad promedio (ind/100 m²) de *Oreaster reticulatus* en hábitats diferentes. Las barras de error indican la desviación estándar entre los transectos de cada hábitat. Los números sobre las barras indican el número de transectos por hábitat.

Dentro de los hábitats representados por los fondos mixtos, se estimó que la densidad media de *O. reticulatus* fue mayor en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa hojas largas (M3) ($3,0 \pm 4,8$ ind/100m²) y menor en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas (M1) ($1,6 \pm 1,9$ ind/100m²) (Figura 18). Al igual que lo observado en la abundancia relativa de *O. reticulatus* entre hábitats mixtos, la diferencia de densidad entre estos hábitats es estadísticamente no significativa (Kruskal-Wallis, $p = 0,89$).

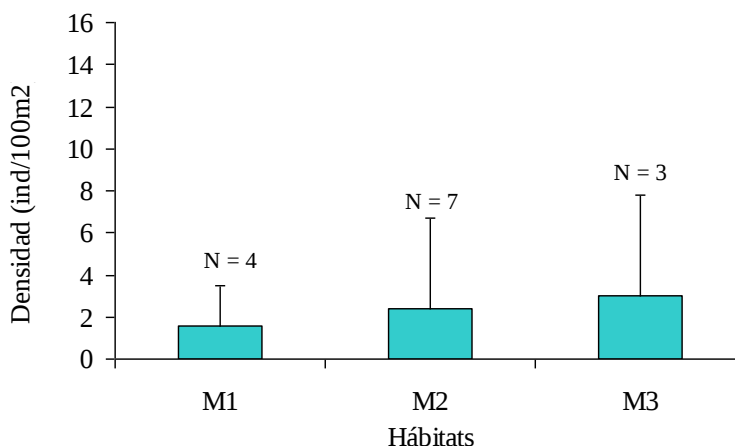


Figura 18. Densidad promedio (ind/100 m²) de *Oreaster reticulatus* en hábitats mixtos. Las barras de error indican la desviación estándar entre los transectos de cada hábitat mixto. Los números sobre las barras indican el número de transectos por hábitat mixto. M1: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

Durante la realización de los censos, se observaron algunos individuos de *O. reticulatus* con morfología atípica, presentando 4 y 6 brazos en lugar de 5 (Anexo 5).

Distribución espacial de *O. reticulatus* en distintos hábitats

Los asteroideos de la Ensenada Morrocoy presentaron una disposición espacial aleatoria (Análisis Distancia al vecino más cercano $p = 0,07$; $R = 1$; $N = 234$). En la Tabla 11 se indican los patrones de distribución espacial de la población en cada uno de los hábitats evaluados. El único hábitat en donde no se observó una distribución aleatoria de los individuos fue en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas, los cuales presentaron una distribución espacial uniforme (Tabla 11).

Tabla 11. Patrones de distribución de *Oreaster reticulatus* en cada uno de los hábitats evaluados. N: número de individuos por hábitat. Valor *p* y Valor *R* asociados al Análisis de la Distancia al vecino más cercano.

Hábitat	N	Valor <i>p</i>	Valor <i>R</i>	Distribución
Fondo arenoso	78	0,38	1,05	Aleatoria
Fondo con vegetación con dominancia de <i>H. decipiens</i>	80	0,86	1,01	Aleatoria
Fondo con vegetación con dominancia de <i>T. testudinum</i>	11	0,35	1,15	Aleatoria
Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> dispersa y hojas medianas	13	9,50E-08	1,77	Uniforme
Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas medianas	34	0,39	0,92	Aleatoria
Fondo mixto con presencia de <i>T. testudinum</i> moderadamente densa y hojas largas	18	0,20	1,16	Aleatoria

Estructura de tallas de *O. reticulatus* en hábitats diferentes

El intervalo de tallas en la Ensenada Morrocoy osciló entre 8,15 y 20,0 cm, con una talla promedio de $13,9 \pm 1,31$ cm (N = 234). La estructura de tallas en el área de estudio estuvo dominada por individuos de tallas que oscilaron entre 14 y 16 cm, cuya proporción fue de 38,5% (N = 90). No se registraron organismos con talla menores a los 8 cm. La estructura de tallas de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy presenta una distribución asimétrica y unimodal (Figura 19).

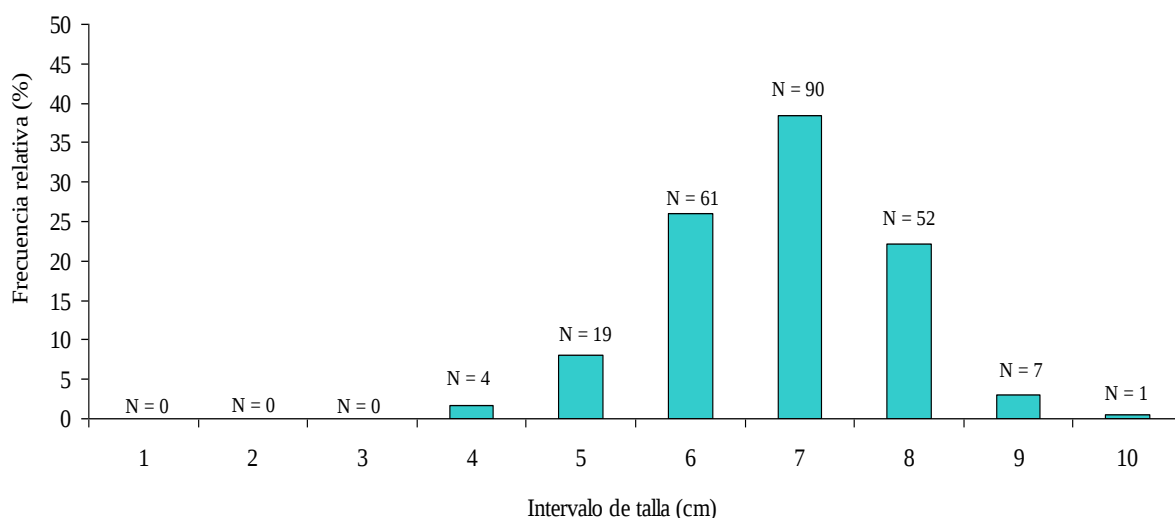


Figura 19. Estructura de tallas de *Oreaster reticulatus* en la Ensenada Morrocoy. Los números sobre las barras indican el número de individuos correspondiente a cada intervalo de talla. Los números en el eje de las abscisas representan los distintos intervalos de talla: 1) ≥ 2 a < 4 cm. 2) ≥ 4 a < 6 cm. 3) ≥ 6 a < 8 cm. 4) ≥ 8 a < 10 cm. 5) ≥ 10 a < 12 cm. 6) ≥ 12 a < 14 cm. 7) ≥ 14 a < 16 cm. 8) ≥ 16 a < 18 cm. 9) ≥ 18 a < 20 cm. 10) ≥ 20 cm.

En la Figura 20 se pueden apreciar las tallas promedio, junto con la variabilidad asociada, de los asteroideos en los distintos hábitats estudiados. Con excepción del hábitat dominado por *T. testudinum*, todos los promedios de talla fueron similares. La comparación de las medias de talla entre los cuatro hábitats arrojó diferencias estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,01$), lo que indica que al menos una de las medias es distinta del resto. Esto se confirmó con la aplicación de las pruebas *a posteriori*, sugiriendo que la talla media de la especie en los fondos dominados por *T. testudinum* presentó diferencias estadísticamente significativas (Mann-Whitney, $p < 0,05$). La talla promedio mayor se registró en los fondos con vegetación dominados por *H. decipiens* ($15,5 \pm 0,6$ cm; $N = 80$), mientras que la menor se obtuvo para los fondos con vegetación dominados por *T. testudinum* ($10,5 \pm 2,6$ cm; $N = 11$) (Figura 20).

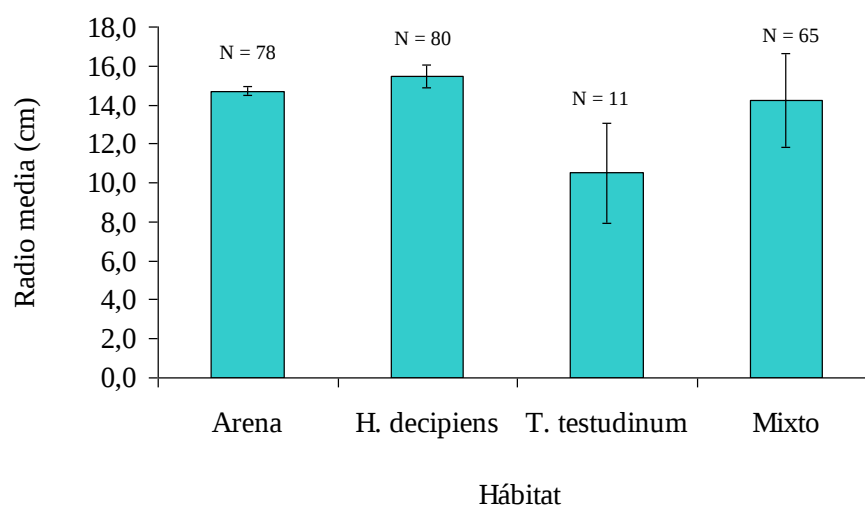


Figura 20. Talla promedio (cm) de *Oreaster reticulatus* en distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el número de individuos medidos en cada hábitat. Las barras de error corresponden a la desviación estándar entre los transectos.

La talla promedio entre hábitats mixtos se puede comparar en la Figura 21. Las diferencias graficas en las tallas promedio apreciadas entre los distintos hábitats mixtos no fueron estadísticamente significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,81$). Es importante resaltar que la talla de los individuos en estos dos últimos hábitats mixtos (M2 y M3), presentaron mayor variabilidad que aquellos encontrados en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas (M1), de ahí que la diferencia estadística arrojada haya sido significativa.

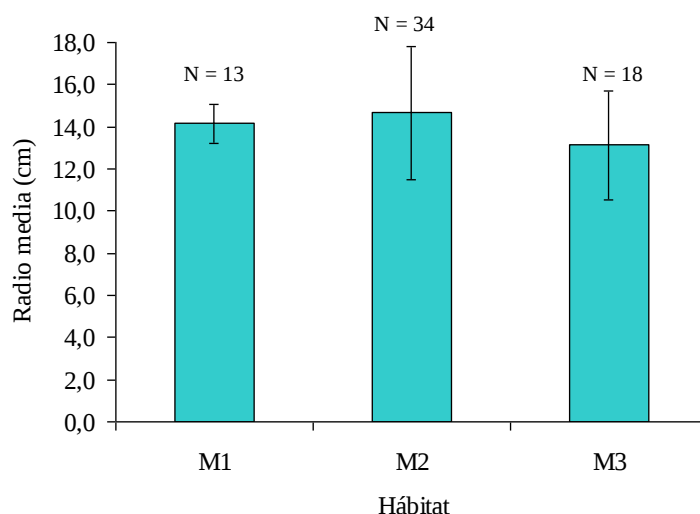


Figura 21. Talla promedio (cm) de *Oreaster reticulatus* en los hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de individuos medidos en cada hábitat. Las barras de error corresponden a la desviación estándar entre los transectos. M1: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

En los fondos arenosos y aquellos con vegetación dominados por *H. decipiens* se presentó una mayor frecuencia relativa de asteroideos cuya talla osciló entre 14 y 16 cm (53,8 y 36,3% respectivamente) (Figura 22). Por otra parte, los individuos con talla promedio comprendida entre 12 y 14 cm presentaron mayor frecuencia relativa en los fondos dominados por *T. testudinum* (45,5%) y en hábitats mixtos (38,5%) (Figura 22).

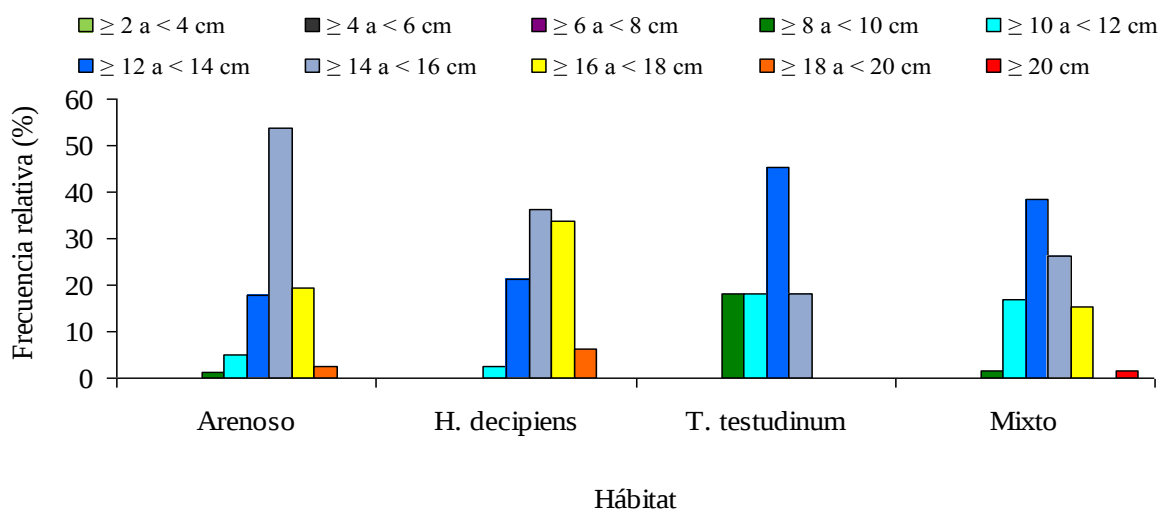


Figura 22. Estructura de tallas de *Oreaster reticulatus* en distintos hábitats.

