

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**“Distribución espacial de esponjas (Porifera: Demospongiae) en aguas someras del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO POR:  
ALEJANDRA TREJO RAMOS

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ESPONJAS (PORIFERA: DEMOSPONGIAE) EN  
AGUAS SOMERAS DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA COMPLEJO LOS  
CÓBANOS, EL SALVADOR”

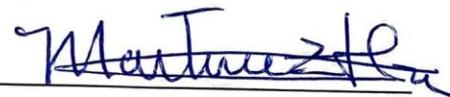
TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO POR:  
**ALEJANDRA TREJO RAMOS**

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

DOCENTE ASESORA DE LA INVESTIGACIÓN:

**M.sD. MARTHA NOEMI MARTÍNEZ HERNÁNDEZ**



ASESORA EXTERNA DE LA INVESTIGACIÓN:

**M. Sc. JOHANNA VANESSA SEGOVIA PRADO**



CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**“DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ESPONJAS (PORIFERA: DEMOSPONGIAE) EN  
AGUAS SOMERAS DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA COMPLEJO LOS  
CÓBANOS, EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO POR:  
**ALEJANDRA TREJO RAMOS**

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

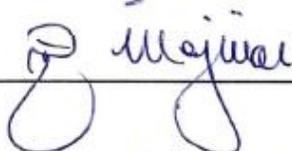
TRIBUNAL CALIFICADOR:

LIC. ANA MARÍA RIVERA:



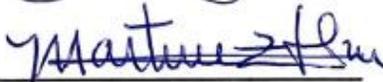
---

LIC. RODOLFO FERNANDO MENJIVAR:



---

M.s.D. MARTHA NOEMI MARTÍNEZ HERNÁNDEZ:



---

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2020.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

**MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS**

VICERRECTOR ACADÉMICO

**DOCTOR MANUEL DE JESÚS JOYA ÁBREGO**

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

**INGENIERO NELSON BERNABÉ GRANADOS**

SECRETARIO/A GENERAL

**LICENCIADO CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

FISCAL GENERAL

**LICENCIADO RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN**

DECANO

**LICENCIADO MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA**

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA

**M. Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2020.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios porque sin duda sus planes son perfectos y por dejarme apreciar su creación desde otra perspectiva.

A mis padres René y Marielena por su apoyo y amor incondicional desde el inicio de la carrera. A mi familia quien siempre se alegra de mis logros y los comparte como suyos.

A la maestra Martha Martínez por su asesoría durante este proceso en el cual ambas hemos aprendido y por la confianza depositada en mí.

A la maestra Johanna Segovia por ser un ejemplo a seguir no sólo en el ámbito profesional sino personal también, gracias por darme la oportunidad de aprender a su lado, por sus consejos y el cariño a lo largo de tantos años.

Al doctor José Luis Carballo por mostrarme el maravilloso mundo de las esponjas, por asesorarme en cada consulta e interrogante que surgió durante la investigación, y por recibirme y capacitarme en el Laboratorio de Ecología del Bentos, UNAM, Mazatlán.

Al Lic. Rodolfo Menjívar y Lic. Ana María Rivera por su tiempo y valiosos aportes que han servido para mejorar en gran manera esta investigación.

A Julio César Ventura y Cristian Pacheco quienes durante mi estadía en Mazatlán me hicieron sentir como en casa y de quienes tuve la fortuna de aprender.

A los guarda recursos del ANP Complejo Los Cóbanos Ana María Velásquez, William Morán y Wilfredo Castro quienes siempre me acompañaron con entusiasmo en cada viaje.

A Gabriela Montes y Claudia Ascencio por su apoyo y trabajo durante cada viaje de muestreo.

A Alexia Martínez y Enrique Posada por su amistad, cariño e incondicional apoyo en lo que parece ser un libro sin fin.

A mis amigos/as: Rodrigo Baraona, Maythé Morán, Karla Zaldaña, Lucía Sánchez, Andrea Morales, Gilma Guerra, Sofía Solórzano, Andrea Fortis, Laura Figueroa, Gabriela

López, Fernanda Ramos, Enrique Maldonado, Juan Carlos Vargas, Heriberto Torres y Sergio Vásquez por acompañarme en este camino.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN .....	14
2.	INTRODUCCIÓN .....	16
3.	OBJETIVOS .....	18
4.	MARCO TEÓRICO .....	19
4.1	Antecedentes .....	19
4.2	Generalidades de las esponjas.....	20
4.3	Diversidad, distribución y abundancia de esponjas .....	21
4.3.1	Diversidad.....	21
4.3.2	Distribución y abundancia.....	24
4.4	Factores que determinan la distribución de esponjas .....	26
4.5	Importancia ecológica .....	27
5.	METODOLOGÍA .....	30
5.1	Descripción del área de estudio.....	30
5.2	Metodología de campo .....	31
5.2.1	Sitios de muestreo .....	31
5.2.2	Recolecta y procesamiento de muestras.....	31
5.2.3	Abundancia.....	33
5.2.4	Parámetros físico-químicos .....	33
5.3	Análisis de muestras en laboratorio .....	34
5.3.1	Identificación.....	35
5.3.1.1	Disposición esquelética.....	35
5.3.1.2	Composición esquelética .....	36
5.4	Análisis de datos.....	38
5.4.1	Riqueza de especies.....	38
5.4.2	Descripción taxonómica de esponjas .....	38
5.4.3	Abundancia de esponjas.....	38