De los organismos observados en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas (M1), la mayor parte de ellos (38,5%) presentó tallas entre 14 y 16 cm. Los individuos que habitaron fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas (M2), mayormente (50%) presentaron tallas comprendidas entre 12 y 14 cm. Por último, el mayor porcentaje de organismos (38,9 %) que se encontró en fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas, correspondió a tallas que oscilaron entre 16 y 18 cm (Figura 23). Es importante destacar que el individuo de mayor talla (R = 20 cm) se encontró en el hábitat mixto con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas (M2) y el individuo de menor talla (R = 8,6 cm) se observó en los fondos dominados por *T. testudinum*.

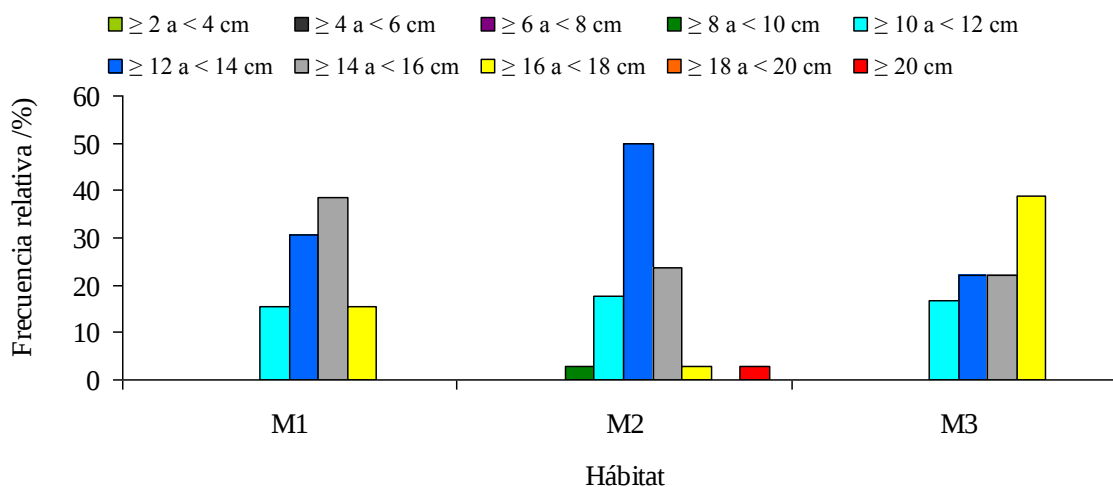


Figura 23. Estructura de tallas de *Oreaster reticulatus* en hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de individuos correspondiente a cada intervalo de talla. M1: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

Estructura etaria de *O. reticulatus*

Con respecto a la estructura etaria de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy, se tiene que el 90,2% de los individuos fueron adultos, mientras que el 9,8% restante corresponde a individuos juveniles en estadio tardío (Figura 24).

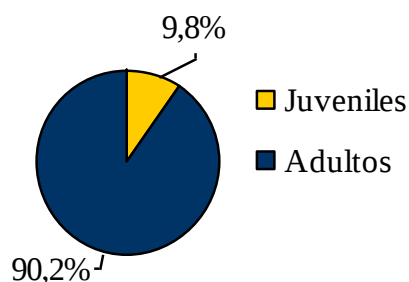


Figura 24. Estructura etaria (%) de *Oreaster reticulatus* en la Ensenada Morrocoy.

En todos los hábitats evaluados se encontró una mayor proporción de individuos adultos de *O. reticulatus*. La proporción de individuos adultos fue alta y similar en los fondos arenosos, en los hábitats dominados por *H. decipiens* y en los fondos mixtos. La mayor frecuencia relativa de individuos juveniles (36%) se registró en los fondos dominados por *T. testudinum*. (Figura 25). La estructura etaria de los fondos mixtos fue similar, siendo mucho mayor la proporción de individuos adultos (Figura 26).

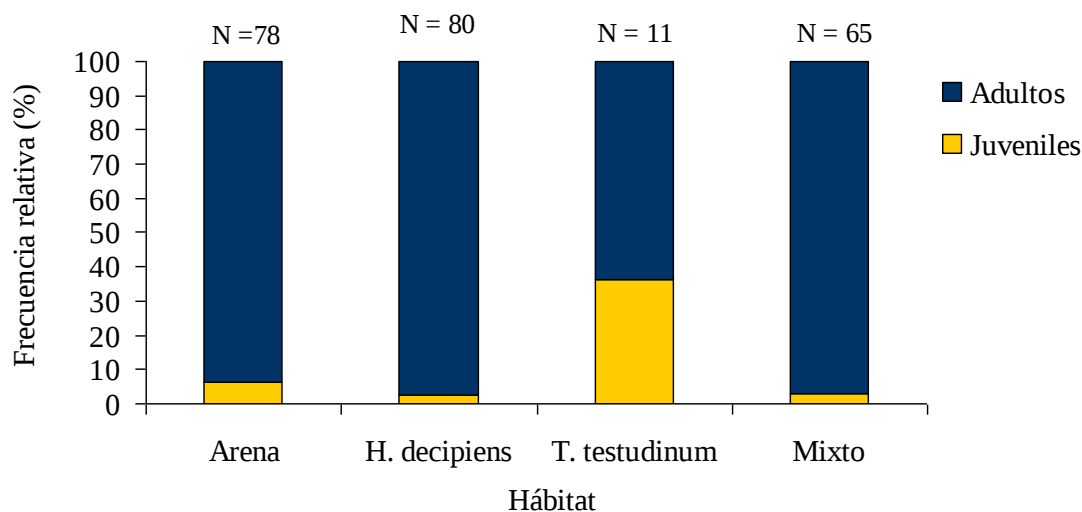


Figura 25. Estructura etaria (%) de *Oreaster reticulatus* para los distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el total de organismos observados en cada hábitat.

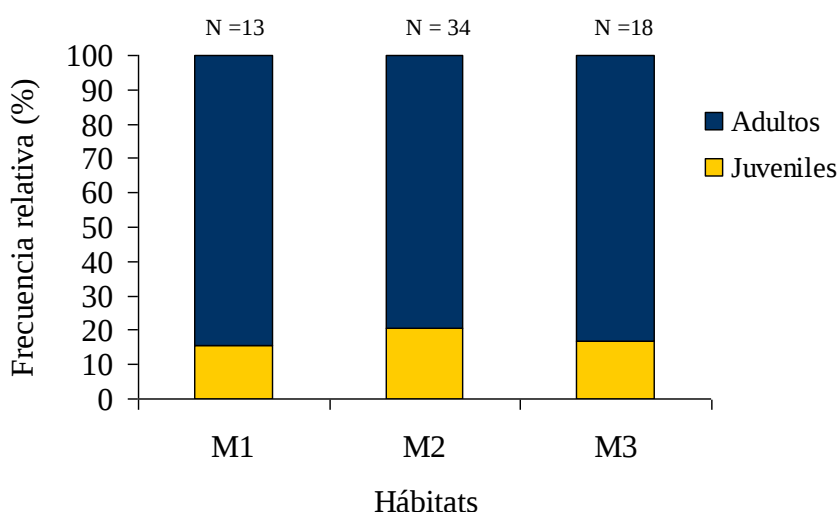


Figura 26. Estructura etaria de (%) *Oreaster reticulatus* entre hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de organismos observados en cada hábitat

Peso de *O. reticulatus* en diferentes hábitats

El peso húmedo medio de los asteroideos en la Ensenada Morrocoy fue de $637,8 \pm 256,97$ g con un intervalo comprendido entre 75 y 1980 g (N=220). Para esta variable se utilizó un número menor de organismos, debido a que algunos individuos no pudieron ser recapturados

al momento de registrar su peso húmedo. Dicha limitación se atribuye a la movilidad rápida de los asteroideos y a que varios de ellos perdieron su respectiva etiqueta de identificación.

En la Figura 27 se observa que los individuos encontrados en el hábitat dominado por *T. testudinum* presentaron el menor peso húmedo promedio (219 ± 203 g), mientras que en los fondos dominados por *H. decipiens* se encontraron ejemplares con el mayor peso húmedo medio de los hábitats evaluados (728 ± 121 g). El peso de los individuos observados en los hábitats dominados por *T. testudinum* y en los fondos mixtos presentó mayor variación (219 ± 203 g y 637 ± 474 g, respectivamente) que los registrados para los otros hábitats. La menor variación en el peso se encontró en los asteroideos que habitaban los fondos arenosos. Las diferencias observadas en el peso húmedo promedio entre los distintos hábitats evaluados, fue estadísticamente significativa (Kruskal-Wallis, $p = 0,04$). Asimismo, se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el peso húmedo promedio de los individuos encontrados en los fondos dominados por *H. decipiens* y en aquellos con predominio de *T. testudinum* (Mann-Whitney, $p < 0,05$).

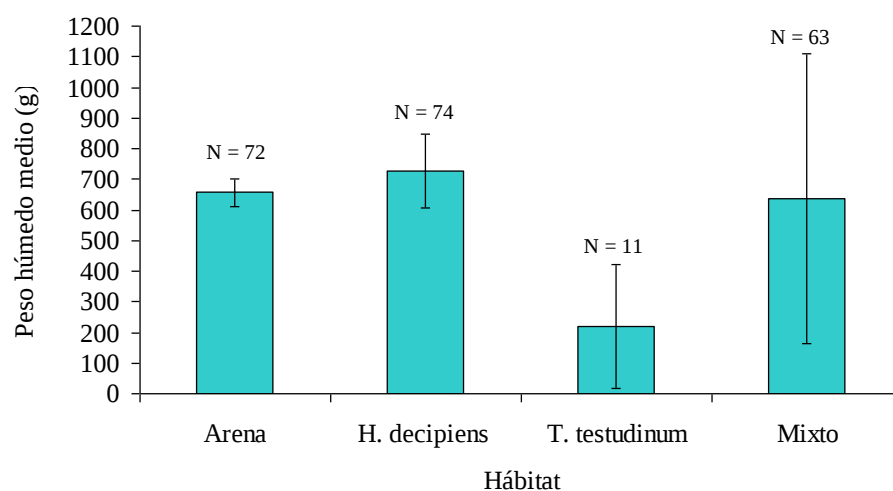


Figura 27. Peso húmedo (g) promedio de los individuos de *Oreaster reticulatus* en los distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el número de organismos pesados en cada sitio hábitat. Las barras de error indican la desviación estándar.

La variación del peso húmedo medio entre los hábitats mixtos fue menos notable (Figura 28). Las diferencias de peso húmedo observadas entre hábitats mixtos fueron, estadísticamente, no significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,56$). El peso húmedo de *O. reticulatus* presentó mayor variación en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas (M2). Al observar las Figuras 27 y 28, se puede afirmar que el peso presenta mayor variación en los hábitats con presencia de *T. testudinum*.

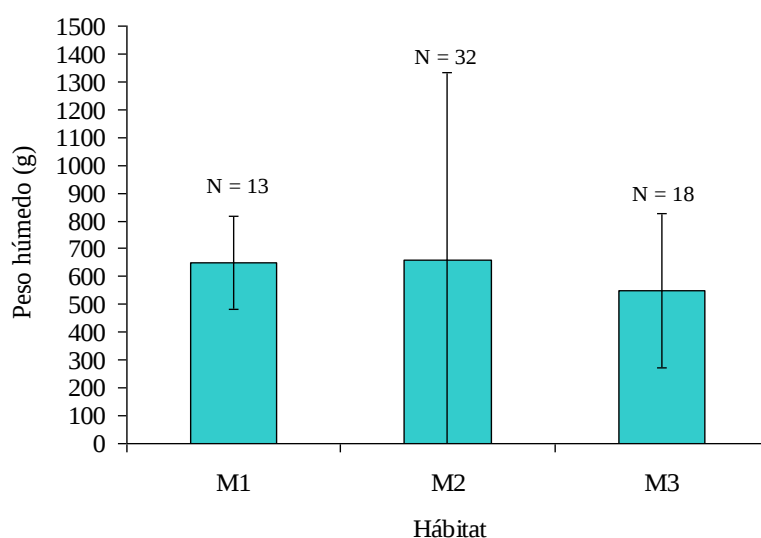


Figura 28. Peso húmedo promedio (g) de *Oreaster reticulatus* en hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de organismos pesados en cada hábitat. Las barras de error indican la desviación estándar. M1: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

Relación talla - peso de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy

Se obtuvo una relación directa y proporcional entre la talla y el peso de los ejemplares medidos. El coeficiente de correlación paramétrico calculado ($r = 0,81$) indica una relación positiva y directa entre la talla y el peso húmedo de los asteroideos. ($p = 2,61E^{-53}$). El coeficiente de determinación asociado ($r^2 = 0,67$) sugiere que el 67% de la variación en el peso húmedo de

los individuos puede ser explicado por la variación en las tallas (Figura 29). Asimismo, se demostró la existencia de una relación lineal entre la talla y el peso húmedo ($p = 1,34E^{-53}$).

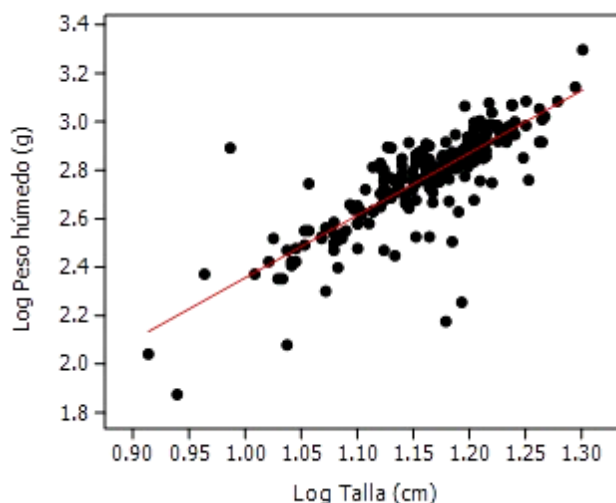


Figura 29. Regresión lineal entre la talla (Log) y el peso húmedo (Log) de los organismos.

La ecuación de regresión lineal obtenida entre la talla y el peso húmedo es la siguiente:

$$\text{LogPeso} = (2,5747)\text{LogTalla} + (-0,21863)$$

El coeficiente de regresión obtenido indica que por cada cambio unitario en la variable talla, hay un incremento de 2,5747 unidades en la variable peso.

Alimentación de *O. reticulatus* in situ

De los 234 individuos encontrados, el 66,67 % del total ($n=157$) se observó con el estómago evertido, alimentándose, mientras que el 33,3% ($n=78$) no se estaba alimentando. La mayoría de los asteroideos encontrados en hábitats arenosos, dominados por *H. decipiens*, y en donde *T. testudinum* fue la especie mejor representada, se encontraban alimentándose al momento

de la observación (Figura 30). Por otra parte, no se presenta una tendencia clara en la proporción de individuos que se alimentaban en los fondos mixtos. La mayor parte de los organismos encontrados en hábitats mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y de hojas cortas (54%) no se encontraba con el estómago evertido, mientras que, en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa, la proporción de individuos que se alimentaban fue igual a la proporción de aquellos que no lo hacían (Figura 31). La alimentación no pudo ser evaluada en los fondos con macroalgas debido a que no se observaron organismos en éstos.

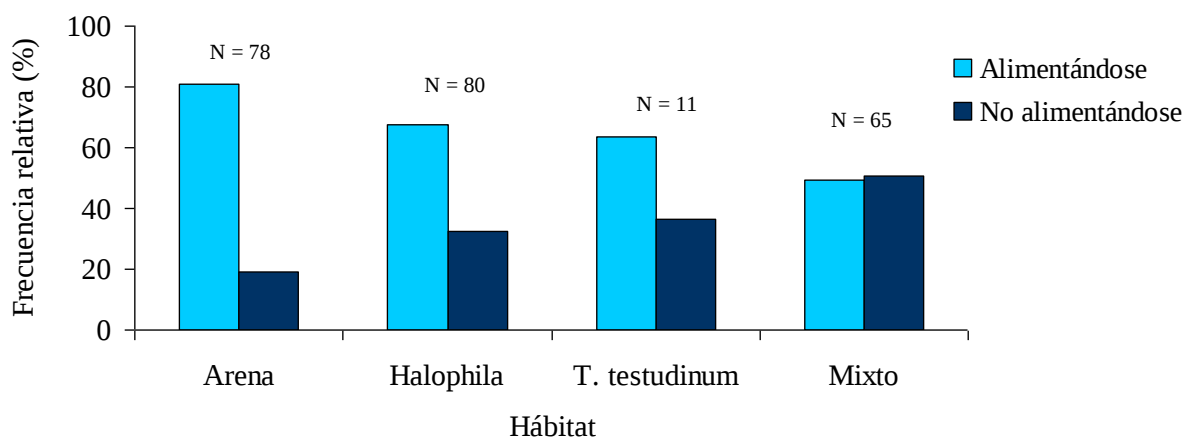


Figura 30. Frecuencia relativa de alimentación (%) de *Oreaster reticulatus* en los distintos hábitats. Los números sobre las barras indican el número de organismos observados por hábitat.

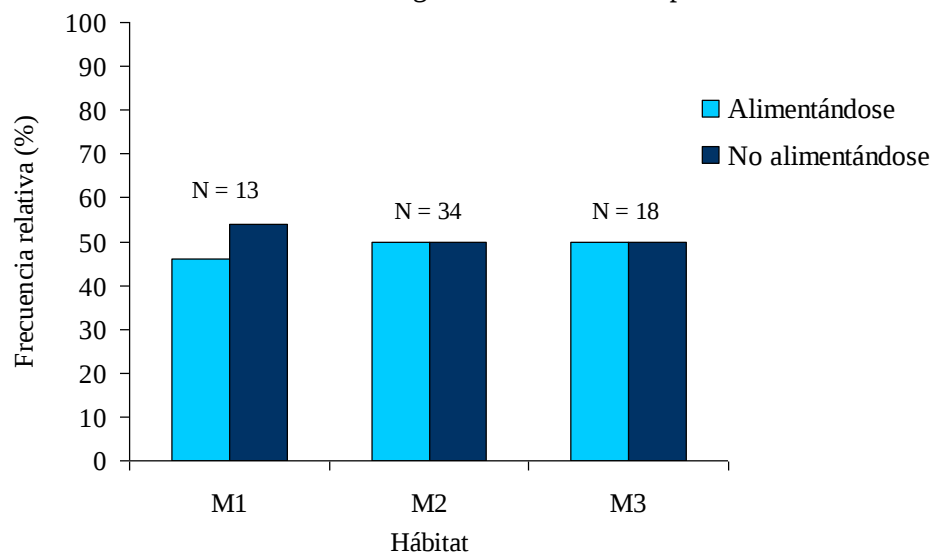


Figura 31. Frecuencia relativa de alimentación (%) de *Oreaster reticulatus* en hábitats mixtos. Los números sobre las barras indican el número de organismos observados por hábitat mixto. M1: Fondos

mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

El tipo de alimento consumido presentó variaciones considerables entre los hábitats evaluados, encontrándose preferencia principalmente por arena (probablemente en búsqueda de microorganismos o psammon asociado al sedimento), *T. testudinum*, *H. decipiens* y macroalgas (Figura 32). La composición de la dieta es similar en los hábitats mixtos, a diferencia de los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas (M2), en donde se observó al 24% de los organismos de dicho hábitat alimentándose de las microalgas adheridas a escombros coralinos (Figura 33). De acuerdo a estos resultados, se puede considerar que la especie es omnívora y consumidora de detritus (*deposit feeder*).

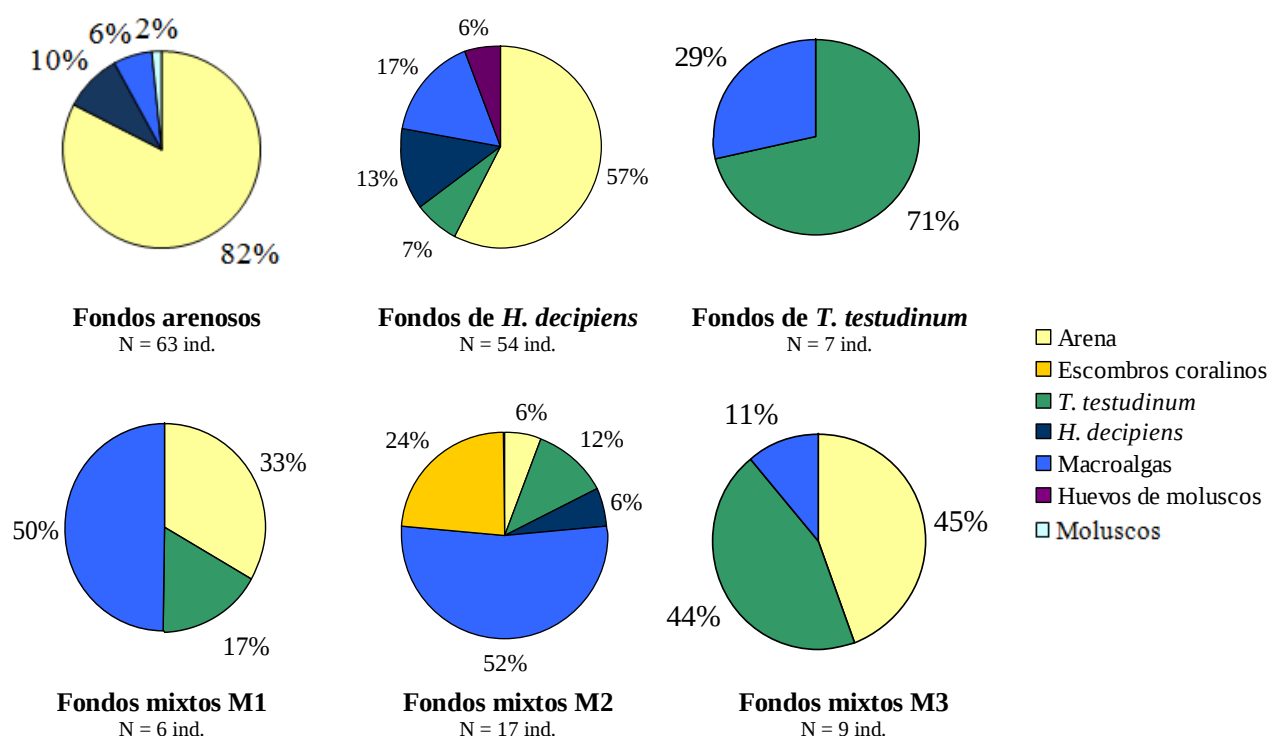


Figura 32. Selección de alimento (%) en los distintos hábitats. N: número de individuos observados. M1: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas. M2: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas. M3: Fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas.

DISCUSIÓN

La caracterización ambiental de la Ensenada Morrocoy es fundamental para comprender las diferencias observadas en cuanto a la densidad, distribución espacial, estructura de tallas y alimentación de *O. reticulatus* en distintos hábitats. A continuación se discute sobre la relación de este asteroideo con las características de su ambiente.

Caracterización ambiental de la Ensenada Morrocoy

Las temperaturas del agua registradas en la Ensenada Morrocoy en este estudio están dentro del intervalo reportado para el parque: 26-29 °C (Bone y col., 1998); la menor temperatura (27,2 °C) se reportó al oeste de la ensenada (sitio 2), mientras que al suroeste de la localidad (sitio 8) se registró la temperatura más elevada (28,8 °C). La temperatura media del agua registrada en la Ensenada Morrocoy (27,9 °C) es similar a las temperaturas promedio anuales del agua encontradas en otros estudios: 29,8 °C (Bone y col., 2001), 29,1 °C (Solana y col., 2005), 29,2 °C (Pérez y col., 2006) y 29,6 °C (Sánchez, 2013). Guzmán y Guevara (2002) también observaron a *O. reticulatus* entre 27 y 30 °C. Estos autores sugieren que el ciclo reproductivo de los asteroideos podría no estar influenciado por la temperatura del agua, mientras que Scheibling (1981b) afirma lo contrario.

La salinidad en la Ensenada Morrocoy es alta en comparación con la de otras localidades del parque (Martín, 2005), y esto se debe a que la misma se encuentra expuesta a aguas oceánicas que se transportan principalmente a través de Boca Grande y Boca Paiclás (Solana y col., 2005). Los valores de salinidad media reportados para la Ensenada Morrocoy en esta investigación (35,7 ‰) son similares a aquellos encontrados en dicha ensenada por otros autores: 35-38 ‰ al sur de la Ensenada Morrocoy (Paiclás) (Solana y col., 2005), 33,7

‰ al noroeste (Bitter, 1999), 38-40 ‰ en Boca Grande, 39-40 ‰ al suroeste (Tumba Cuatro) y 38-40 ‰ en Boca Seca (Martín, 2005). Los equinodermos son organismos estenohalinos, los cuales sólo pueden tolerar un estrecho rango de concentración de sales, (Rossel, 2013). La Ensenada Morrocoy presenta condiciones de salinidad que permiten el establecimiento de *O. reticulatus*.

El área de estudio estuvo representada por fondos someros, con una profundidad máxima de 5,8 m (sitio 9). En estudios previos realizados en el Caribe, se ha encontrado que *O. reticulatus* habita principalmente en aguas poco profundas: hasta 4 m en Las Granadinas (Scheibling, 1980a), en Islas Vírgenes hasta 14 m (Scheibling, 1980b), hasta 10 m en Bocas del Toro en Panamá (Guzmán y Guevara, 2002), y en la Isla Cubagua, Venezuela, se observó en aguas más profundas (hasta los 18 m) (Tagliafico y col., 2012).

Por otra parte, la velocidad del viento osciló entre 3,6 m/s (mayo) y 6 m/s (junio), con una media de 4,8 m/s. Estos valores son similares a los reportados por Solana y col. (2005), quienes determinaron que, en el área de estudio, la velocidad del viento oscila anualmente entre 3 y 6 m/s, con una media de 4,4 m/s. La velocidad de la corriente superficial está directamente relacionada con la velocidad del viento. No se encontraron valores de la corriente superficial en la Ensenada Morrocoy, previamente publicados, con los que se pudieran establecer comparaciones con los resultados obtenidos en este estudio. Solana y col. (2005) estudiaron la hidrodinámica del parque y determinaron que la velocidad de la corriente del fondo en la Ensenada Morrocoy puede alcanzar los 6 cm/s en Boca Grande, pero luego se reduce considerablemente. *Oreaster reticulatus* sólo habita en aguas poco profundas y con alta transparencia. Una velocidad del viento y de corrientes moderadas, como las encontradas en la Ensenada Morrocoy, permite reducir la sedimentación de la arena de grano fino y por ende, se facilita la penetración de la luz a través de

la columna de agua, la cual es necesaria para el desarrollo de las comunidades vegetales de las que se alimenta *O. reticulatus*.

Los equinodermos son organismos bentónicos durante la mayor parte de su ciclo de vida, de ahí que se haya hecho un esfuerzo mayor en caracterizar los sedimentos del área de estudio. La Ensenada Morrocoy presenta los sedimentos con mayor proporción de arena dentro del parque (Solana y col., 2005). A pesar de que las muestras de sedimentos fueron tomadas en diferentes ambientes marinos costeros de la Ensenada (cercanías a bosques de manglar, praderas de fanerógamas marinas y fondos sin vegetación), el tipo de sedimento predominante en la Ensenada Morrocoy fue arena calcárea (97%) en los distintos sitios de muestreo. Solana y col. (2005) estimaron que el valor medio de arena en dicha ensenada fue de 81%, con valores máximos de 96%. Bitter (1999) encontró, al oeste de la Ensenada Morrocoy, que los sedimentos presentaron una textura predominantemente arenosa (80%). Los sedimentos arenosos calcáreos corresponden a áreas ubicadas a lo largo del eje de los cayos coralinos, y su origen puede venir dado por los arrecifes coralinos que se encuentran cercanos (García y Farina, 2005). En el perímetro externo de la Ensenada Morrocoy y cercano a sus bocas, se encuentran algunos arrecifes coralinos (Laboy-Nieves y col., 2001): Playa Caimán (Boca Grande) y Cayo Sombrero (Bone y col., 2001), Playa Mero (Villamizar, 2000), Paiclás, Playuelita (Solana y col., 2005), entre otros. Las arenas calcáreas provenientes de dichos arrecifes, podrían ser transportadas por las corrientes a la Ensenada Morrocoy, a través de Boca Grande, y Boca Seca, según el modelo empírico de corrientes sugerido por Laboy-Nieves (1997).

Los sedimentos arenosos de la Ensenada Morrocoy presentaron granos cuyo tamaño osciló entre muy grande y fino. Los sitios más cercanos a la costa (sitios 3, 4 y 6) presentaron sedimentos con mayor proporción de granos muy gruesos y gruesos, mientras que en el resto de

los sitios, más alejados de la costa, se observó mayor proporción de granos finos y muy finos. Rodríguez y Villamizar (2000) encontraron, en una pradera arenosa de *T. testudinum* en Playa Mero (Parque Nacional Morrocoy), que existe una mayor selección de granos gruesos en la orilla, mientras que más lejos de la misma hay predominio de los granos finos. Los fondos arenosos de las Islas Vírgenes, donde habita *O. reticulatus*, presentan granos gruesos, finos y medios (Scheibling, 1980b). Guzmán y Guevara (2002) observaron que la mayoría de los individuos de *O. reticulatus* se ubicaron sobre fondos de arena calcárea, cuyo tamaño de grano osciló entre medianamente grueso y fino. La distribución de *O. reticulatus* en fondos arenosos no está limitada por el tamaño del grano, a pesar de que el tamaño del grano podría afectar la abundancia de algunos recursos alimenticios, como las microalgas (Scheibling, 1980b).

La concentración de materia orgánica total en la superficie de los sedimentos fue empleada como indicador de disponibilidad de alimento para *O. reticulatus* en distintos tipos de sustrato (Scheibling, 1980a). Los valores de materia orgánica determinados en los distintos sitios presentaron gran variabilidad. Se detectó que la mayor cantidad de materia orgánica se presentó en los sitios 3, 4 y 6, los cuales se encontraban cercanos a bosques de manglar y cuyos fondos estaban cubiertos por vegetación, tanto de hierbas marinas como de macroalgas. Los valores de materia orgánica de los sitios más cercanos a los bosques de manglar evaluados en este estudio (sitios 3, 4 y 6) oscilaron entre 2,6 y 4,9%. Los sitios con un alto contenido de material orgánico en sus sedimentos, son áreas que generalmente están dominadas por manglares y en consecuencia, presentan una entrada constante de material orgánico (hojas, ramas y raíces) en sus sedimentos (Sánchez, 2013).

Bitter (1999) afirma que la concentración de materia orgánica en praderas de *T. testudinum* ubicadas en localidades más expuestas a la influencia de aguas oceánicas es menor a la que se

encuentra en praderas ubicadas en las zonas con mayor influencia continental en el Parque Nacional Morrocoy (PNM). Bitter (1999) y Rodríguez y Villamizar (2000) encontraron valores de materia orgánica similares a los reportados en el presente estudio. Rodríguez y Villamizar (2000), determinaron, por medio del método de Walkley-Black, que la concentración de materia orgánica en praderas de *T. testudinum* en Playa Mero (con alta influencia oceánica) osciló entre 3,7 y 4,4%. Asimismo, Bitter (1999), también a través del método de Walkley – Black, determinó que la concentración de materia orgánica en praderas de *T. testudinum* al oeste de la Ensenada Morrocoy fue de 4,7%. Por otra parte, los demás sitios de estudio evaluados (sitios 1, 2, 5, 7, 8, 9 y 10) donde predominaron sedimentos con mayor proporción de arena y presentaron menor concentración de materia orgánica (0,86-1,88%). De igual forma, los valores de materia orgánica reportados en el presente estudio coinciden con los resultados de Solana y col. (2005), quienes afirman que la concentración de materia orgánica en la Ensenada Morrocoy es baja (< 14 %). Los sedimentos arenosos calcáreos presentan un bajo contenido de nutrientes y por ende una menor concentración de materia orgánica que las praderas de fanerógamas y bosques de manglar (Erftemeijer, 1994).

Scheibling (1980a), por medio del método de pérdida por ignición, encontró que la concentración de materia orgánica en praderas dominadas por *T. testudinum* en Las Granadinas osciló entre 26 y 28%, valores mucho más altos que los que fueron encontrados en la presente investigación. Los valores de materia orgánica determinados por este mismo autor en los fondos arenosos de las Islas Vírgenes (Scheibling, 1980b), también por el método de ignición, oscilaron entre 2,6 y 3,4%, los cuales fueron similares a los obtenidos en el presente proyecto.

No es posible establecer relaciones entre la estructura poblacional de *O. reticulatus* en distintos hábitats de la Ensenada Morrocoy y la concentración de materia orgánica en los

sedimentos, ya que ambas variables se evaluaron a distintas escalas espaciales: la estructura poblacional se obtuvo de los datos provenientes de los transectos (menor escala), mientras que la concentración de materia orgánica se evaluó únicamente por sitios (mayor escala: en cada sitio se hicieron 3 transectos). La alta heterogeneidad de la cobertura de las distintas categorías bentónicas en los fondos de la Ensenada Morrocoy (estimada a nivel de cuadratas dentro de los transectos) permite suponer que la concentración de materia orgánica también presenta variaciones notables a escalas más pequeñas (transectos y/o cuadratas). Por otra parte, la alta movilidad de la especie podría conducir a que se encontraran individuos dentro de un mismo sitio, tanto en lugares de alta como de baja concentración de materia orgánica. La ubicación de los organismos en un momento específico, podría no ser un indicador confiable de su preferencia por fondos de mayor o menor concentración de materia orgánica.

Hábitats de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy

La Ensenada Morrocoy es una localidad sumamente heterogénea, en lo que a cobertura del sustrato se refiere. Esto trae como consecuencia que se presenten diversos hábitats con condiciones ambientales favorables para el establecimiento de *O. reticulatus*. Los asteroideos fueron observados principalmente en fondos dominados por *H. decipiens* (34,2%), fondos arenosos (33,3%) y fondos mixtos (27,8%). La mayor parte de los hábitats en donde se observó al asteroideo en la Ensenada Morrocoy han sido reportados previamente en otras localidades del Caribe. Este organismo se ha encontrado en los fondos arenosos de Bahamas (Scheibling y Metaxas, 2001), Las Granadinas (Scheibling, 1980a), Islas Vírgenes (EEUU) (Scheibling, 1980b), Belice (Scheibling y Metaxas, 2010) e Isla de Cubagua (Venezuela) (Tagliafico y col., 2012). Los fondos arenosos de la Ensenada Morrocoy, al igual que los de las Islas Vírgenes (Scheibling,

1980b), se encuentran distribuidos en forma de parches y están rodeados de praderas de fanerógamas. En los hábitats arenosos y en los fondos dominados por *H. decipiens* se observaron algunos montículos y depresiones de arena, similares a los reportados por Scheibling (1980b).

Con este estudio se registró que *O. reticulatus* también habita en praderas de fanerógamas marinas dominadas por *T. testudinum* (4,7%) pero en menor frecuencia en comparación con los otros hábitats evaluados. En otras localidades del Caribe también se observó a *O. reticulatus* en praderas de fanerógamas principalmente dominadas por *T. testudinum*: en Las Granadinas (Scheibling, 1980a), Bahamas (Scheibling y Metaxas, 2001), Panamá (también con presencia de la fanerógama *Syringodium filiforme*) (Guzmán y Guevara, 2002), Belice (Scheibling y Metaxas, 2010) y Venezuela (Martín y col., 2001; Tagliafico y col., 2012). Scheibling (1980a) observó que los asteroideos también habitan en praderas de fanerógamas dominadas por *H. wrightii* en Las Granadinas.

En el presente estudio se evidencia que los fondos arenosos dominados por la fanerógama *H. decipiens* también funcionan como un hábitat de *O. reticulatus*. No se encontraron estudios previos en los que se haya reportado la presencia de esta estrella de mar en fondos dominados por esta fanerógama tanto en Venezuela como en otras localidades del Caribe. Es importante la consideración de este hábitat, ya que la mayor parte de los organismos (34,2%) se observó en fondos arenosos dominados por *H. decipiens*.

Por otra parte, se observó que *O. reticulatus* habita también en fondos mixtos, en donde se encontró el 27,8% de la población. Se trata de hábitats con características intermedias entre los fondos arenosos y las praderas de fanerógamas, puesto que están conformados por distintas proporciones de arena, fanerógamas marinas (con diferentes densidades de plantas y longitudes de hojas) y macroalgas. Una caracterización de hábitat con un nivel de detalle similar la realizó

Scheibling (1980a) en las praderas de fanerógamas de Las Granadinas. El grado de ocupación de hábitats con fanerógamas parece estar relacionado con la morfología y densidad de las hojas (Scheibling, 1980a). Entre los fondos mixtos, el correspondiente a presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas de la Ensenada Morrocoy se presentó la mayor frecuencia de asteroideos (14,5%). En los fondos con alta densidad de *T. testudinum* de hojas largas se presentan menores densidades, esto debido a que en estos hábitats se dificulta la movilidad de *O. reticulatus*, condicionando así su alimentación y reproducción (Scheibling, 1980a; 1980b; 1980c). Guzmán y Guevara (2002) también observaron que las agregaciones de individuos de *O. reticulatus* en Panamá tienen más probabilidad de ocurrir en parches de arena dispersos que en praderas densas de *T. testudinum*. Estudios en Las Granadinas (Scheibling, 1980a), Las Islas Vírgenes (Scheibling, 1980b) y Panamá (Guzmán y Guevara, 2002) indican que *O. reticulatus* se encuentra más frecuentemente en fondos arenosos, calcáreos y de grano medio-fino que están aislados o rodeados por praderas de fanerógamas marinas como *T. testudinum*, *H. wrightii* y *S. filiforme* y macroalgas calcáreas como *Halimeda incrassata* y *Penicillus capitatus*.

No se observaron individuos en los fondos con macroalgas dominados por *H. incrassata*, a pesar de que, como se observó en este estudio y los realizados por Wulff (1995; 2008), los microorganismos asociados esta alga calcárea son componente de su dieta. Esto podría atribuirse a la densidad alta de esta alga y a su estructura rígida, lo cual dificultaría la movilidad de *O. reticulatus* en estos fondos. La adaptabilidad a un tipo de fondo como sustrato de alimentación no sólo depende de la cantidad y calidad de los recursos alimenticios asociados al mismo, sino también depende del esfuerzo (en términos de tiempo y energía) invertido para su adquisición (Scheibling, 1980a).

Distribución espacial de *O. reticulatus*

En casi todos los hábitats evaluados en este estudio, se encontró que *O. reticulatus* presenta una distribución aleatoria; únicamente en los fondo mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas se observó una distribución espacial uniforme. Scheibling y Metaxas (2001) también reportan una distribución espacial aleatoria de los asteroideos en hábitats arenosos, en praderas de fanerógamas y en sitios cercanos a manglares en Belice. En los fondos arenosos de las Islas Vírgenes, Scheibling (1980b) observó que los individuos presentaron una distribución aleatoria durante la mayor parte del año (de otoño a primavera) y agregación máxima durante el verano, la cual sugiere que obedece a conductas reproductivas. Por otra parte, Scheibling (1980a) encontró que los organismos presentaron una distribución agregada en las praderas de fanerógamas de Las Granadinas. De igual forma, Tagliafico y col. (2012) reportaron una distribución agregada de *O. reticulatus* en distintos hábitats alrededor de la Isla Cubagua (Venezuela). La distribución espacial de algunos invertebrados bentónicos ha sido generalmente atribuida tanto a la respuesta individual a requisitos ambientales, como alimento o sustrato (Reese, 1966) así como a atracción intraespecífica asociada con reproducción (Heip, 1975). El PNM presenta condiciones ambientales (temperatura del agua, salinidad, entre otros) relativamente constantes durante todo el año, con ligeras variaciones estacionales (Martín, 2005). Asimismo, al ser una zona altamente heterogénea y con hábitats localizados en toda la Ensenada Morrocoy, no se espera un máximo de agregación en la población de *O. reticulatus* en los meses en los que la temperatura del agua es más alta, como fue sugerido por Scheibling para Las Granadinas (1980a) e Islas Vírgenes (1980b; 1980c). Las variables fisicoquímicas del Parque Nacional Morrocoy son más similares a aquellos reportados en Panamá que en otras localidades del Caribe, en donde el desove de *O. reticulatus*

podría ser asincrónico y durante todo el año, generando así que no hayan períodos máximos de agregación (Guzmán y Guevara, 2002). Para comprobar esta hipótesis, sería necesario estudiar la dinámica poblacional de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy al menos durante un año, ya que, como advierte Scheibling (1980b), el patrón de distribución espacial de las especies móviles es un atributo dinámico de las poblaciones, y las generalidades basadas en una escala temporal a corto plazo deben ser observadas con precaución.

Abundancia relativa de *O. reticulatus* entre sitios

La escogencia de un método u otro para censar asteroideos depende principalmente del tipo de investigación que se quiere llevar a cabo y del nivel de detalle de observación requerida por la misma, de los recursos disponibles (en función del tiempo, presupuesto y logística invertidos en el proyecto), de las condiciones ambientales del área de estudio y las características propias de la especie a evaluar. La abundancia relativa estimada con el método del trineo (*manta tow*) fue mucho menor que la estimada con el método de los censos con bandas-transectos. Esto puede estar atribuido a la poca visibilidad en el agua durante los días de muestreo, en donde se presentó mayor nubosidad. Para un estudio poblacional de asteroideos en donde se describe detalladamente su hábitat, el método del trineo no es el más adecuado. El éxito del método del trineo radica, en parte, en las condiciones ambientales del área de estudio (English y col., 1997). En caso de que se requiera aplicar este último método, se recomienda realizarlo en zonas someras, durante días despejados, en horas cercanas al mediodía y en meses de menor precipitación, en donde la transparencia del agua es mayor.

Densidad de *O. reticulatus*

Oreaster reticulatus presentó una frecuencia de aparición alta en la Ensenada Morrocoy (80%), siendo mayor a la reportada en Panamá (64,2%) (Guzmán y Guevara, 2002) y en la Isla de Cubagua (65,5%) (Tagliafico y col., 2012).

En áreas no afectadas por la depredación humana, *O. reticulatus* normalmente presenta densidades bajas (1-10 ind/100 m²) en poblaciones estables, las cuales oscilan entre cientos y miles de individuos (Scheibling, 1980a,b; Scheibling y Metaxas, 2001; Guzmán y Guevara, 2002). La densidad de *O. reticulatus* estimada para la Ensenada Morrocoy y los distintos hábitats se encuentra dentro del intervalo reportado por los autores antes mencionados.

En comparación con otros estudios en el Parque Nacional Morrocoy u otras áreas del territorio venezolano, la densidad promedio en la Ensenada Morrocoy fue elevada. Particularmente, en el parque, resultó mayor que la densidad promedio de Las Luisas (0,75 ind/100 m²) (Martín y col., 2001) pero menor que la estimada para Caño León (7,2 ind/100 m²) (Martín y col., 2001). Cabe destacar que los sitios con mayor densidad promedio en la Ensenada Morrocoy (sitios 5 y 10) presentaron densidades de hasta 10,8 ind/100 m², siendo las mayores reportadas para el Parque Nacional Morrocoy hasta el momento. Asimismo, la densidad promedio en la Ensenada Morrocoy fue mayor que la reportada para la Isla de Cubagua (Tagliafico y col., 2012). Martín y col. (2001) estimaron, para la bahía de Mochima, una densidad promedio de 20 ind/100 m², siendo la densidad más alta reportada para Venezuela (y una de las más altas del Caribe), pero los autores no explican a qué se puede atribuir este valor, lo cual hace imposible las comparaciones entre ese resultado y los obtenidos en el presente estudio.

A pesar de disponer de distintos hábitats en la Ensenada Morrocoy, se observó preferencia de *O. reticulatus* por los sustratos arenosos. La densidad encontrada en los fondos arenosos fue la

mayor dentro de los hábitats evaluados en la Ensenada Morrocoy (9,75 ind/100 m²). Los hábitats arenosos de la Ensenada Morrocoy presentaron mayor densidad que los fondos de arena de las Bahamas (Scheibling y Metaxas, 2001), Las Granadinas (Scheibling, 1980a) y la Isla de Cubagua (Tagliafico y col., 2012); una densidad similar a los hábitats arenosos de las Islas Vírgenes (Scheibling, 1980b) y una densidad menor a la reportada para los fondos arenosos de Belice (Scheibling y Metaxas, 2010) (Tabla 12). Partiendo de esto, y en comparación con los estudios hasta ahora realizados, es posible afirmar que los fondos arenosos de la Ensenada Morrocoy presentan una de las mayores densidades del Caribe.

Las mayores densidades de individuos reproductivos tienen tendencia mayor a ocurrir en parches arenosos dispersos que en praderas densas de *T. testudinum* y *S. filiforme* (Scheibling, 1980a; citado en Guzmán y Guevara, 2002). De igual forma, la densidad de *O. reticulatus* en sustratos de arena es menor en planicies arenosas y mayor en parches de arena (Scheibling, 1980b). Como se mencionó anteriormente, los fondos arenosos de la Ensenada Morrocoy están dispuestos en forma de parches y, al ser un área sumamente heterogénea, están rodeados de praderas de *T. testudinum* y *H. decipiens*. Esta disposición espacial permite que los asteroideos se movilen entre hábitats sin tener que limitarse a permanecer exclusivamente en un solo tipo de ambiente, lo cual podría explicar la preferencia de selección de los fondos arenosos rodeados de vegetación. Asimismo, la mayor parte de los asteroideos se localizaron en los fondos arenosos del sitio 2 y 5, los cuales se encuentran moderadamente retirados de la costa. Scheibling (1980a) observó que los asteroideos migran hacia sustratos arenosos más alejados de la costa y más profundos cuando aumenta la turbidez del agua.

En los fondos de praderas de fanerógamas dentro de la Ensenada Morrocoy, se estimó una densidad promedio de 2,75 ind/100 m² en praderas dominadas por *T. testudinum* y de 5 ind/100

m² en praderas dominadas por *H. decipiens*. La densidad de *O. reticulatus* en los fondos dominados por *H. decipiens* en la Ensenada Morrocoy es una de las más altas en praderas de fanerógamas del Caribe (Tabla 12).

Las densidades bajas observadas en las praderas *T. testudinum* de la Ensenada Morrocoy coinciden con lo observado por Scheibling (1980a), quien afirma que *O. reticulatus* raramente habita en praderas densas de esta fanerógama, pero es moderadamente abundante en áreas de cobertura dispersa. Las densidades de la especie en las praderas dominadas por *T. testudinum* de la Ensenada Morrocoy son mayores a las de las praderas de fanerógamas de Belice, (Scheibling y Metaxas, 2010) y similares a las de las praderas de las Bahamas (Scheibling y Metaxas, 2001) (Tabla 12). Asimismo, se han reportado otras localidades del Caribe con una mayor densidad promedio de *O. reticulatus* habitando en praderas de fanerógamas, entre ellas se encuentran: Las Granadinas (Scheibling, 1980a), Panamá (Guzmán y Guevara, 2002), Isla de Cubagua (Venezuela) (Tagliafico y col., 2012) y el Parque Nacional Morrocoy (Venezuela) (Martín y col., 2001) (Tabla 12).

La densidad promedio estimada en los hábitats mixtos (2,3 ind/100 m²) fue una de las menores en la Ensenada Morrocoy, siendo mayor en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas (3 ind/100 m²) y menor en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas (1,6 ind/100 m²).

Los fondos dominados por la macroalga calcárea *H. incrassata* no se observaron ejemplares de la especie. Como se menciono anteriormente, la movilidad *O. reticulatus* en estos hábitats está muy limitada, de ahí que prefiera otros sustratos en los que tenga que invertir menos energía en locomoción.

Tabla 12. Comparación de características poblacionales de *Oreaster reticulatus* entre diferentes hábitats de la Ensenada Morrocoy con registros previos en otras localidades del Caribe. “-” indica que la data no está disponible. Modificado de Scheibling y Metaxas (2010).

Localidad	Hábitat	Densidad (ind/100 m ²)	Radio (R; cm)	R < 12 cm (%)	
Bahamas ¹	Arena	0,7 - 1,8	17,6 - 18,4	0	
	Pradera de fanerógamas	1,0 - 2,9	15,8 - 16,1	3 - 6	
Granadinas ²	Arena	1,7	17,6	3	
	Pradera de fanerógamas	2,7 - 5,6	13,9 - 15,3	12 -29	
Islas Vírgenes (EEUU) ³	Arena	4,4 - 14,1	12,8 - 14,5	2 - 39	
Panamá ⁴	Pradera de fanerógamas	3,1	-	-	
	Coral/fanerógamas	1,8	-	-	
	Coral	0,05	-	-	
	Todos los hábitats	2,3	9,5	83	
Belice ⁵	Arena	18,3	11,5	55	
	Pradera de fanerógamas	1,7	13,7	20	
	Coral/fanerógamas	2,3 - 7,8	10,3 - 13,0	91	
	Manglar	4,0 - 7,1	9,7 - 12,2	83	
Venezuela	Parque Nacional Morrocoy ⁶	Pradera de fanerógamas	3,9	9	-
	Parque Nacional Mochima ⁶	Pradera de fanerógamas	20	13,3	-
	Isla de Cubagua ⁷	Arena	0,07	-	-
		Bancos de moluscos	0,1	-	-
		Pradera de fanerógamas	3,8	-	-
		Fondos con algas en descomposición	4,2	-	-
		Coral	0,03	-	-
		Todos los hábitats	1,7	10,7	67
		Parque Nacional Morrocoy*	Arena	9,75	14,7
	Pradera de fanerógamas (dominada por <i>T. testudinum</i>)		2,75	10,5	36,4
	Pradera de fanerógamas (dominada por <i>H. decipiens</i>)		5,0	15,5	2,5
	Mixto		2,3	14,2	3,0
	Todos los hábitats		3,9	13,9	9,8

Fuentes:

¹ Scheibling y Metaxas (2001)

² Scheibling (1980a, b)

³ Scheibling (1980b)

⁴ Guzmán y Guevara (2002)

⁵ Scheibling y Metaxas (2010)

⁶ Martín y col. (2001)

⁷ Tagliafico y col. (2012)

* El presente estudio

Estructura de tallas y peso de *O. reticulatus*

La población de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy presenta la mayor talla promedio (13,9 cm) reportada hasta ahora en Venezuela, siendo superior a la talla media de Las Luisas (7,79 cm), y Caño León (10,29 cm), ambas localidades en el Parque Nacional Morrocoy, Bahía de Mochima (13,3 cm) en el Parque Nacional Mochima (Martín y col., 2001), y a la de Isla de Cubagua (10,7 cm) (Tagliafico y col., 2012). Asimismo, la talla media obtenida en este estudio fue mayor que la reportada en Belice (12,1 cm) (Wulff, 2008), Islas San Blas (11,8 cm) (Wulff, 1995) y Bocas del Toro (9,5 cm) (Guzmán y Guevara, 2002) en Panamá.

La talla media encontrada en los fondos arenosos de la Ensenada Morrocoy (14,7 cm) es mayor que la reportada en Belice (11,5 cm) por Scheibling y Metaxas (2010) pero menor a la observada en los hábitats arenosos en Las Granadinas (17,6 cm) (Scheibling, 1980a) y en las Islas Vírgenes (12,8 – 19 cm entre distintas localidades) (Scheibling, 1980b).

En los fondos con vegetación dominados por *T. testudinum* en la Ensenada Morrocoy, se obtuvo la menor talla promedio entre los hábitats evaluados (10,5 cm). Este valor es menor al reportado por Scheibling (1980a), quien observó que la talla media entre distintas praderas de hierbas marinas en Las Granadinas osciló entre 13,9 y 15,3 cm. Asimismo, este valor fue menor que la talla promedio en praderas de fanerógamas en Belice (13,7 cm) (Scheibling y Metaxas, 2010). Guzmán y Guevara (2002) encontraron también que las menores tallas pertenecían a individuos que habitan en praderas de *T. testudinum*, reportando un valor promedio de 9,5 cm. El valor de talla media obtenido para los fondos dominados por *H. decipiens* (15,5 cm) fue el más alto entre los distintos hábitats de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy. Posiblemente esta mayor talla media no pueda ser atribuida a un mayor valor nutricional obtenido al alimentarse de *H. decipiens*, ya que la mayoría de los organismos observados no se alimentaba de esta

fanerógama. No es posible comparar este último resultado con otros estudios previos, ya que no se ha reportado en otras localidades del Caribe que este fondo sea hábitat de *O. reticulatus*. Los menores valores de talla media en Belice no se encontraron en praderas de fanerógamas, sino en arrecifes coralinos rodeados por fanerógamas (10,3-13,0 cm entre distintas localidades) y en los manglares (9,7-12,2 cm entre localidades diferentes) (Scheibling y Metaxas, 2010).

La distribución de tallas mostró que la población de *O. reticulatus* de la Ensenada Morrocoy está compuesta predominantemente por adultos (90,2%), ya que los juveniles representaron sólo un 9,8% del total. Todos los juveniles observados fueron sub-adultos (radio comprendido entre 6 y 12 cm, según Scheibling, 1980a). Esta distribución es similar a la reportada en otras localidades del Caribe, en donde la mayoría de las poblaciones (>70%) están conformadas por adultos reproductivos, sugiriendo un bajo reclutamiento (Scheibling, 1980a; 1980b; citado en Guzmán y Guevara, 2002).

La talla promedio de los asteroideos es similar en los hábitats mixtos, aquellos dominados por *H. decipiens* y los fondos arenosos. La extrema escasez de juveniles en estadio temprano, lo cual es una característica de las poblaciones de *O. reticulatus* habitando en fondos arenosos, podría estar atribuida a un reclutamiento muy bajo y esporádico. La selección diferencial de hábitats durante el ciclo de vida de *O. reticulatus* podría tener un significado adaptativo, asegurando la separación espacial de larvas y juveniles en estadio temprano de los adultos potencialmente caníbales (Scheibling, 1980a).

Los fondos con dominancia de *T. testudinum* presentaron el porcentaje mayor de juveniles (36%) dentro de los hábitats evaluados en la Ensenada Morrocoy. Es muy poco frecuente observar a juveniles sobre fondos arenosos expuestos; es más común observarlos en praderas densas de *T. testudinum* y *S. filiforme*, en donde los individuos tienen mayor protección contra los

depredadores (Scheibling, 1980a, b; Scheibling y Metaxas, 2001; Guzmán y Guevara, 2002). Esta diferenciación especial de historias de vida entre los estadios y la coloración críptica de los juveniles (en contraste con la conspicua coloración de los adultos) sugieren que los juveniles podrían usar las praderas de fanerógamas como hábitats de guardería (Scheibling, 1980a; Guzmán y Guevara, 2002), ó quizá como refugio de peces depredadores (Wulff, 2005; Scheibling y Metaxas, 2010). Es importante destacar que el único individuo de *O. reticulatus* observado con la coloración críptica verde oliva, presentó la menor talla de todas ($R = 8,1$ cm) (Anexo 6) y fue encontrado sobre *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas, relativamente cerca de la costa (sitio 10). El reclutamiento a las poblaciones adultas de *O. reticulatus* puede ocurrir durante el estadio juvenil tardío ($6 < R < 12$ cm) desde las áreas de guardería, como las praderas densas de *T. testudinum* o *S. filiforme* (Scheibling, 1980a). Esta información indica que esta pradera al norte de la Ensenada Morrocoy podría ser un posible lugar de reclutamiento. Es necesario tener en cuenta que el reclutamiento no sólo depende de la existencia de un sustrato que permita la metamorfosis de las larvas y el desarrollo de los juveniles, también depende en gran medida la producción de gametos de poblaciones lejanas, del régimen local de corrientes y de la depredación de larvas plantónicas y juveniles en estadio temprano (Scheibling, 1980b).

En el Caribe las praderas de *T. testudinum* usualmente están adyacentes a otras estructuras y comunidades como arrecifes coralinos y manglares. Por esta razón, muchas especies de peces, equinodermos y crustáceos utilizan esas praderas como sustratos de alimentación y desove (Vera, 2008). Scheibling y Metaxas (2010) han sugerido que, además de las praderas de fanerógamas densas, hábitats como manglares y arrecifes coralinos franjeantes podrían ofrecer un ambiente con protección para reclutas que se trasladan a hábitats de adultos, como fondos arenosos, a medida que maduran reproductivamente. Se conoce que *O. reticulatus* no habita frecuentemente en

arrecifes coralinos (Wulff, 1995), pero sí puede encontrarse en parches coralinos rodeados de praderas de fanerógamas (Wulff, 1995; Scheibling y Metaxas, 2010). Para poder ubicar los lugares de reclutamiento dentro de la Ensenada Morrocoy sería necesario expandir el muestreo a hábitats no considerados en este estudio, como las raíces de los manglares o parches coralinos (o arrecifes) cercanos a la Ensenada Morrocoy.

La correlación entre la talla y el peso promedio de los asteroideos fue positiva y significativa, lo que permite que una variable pueda ser estimada a partir la otra. A pesar de haber obtenido una correlación positiva y significativa entre la talla y el peso, el coeficiente de determinación entre ellas fue relativamente bajo ($r^2 = 0,67$), sugiriendo así una correlación débil entre ambas variables. Esto podría ser atribuido a las ligeras diferencias en el grado de escurrimiento de los organismos al momento de registrar el peso, ya que unos tenían mayor contenido de agua que otros. Si bien el peso húmedo no es el estimador más preciso del peso, gracias a dicho método se pudo obtener una buena aproximación de esta variable sin la necesidad de sacrificar individuos.

La diferencia observada entre el peso de los distintos hábitats se explica mediante lo expuesto anteriormente para la diferencia de tallas. Scheibling (1980b) describió una relación similar entre la talla y el peso de los individuos evaluados en las Islas Vírgenes. La ecuación de regresión lineal obtenida en este estudio entre la talla y el peso podría emplearse en futuros estudios para predecir el peso de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy a partir de valores de talla (o viceversa).

Se recomienda la realización del estudio de la dinámica poblacional, al menos durante un año, para observar si se mantiene la misma tendencia observada en cuanto a la estructura de tallas y a la estructura etaria de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy.

Alimentación de *O. reticulatus in situ*

Se observó que el 66,7% de la población se encontraba alimentándose al momento de la observación. La mayoría de los asteroideos se alimentaba durante el tiempo de muestreo, lo que podría sugerir que estos organismos se alimentan constantemente durante la mayor parte del día. Asimismo, se encontró que *O. reticulatus* se alimentó principalmente de los microorganismos asociados a la arena, sobre fanerógamas (*T. testudinum* y *H. decipiens*) y macroalgas (*H. incrassata*, *Penicillus* sp. y *Dictyota* sp.). Este tipo de alimentación omnívora también fue observado por Scheibling (1982) en distintos hábitats en Las Granadinas y las Islas Vírgenes. *O. reticulatus* presenta dos tipos alimentación básicos: (1) pastoreo (*grazing*), en donde el estómago cardíaco es evertido sobre el sustrato y funciona como un órgano de alimentación macrófaga y (2) depredación y necrofagia, en donde el estómago envuelve a las presas o carroña de la macrofauna (Scheibling, 1982). Al igual que lo reportado por Scheibling (1982), el 100% de los organismos observados en el área de estudio se alimentaba por pastoreo.

Wulff (2008) observó que el 80% de los individuos se alimentaban de microalgas, casi siempre de epífitas filamentosas sobre *T. testudinum*, del alga verde *Halimeda* sp. y otras macroalgas presentes en las praderas. En la Ensenada Morrocoy también se observó un comportamiento similar.

Con respecto a la selección del alimento por hábitat, se encontró en este estudio que los asteroideos en fondos arenosos y en fondos dominados por *H. decipiens* principalmente se alimentaron sobre arena (82,5 y 57,4% respectivamente), posiblemente del psammon o fauna intersticial presente en el sedimento o de materia orgánica particulada asociada al mismo. En estos hábitats se observaron montículos y depresiones de arena, los cuales son formados por crustáceos callianassidos. El pastoreo y la alimentación preferencial en depresiones y zonas cercanas a los

montículos de dichos crustáceos puede estar asociado con un incremento en la disponibilidad de alimento en estas áreas (Anexo 7) (Scheibling, 1980b).

En los fondos dominados por *T. testudinum* se observó preferencia por esta fanerógama (71,4%), posiblemente de los microorganismos asociados a sus hojas. Los individuos encontrados en hábitats mixtos con presencia de *T. testudinum* moderadamente densa y hojas largas (M3) se alimentaban sobre arena (45%) y *T. testudinum* (44%) principalmente. Por último, se registró que en los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas (M1) y con *T. testudinum* moderadamente densa y hojas medianas (M2) hubo preferencia por el consumo de macroalgas (50 y 52%, respectivamente). Los resultados de Scheibling (1982) son similares a los obtenidos en este estudio, ya que la mayoría de los asteroideos observados en fondos arenosos se alimentaba sobre sedimentos arenosos (95-100% entre distintas localidades), mientras que la mayor parte de los individuos encontrados en pastos marinos mostraron preferencia por fanerógamas (48-74%). En la Ensenada Morrocoy se encontraron numerosos ejemplares que se alimentaban directamente de hojas de *H. decipiens* (Anexo 8). La fanerógama *H. decipiens* presenta una estructura poco rígida y sus hojas son pequeñas, lo cual podría facilitar su consumo por parte de *O. reticulatus* en este tipo de hábitats. Por el contrario, los organismos observados alimentándose sobre *T. testudinum* digieren microorganismos epífitos, algas filamentosas y detritus particulado asociado, mas no degradan la fanerógama en sí (Scheibling, 1982).

Se ha reportado que *O. reticulatus* se alimenta de esponjas (Thomas, 1960; Anderson, 1978; Scheibling, 1980c; Scheibling, 1982; Wulff, 1995) pero dicha preferencia no se observó durante los muestreos en la Ensenada Morrocoy.

O. reticulatus es una especie omnívora que presenta una gran adaptabilidad, lo cual ha generado que pueda habitar distintos tipos de sustrato. Es necesario resaltar que la preferencia alimenticia del asteroideo se evaluó en un momento determinado, de ahí que este estudio es una aproximación a la dieta *in situ* de la especie durante el período de muestreo.

La distribución dispersa de *O. reticulatus* en poblaciones pequeñas y con bajas tasas de reclutamiento, hacen que sea vulnerable a la explotación humana y a la alteración de su hábitat (Scheibling y Metaxas, 2001), en especial en sitios turísticos. La Ensenada Morrocoy es una localidad rodeada de diversos cayos, los cuales son el destino principal de los turistas dentro del parque. Aunado a esto, la poca profundidad de los hábitats arenosos (concentrados en el sitio 5 y sus alrededores) en la ensenada hace que *O. reticulatus* sea más propensa a extraerse como parte del negocio turístico local.

RECOMENDACIONES

Se espera que este estudio pueda contribuir con las instituciones y autoridades competentes en el fortalecimiento del manejo y conservación de esta especie en el Parque Nacional Morrocoy, especialmente en la Ensenada Morrocoy. Se recomienda la vigilancia, monitoreo y protección constante en los sitios hábitats arenosos (sitio 5 principalmente), en donde se encontró la densidad mayor dentro del área de estudio, y de las praderas de fanerógamas cercanas a la población de Agua Salobre (sitio 10), las cuales podrían ser un posible sitio de reclutamiento en la ensenada.

Se recomienda un mayor estudio de los fondos dominados por *H. decipiens*, los cuales fueron los más representados en el área de estudio y en donde se encontró la talla mayor promedio de los asteroideos entre los hábitats evaluados, para así conocer la relación de *O. reticulatus* con este tipo de hábitat.

Es recomendable la continuación de este estudio con una mayor escala espacial y temporal, con la finalidad de analizar la dinámica poblacional y así sugerir posibles estrategias de manejo en función de ellas.

Por último, se exhorta la realización de un estudio enfocado en la evaluación de la posible extracción y comercialización de *O. reticulatus* en el Parque Nacional Morrocoy y otras regiones del Caribe venezolano.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado este proyecto, se pudo concluir lo siguiente:

- La Ensenada Morrocoy es una localidad sumamente heterogénea que ofrece las condiciones ambientales ideales para el establecimiento exitoso de poblaciones de *O. reticulatus*.
- *Oreaster reticulatus* habita, en la Ensenada Morrocoy, principalmente en fondos arenosos, fondos arenosos con vegetación dominados por *H. decipiens*, fondos arenosos con vegetación dominados por *T. testudinum* y fondos arenosos mixtos.
- El patrón de distribución espacial de *O. reticulatus* fue aleatoria en todos los hábitats, a excepción de los fondos mixtos con presencia de *T. testudinum* dispersa y hojas medianas, en donde la población se distribuyó siguiendo un patrón uniforme.
- La densidad promedio de *O. reticulatus* estimada en la Ensenada Morrocoy fue de 3,90 ind/100m². La densidad fue mayor en los parches arenosos rodeados por vegetación y menor en los hábitats mixtos.
- La densidad promedio *O. reticulatus* estimada en los distintos hábitats evaluados en la Ensenada Morrocoy fue mayor en fondos arenosos. Entre las praderas de fanerógamas, la densidad en fondos arenosos dominados por *H. decipiens* fue mayor que la estimada para los fondos arenosos dominados por *T. testudinum*. La menor densidad entre los distintos hábitats evaluados se estimó para los hábitats mixtos.
- La estructura etaria de *O. reticulatus* de la Ensenada Morrocoy estuvo compuesta de principalmente por individuos adultos y juveniles de talla larga. Entre los hábitats evaluados, la proporción de individuos juveniles fue mayor los fondos dominados por *T. testudinum*.

- La talla promedio de los asteroideos en la Ensenada Morrocoy fue de $13,9 \pm 1,31$ cm. La talla promedio fue mayor en los hábitats dominados por la fanerógama *H. decipiens* y menor en los fondos dominados por *T. testudinum*.
- El peso promedio de los individuos en la Ensenada Morrocoy fue de $637,8 \pm 256,97$ g. Los individuos con mayor peso se registraron en las praderas de *H. decipiens* y los de menor peso fueron observados en los hábitats dominados por *T. testudinum*.
- Existe una correlación positiva y significativa entre la talla y el peso de los asteroideos.
- *Oreaster reticulatus* es una especie omnívora, que en la Ensenada Morrocoy se encontró predominantemente alimentándose sobre arena (posiblemente de los microorganismos asociados a la misma), fanerógamas, macroalgas y detritus.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J. 2011. Echinoderm diversity in the Caribbean Sea. *Mar. Biodiv.* **41**: 261-285.
- Anderson, J. 1978. Studies on functional morphology in the digestive system of *Oreaster reticulatus* (L.) (Asteroidea). *Biol. Bull.* **154**: 1-14.
- Berovides, V., Ortiz-Touzet, M. 1981. Polimorfismo del color en la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea). *Rev. Invest. Mar.* **2**: 27-42.
- Bitter, R. 1999. Benthic communities associated to *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) at three localities of Morrocoy National Park, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* **47**: 443-452.
- Bone, D., Pérez, D., Villamizar, E., Penchaszadeh, P., Klein, E. 1998. Parque Nacional Morrocoy, Venezuela, pp. 151-159. En: Kjerfve (Ed) CARICOMP – Caribbean Coral Reef, Seagrass and Mangrove sites. UNESCO, Paris, Francia.
- Bone, D., Cróquer A., Klein E., Pérez D., Losada F., Martín A., Bastidas C., Rada M., Galindo L., Penchaszadeh, P. 2001. Programa CARICOMP: Monitoreo a largo plazo de los ecosistemas marinos del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *Interciencia* **26**: 457-462.
- Bouyoucos, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.* **54**: 464-465
- Caldera, Y., Gutiérrez, E., Polanco, D. 2005. Análisis de metales en aguas y sedimentos del Parque Nacional Morrocoy aplicando métodos estadísticos multivariantes. *Ciencia* **13**: 449-463.
- Clark, P., Evans, F. 1954. Distance to the nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* **35**: 445-453.
- Daniel, W. 2002. Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa, Cuarta edición, México DF, México.
- English, C., Wilkinson, C., Baker, V. 1997. Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Segunda edición, Townsville, Australia.

Erftemeijer, P. 1994. Differences in nutrient concentrations and resources between seagrass communities on carbonate and terrigenous sediments in South Sulawesi, Indonesia, *Bull. Mar. Sci.* **54**: 403-419.

Fernandes, L. 1989. Biases associated with the use of the manta tow, a rapid reef surveillance technique, with particular application to the crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*), Tesis de Maestría, Universidad James Cook, Townsville, Australia.

Fernandes, L. 1990. Effect of the distribution and density of benthic target organisms on manta tow estimates of their abundance. *Coral Reefs* **9**: 161-165.

Fernandes, L., H. Marsh, P. Moran y D. Sinclair. 1990. Bias in manta tow surveys of *Acanthaster planci*. *Coral Reefs* **9**:155-160.

García, E., Farina O. 2005. Evaluación de la calidad del agua y de los indicadores de la contaminación del Parque Nacional Morrocoy y sus áreas de influencia. Parte I: Hidrocarburos, pp. 809-849. En: Solana (ed.); *AGENDA MORROCOY: Estudio integral del sistema Parque Nacional Morrocoy con vías al desarrollo de planes de uso y gestión para su conservación*. Informe final, Fonacit, Caracas, Venezuela.

Guzmán, H., Guevara, C. 2002. Annual reproductive cycle, spatial distribution, abundance and size structure of *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) in Bocas del Toro, Panamá. *Mar. Biol.* **141**: 1077-1084.

Heip, C. 1975. On the significance of aggregation in some benthic marine invertebrates. Proc. 9th Europ. Mar. Biol. Syrup. 527-538. Aberdeen University Press.

Hendler, G., Miller, J., Pawson, D., Kier, P. 1995. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Sea stars, sea urchins and allies. Smithsonian Institute Press.

Jackson, M. 1976. Análisis químico de los suelos. Ed. Omega, Barcelona.

Laboy-Nieves, E. 1997. Factores ambientales que limitan la distribución y abundancia de *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana* en el Parque Nacional Morrocoy. Tesis Doctoral, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.

Laboy-Nieves, E., Klein, E., Conde, J., Losada, F., Cruz, J., Bone, D. 2001. Mass Mortality of tropical marine communities in Morrocoy, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* **68**: 163–179.

- Laboy-Nieves, E., Conde, J. 2001. Metal levels in eviscerated tissue of shallow water deposit-feeding holothurians. *Hydrobiol.* **459**: 19-26.
- LeGore, R., Hardin, M., García, J., Brice, J. 2008. Marine ornamental trade in Puerto Rico: rapid population assessment of primary target species. *Rev. Biol. Trop.* **56**: 65-88.
- Littler, D., Littler, M., Bucher, K., Norris, J. 1989. Marine plants of the Caribbean. A field guide from Florida to Brazil. Airline, Inglaterra.
- Littler, D., Littler, M. 2000. Caribbean reef plants. OffShore Graphics Inn, Washington, D.C. E.U.A.
- Lunn, K., Villanueva, M., Vincent, A. 2008. Souvenir from the sea, an investigation into the curio trade in echinoderms from Mexico. *Traffic Bull.* **22**: 19-32.
- Martín, A., Penchaszadeh, P., Atienza, D. 2001. Densidad y hábitos alimentarios de *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758) (Echinodermata, Asteroidea) en praderas de fanerógamas marinas de Venezuela. *Bol. Inst. Esp. de Oceanogr.* **17**: 203-208.
- Martin, A. 2005. Evaluación de los parámetros ambientales y de calidad de las aguas en el Parque Nacional Morrocoy y zonas aledañas. p: 159-239 En: *AGENDA MORROCOY: Estudio integral del sistema Parque Nacional Morrocoy con vías al desarrollo de planes de uso y gestión para su conservación*. Bone, D., Spiniello, P., Solana, P., Martín, A., García, E., López, J., La Barbera, A., Gómez, S., Pérez, D., Vera, B., Barreto, M., Zoppi, E., Miloslavich, P., Bitter, R., Klein, E., Villamizar, E., Losada, F., Posada, J. Informe final. Fonacit. Caracas.
- Metaxas, A., Scheibling, R., Young, C. 2002. Estimating fertilization success in marine benthic invertebrates: a case study with the tropical sea star *Oreaster reticulatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **226**: 87-101.
- Metaxas, A., Scheibling, R., Robinson, M., Young, C. 2008. Larval development, settlement and early post-settlement behavior of the tropical sea star *Oreaster reticulatus*. *Bull. Mar. Sci.* **83**: 471-480.
- Myers, R., Ottensmeyer, A. 2005. Extinction risk in marine species, pp. 58-79. En: Norse, E. y L. Crowder (eds.). *Marine conservation biology, the science of maintaining the sea's biodiversity*. Marine Conservation Biology Institute, Washington D.C., E.U.A.

- Pérez, D., Guevara, M., Bone, D. 2006. Temporal variation of biomass and productivity of *Thalassia testudinum* (Hydrocharitacea) in Venezuela, Southern Caribbean. *Rev. Biol. Trop.* **54**: 329-339.
- Puglisi, M. 2000. *Oreaster reticulatus* [en línea]. Smithsonian Marine Station en Fort Pierce. En: http://www.sms.si.edu/IRLSpec/Oreaster_reticulatus.htm [Consultado el 12 de septiembre de 2014].
- Reese, E. 1966. The complex behaviour of echinoderms. *Physiology of Echinodermata*, Ed. por R. A. Boolootian, Nueva York, E.U.A.
- Rodríguez, C., Villamizar, E. 2000. Fauna bentónica asociada a una pradera de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitacea) en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* **48**: 243-249.
- Rossel, M. 2011. Morrocoy National Park Report State of Environment, Projects and Stakeholders Analysis. Europaisch-Karibische Gesellschaft – EKG (Asociación Europea-Caribeña), Konstanz, Alemania.
- Rossel, M. 2013. Echinoderm responses to variation in salinity. *Adv. Mar. Biol.* **66**: 171-212.
- Ruppert, E., Fox, R., Barnes, R. 2004. *Invertebrate Zoology*. Brooks y Cole, Sexta edición, Belmont, California, E.U.A.
- Sánchez, R. 2013. Análisis espacial y temporal de comunidades de megabentos asociadas a praderas de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. Análisis espacial y temporal de comunidades de megabentos asociadas a praderas de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. Tesis de Licenciatura, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Scheibling, R. 1980a. Abundance, spatial distribution, and size structure of populations of *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) on seagrass beds. *Mar. Biol.* **57**: 95-105.
- Scheibling, R. 1980b. Abundance, spatial distribution, and size structure of populations of *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) on sand bottoms. *Mar. Biol.* **57**: 107-119.
- Scheibling, R. 1980c. Dynamics and feeding activity of high-density aggregations of *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea) in a sand patch habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2**: 321-327.

Scheibling, R. 1981a. Optimal foraging movements of *Oreaster reticulatus* (L.) (Echinodermata: Asteroidea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **51**: 173-185.

Scheibling, R. 1981b. The annual reproductive cycle of *Oreaster reticulatus* (L.) (Echinodermata: Asteroidea) and interpopulation differences in reproductive capacity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **54**: 39-54.

Scheibling, R. 1982. Feeding habits of *Oreaster reticulatus* (Echinodermata: Asteroidea). *Bull. Mar. Sci.* **32**: 504-510.

Scheibling, R., Metaxas, A. 2001. Population characteristics of the sea star *Oreaster reticulatus* in the Bahamas and across the Caribbean. Págs. 209–214 En M. F. Barker, (ed.) Echinoderms 2000. Proc. 10th Int. Echinoderms Conference, Dunedin.

Scheibling, R., Metaxas, A. 2010. Mangroves and fringing reefs as nursery habitats for the endangered Caribbean sea star *Oreaster reticulatus*. *Bull. Mar. Sci.* **86**: 133-148.

Short, F., Echeverría, S. 1996. Nature and human-induced disturbance of seagrasses. *Environ. Conserv.* **23**: 17-27.

Soil Survey Staff. 1975. Soil taxonomy: A Basic system of soil clasiffication for making and interpreting soil surveys. USDA-SCS Agric. Hand. No. 436, U.S. Govt. Print. Office Washington, D.C., E.U.A.

Solana, P., García, R., Castellanos, B. 2005. Estudio hidrodinámico y de transporte de contaminantes en el sistema costero de Morrocoy y el Golfete de Cuare, Venezuela. p: 113-158 En: AGENDA MORROCOY: *Estudio integral del sistema Parque Nacional Morrocoy con vías al desarrollo de planes de uso y gestión para su conservación*. Bone, D., Spiniello, P., Solana, P., Martín, A., García, E., López, J., La Barbera, A., Gómez, S., Pérez, D., Vera, B., Barreto, M., Zoppi, E., Miloslavich, P., Bitter, R., Klein, E., Villamizar, E., Losada F. y Posada, J. Informe final. Fonacit. Caracas.

Steyermark, J. 1994. Flora del Parque Nacional Morrocoy. Fundación Instituto Botánico de Venezuela y Agencia Española de Cooperación Internacional, Caracas, Venezuela.

Tagliafico, A., Rangel, M., Rago, N. 2012. Distribución, densidad y estructura de tallas de *Oreaster reticulatus* y *Luidi senegalensis* (Echinodermata: Asteroidea) en la Isla de Cubagua, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* **60**: 1149-1159.

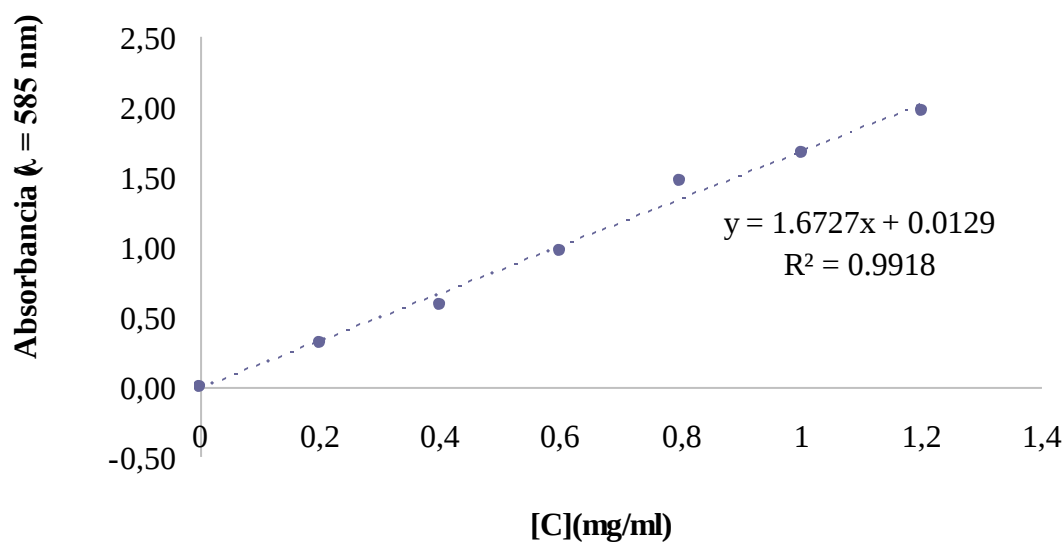
- Thomas, L. 1960. A note on the feeding habits of the West Indian sea star *Oreaster reticulatus* (Linnaeus). *Q. J. Fla. Acad. Sci.* **23**: 167-168.
- Vera, B. 2008. Contribution of seagrasses ecosystems to the Venezuelan coastline vegetation. pp: 65-75 In: Lieth, H; Sucre, M., Herzog, B. (eds) *Mangroves and Halophytes: Restoration and utilization*. Springer Science & Business Media B.V, Nueva York, E.U.A.
- Villamizar, E. 2000. Estructura de una comunidad arrecifal en Falcón, Venezuela, antes y después de una mortalidad masiva. *Rev. Biol. Trop.* **47**: 19-30.
- Wentworth, C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Geology* **30**: 377-392.
- Wulff, J. 1995. Sponge-feeding by the Caribbean starfish *Oreaster reticulatus*. *Mar. Biol.* **123**: 313-325.
- Wulff, J. 2008. Collaboration among sponge species increases sponge diversity and abundance in a seagrass meadow. *Mar. Ecol.* **29**: 193-204.
- Zoppi, E. 1967. Contribución al estudio de los equinodermos en Venezuela. *Acta Biol. Ven.* **5**: 266-333.

ANEXOS

Anexo 1. Temperatura promedio (° C) y densidad (g/l) promedio de los sedimentos de los distintos sitios a los 40 segundos y a las 2 horas. $\bar{x}$: promedio. DS: desviación estándar.

Sitio	Tiempo de medición			
	T (°C)	40 segundos Densidad - blanco (media) (g/l)	T (°C)	2 horas Densidad - blanco (media) (g/l)
	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{x} \pm DS$
S1	25 $\pm$ 0,0	2,004 $\pm$ 0,001	25 $\pm$ 0,0	2,001 $\pm$ 0,000
S2	25 $\pm$ 0,0	2,005 $\pm$ 0,001	25 $\pm$ 0,0	2,000 $\pm$ 0,000
S3	25 $\pm$ 0,0	2,058 $\pm$ 0,074	25 $\pm$ 0,0	1,505 $\pm$ 0,701
S4	25 $\pm$ 0,0	2,008 $\pm$ 0,004	25 $\pm$ 0,0	2,002 $\pm$ 0,001
S5	25 $\pm$ 0,0	2,007 $\pm$ 0,002	25 $\pm$ 0,0	2,001 $\pm$ 0,000
S6	26 $\pm$ 0,0	2,216 $\pm$ 0,001	26 $\pm$ 0,0	2,203 $\pm$ 0,000
S7	26 $\pm$ 0,0	2,216 $\pm$ 0,003	26 $\pm$ 0,0	2,203 $\pm$ 0,001
S8	26 $\pm$ 0,0	2,550 $\pm$ 0,212	26 $\pm$ 0,0	2,202 $\pm$ 0,000
S9	26 $\pm$ 0,0	2,207 $\pm$ 0,001	26 $\pm$ 0,0	2,201 $\pm$ 0,000
S10	26 $\pm$ 0,0	2,207 $\pm$ 0,001	26 $\pm$ 0,0	2,201 $\pm$ 0,000

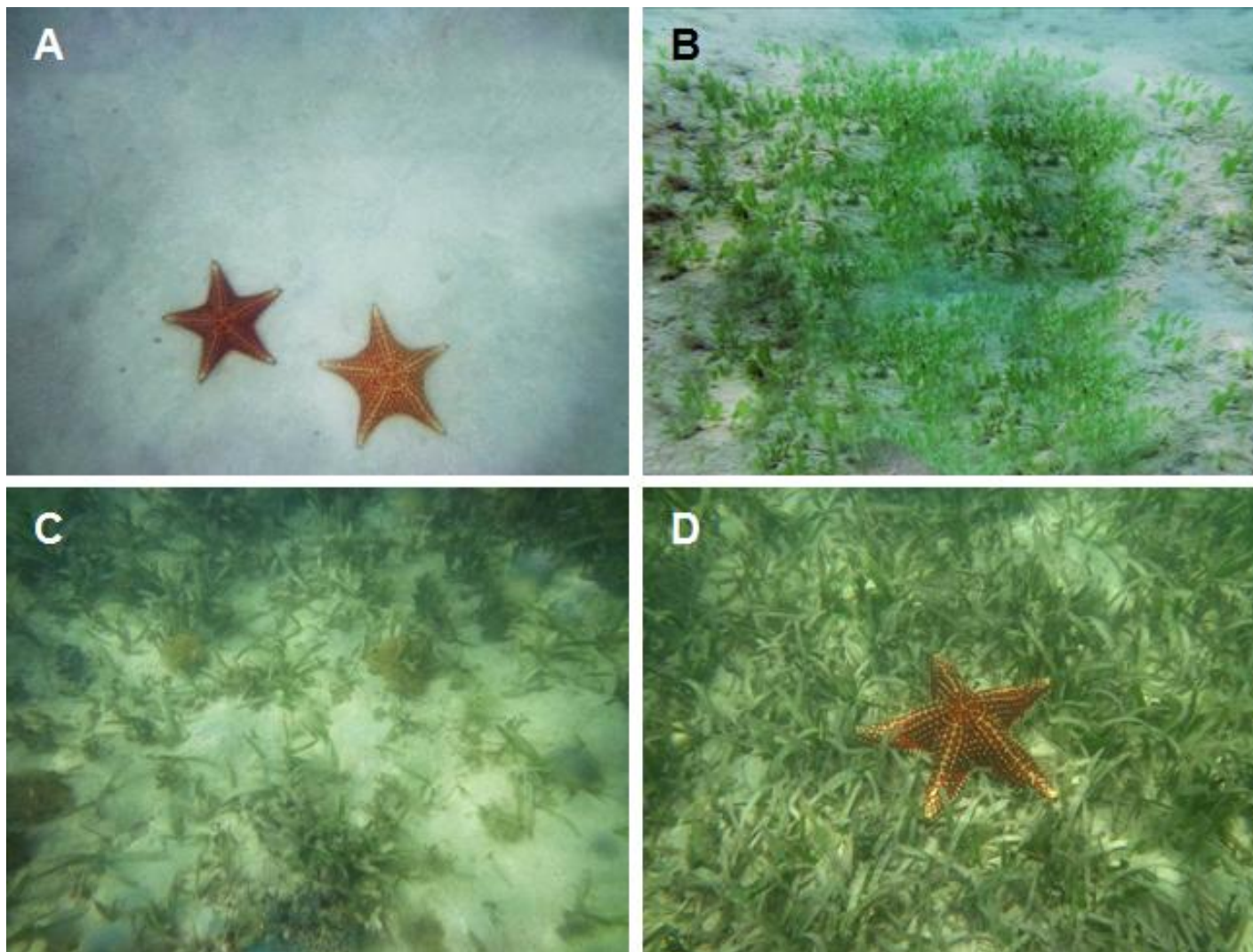
Anexo 2. Curva de calibración empleada para determinar la cantidad de carbono orgánico en las muestras.



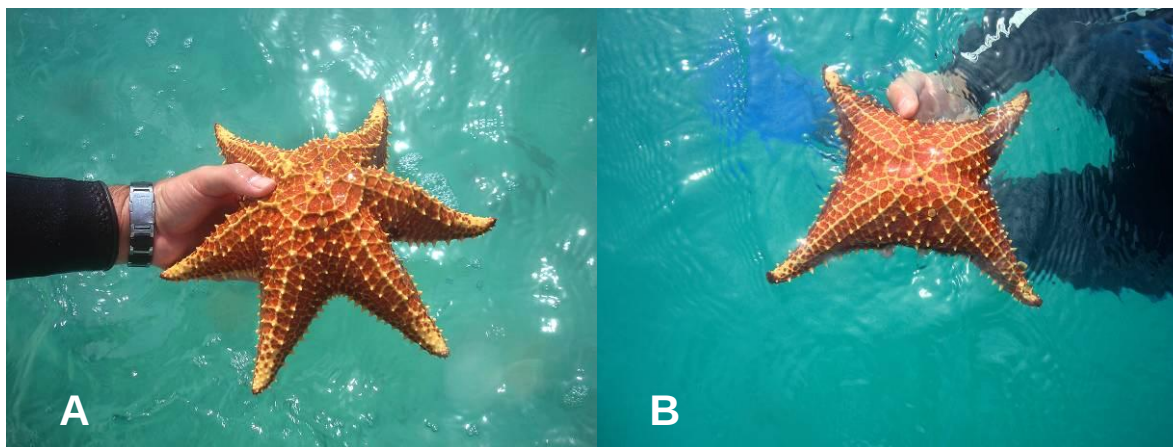
Anexo 3. Valores de absorbancia, mg de carbono (mg C) y porcentaje de materia orgánica (% MO) para cada una de las muestras analizadas. S: sitio. DS: desviación estándar.

Muestra	Peso (mg)	Absorbancia ($\lambda = 585$ nm)	Abs - blanco promedio	mg C muestra	mg C promedio	DS	%MO	%MO promedio	DS
S1MO1	100,9	0,10	0,075	0,44	0,38	0,08	0,99	0,86	0,20
S1MO2	101,8	0,08	0,055	0,32			0,72		
S2MO1	99,8	0,10	0,075	0,44	0,32	0,17	1,00	0,73	0,39
S2MO2	101,4	0,06	0,035	0,20			0,45		
S3MO1	100,1	0,27	0,245	1,46	1,73	0,38	3,31	3,89	0,82
S3MO2	101,6	0,36	0,335	2,00			4,47		
S4MO1	101,7	0,20	0,175	1,04	1,16	0,17	2,32	2,60	0,39
S4MO2	101,2	0,24	0,215	1,28			2,87		
S5MO1	100,5	0,12	0,095	0,56	0,83	0,38	1,27	1,88	0,86
S5MO2	100,7	0,21	0,185	1,10			2,48		
S6MO1	100,4	0,50	0,475	2,83	2,14	0,97	6,42	4,86	2,20
S6MO2	100,4	0,27	0,245	1,46			3,30		
S7MO1	100,2	0,15	0,125	0,74	0,53	0,30	1,68	1,20	0,68
S7MO2	100,8	0,08	0,055	0,32			0,72		
S8MO1	101,0	0,16	0,135	0,80	0,80	0,00	1,80	1,80	0,00
S8MO2	100,7	0,16	0,135	0,80			1,81		
S9MO1	100,9	0,12	0,095	0,56	0,44	0,17	1,26	0,99	0,39
S9MO2	101,8	0,08	0,055	0,32			0,72		
S10MO1	101,0	0,11	0,085	0,50	0,56	0,08	1,13	1,27	0,19
S10MO2	100,6	0,13	0,105	0,62			1,40		

Anexo 4. Distintos hábitats de *Oreaster reticulatus* en la Ensenada Morrocoy. A) Fondo arenoso B) Fondo con vegetación dominado por *H. decipiens* C) Fondo mixto D) Fondo con vegetación dominado por *T. testudinum*.



Anexo 5. Individuos de *Oreaster reticulatus* con morfología atípica. A) Individuo de 6 brazos y B) Individuo de 4 brazos.



Anexo 6. Individuo juvenil de *Oreaster reticulatus* de menor talla ($R = 8,15$ cm) encontrado con coloración críptica verde oliva.



Anexo 7. Topografía irregular de fondos arenosos y dominados por *Halophila decipiens* A) Montículos de arena rodeados de *Halimeda incrassata* y B) Depresiones arenosas.



Anexo 8. Selección de alimento de *O. reticulatus* en la Ensenada Morrocoy. A) Arena. B) *Dictyota cervicornis*. C) Huevos de moluscos D) *Halophila decipiens* E) *Thalassia testudinum* y F) Escombros coralino.