5.4.4	Distribución espacial de esponjas.....	39
6.	RESULTADOS.....	40
6.1	Riqueza de especies.....	40
6.2	Descripción taxonómica.....	42
	<i>Suberea etiennei</i> van Soest, Kaiser & van Syoc 2011.....	43
	<i>Aplysina chiriquiensis</i> Díaz, van Soest, Rützler & Guzmán 2005.....	45
	<i>Callyspongia californica</i> Dickinson 1945.....	47
	<i>Haliclona caerulea</i> Hechtel 1965.....	50
	<i>Haliclona sp1</i> Grant 1836.....	52
	<i>Haliclona sp2</i> Grant 1836.....	54
	<i>Axinella nayaritensis</i> Carballo, Bautista-Guerreo y Cruz-Barraza 2018.....	57
	<i>Raspailia hyle</i> De Laubenfels 1930.....	59
	<i>Higginsia sp</i> Higgin 1877.....	62
	<i>Cinachyra sp</i> Sollas 1886.....	64
	<i>Mycale (Carmia) cecilia</i> De Laubenfels 1936.....	67
	<i>Mycale (Zygomycala) ramulosa</i> Carballo y Cruz-Barraza 2010.....	69
	<i>Tedania tropicalis</i> Topsent 1887.....	72
	<i>Cliona euryphylla</i> Topsent 1887.....	74
	<i>Ciocalypta sp</i> Bowerbank 1862.....	76
	<i>Coelocalypta sp</i> Topsent 1928.....	78
	<i>Terpios sp</i> Duchassaing y Michelotti 1864.....	80
6.3	Abundancia y distribución.....	82
6.4	Relación entre variables físico-químicas y biológicas.....	86
6.4.1	Variables con mayor aporte en el estudio.....	87
6.4.2	Relación ecológica entre variables físico-químicas y especies.....	88
7.	DISCUSIÓN.....	90
8.	CONCLUSIONES.....	98
9.	RECOMENDACIONES.....	99
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100

11. Anexos .....	109
------------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de un corte transversal de esponja.....	21
Figura 2. Árbol filogenético del filo Porifera.....	22
Figura 3. Diversidad morfológica de esponjas..	23
Figura 4. Variedad morfológica de espículas en la Clase Demospongiae..	24
Figura 5. Localización de sitios de muestreo para esponjas en aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos.....	31
Figura 6. Recolecta directa de esponjas practicando buceo con equipo de respiración autónoma.....	32
Figura 7. Disposición de los transectos en el sitio de estudio.....	33
Figura 8. Categorización de esponjas con respecto a la exposición al oleaje.....	34
Figura 9. Esqueleto fibroso de esponja.....	35
Figura 10. Observación de la disposición esquelética en esponjas.....	36
Figura 11. Método de digestión para degradar la materia orgánica en muestras de esponjas.....	37
Figura 12. Observación de espículas en microscopio óptico al 40x y medición de dimensiones de espículas.....	37
Figura 13. <i>Suberea etiennei</i> van Soest et al 2011.....	44
Figura 14. <i>Aplysina chiriquiensis</i> Díaz et al. 2005.....	46
Figura 15. <i>Callyspongia californica</i> Dickinson 1945.....	48
Figura 16. <i>Haliclona caerulea</i> Hechtel 1965.....	51
Figura 17. <i>Haliclona sp1</i> Grant 1836.....	53
Figura 18. <i>Haliclona sp2</i> Grant 1836.....	55
Figura 19. Detalles del esqueleto en <i>Haliclona sp2</i> .....	56
Figura 20. <i>Axinella nayaritensis</i> Carballo et al 2018.....	58
Figura 21. <i>Raspailia hyle</i> De Laubenfels 1930.....	61
Figura 22. <i>Higginsia sp</i> Higgin 1877.....	63
Figura 23. <i>Cinachyra sp</i> Sollas 1886.....	66
Figura 24. <i>Mycale (Carmia) cecilia</i> De Laubenfels 1936.....	68
Figura 25. <i>Mycale (Zygomycale) ramulosa</i> Carballo y Cruz-Barraza 2010.....	70
Figura 26. <i>Tedania tropicalis</i> Topsent 1887.....	73

Figura 27. <i>Cliona euryphylla</i> Topsent 1887.....	75
Figura 28. <i>Ciocalypta sp</i> Bowerbank 1862.....	77
Figura 29. <i>Coelocalypta sp</i> Topsent 1928.....	79
Figura 30. <i>Terpios sp</i> Duchassaing y Michelotti 1864.....	81
Figura 31. Abundancia de esponjas en función de la profundidad en aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos.....	83
Figura 32. Riqueza de esponjas en función de la profundidad en aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos. ....	84
Figura 33. Preferencia de sustratos en esponjas de aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos.....	85
Figura 34. Categorías de exposición a la sinergia del oleaje en esponjas de aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos. ....	86
Figura 35. Análisis de correspondencia canónica de sitios con cuatro rangos de profundidad.. ....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista sistemática de esponjas encontradas en el Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador.....	40
Tabla 2. Datos comparativos para las dimensiones del esqueleto (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Suberea etiennei</i> van Soest et al 2011 .....	43
Tabla 3. Datos comparativos para las dimensiones del esqueleto (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Aplysina chiriquiensis</i> Díaz et al. 2005 .....	45
Tabla 4. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Callyspongia californica</i> Dickinson 1945.....	49
Tabla 5. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Haliclona caerulea</i> Hechtel 1965 .....	50
Tabla 6. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Haliclona sp1</i> Grant 1836. ....	52
Tabla 7. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Haliclona sp2</i> Grant 1836. ....	54
Tabla 8. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Axinella nayaritensis</i> Carballo et al. 2018.. ..	57
Tabla 9. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Raspailia hyle</i> De Laubenfels 1930.....	60
Tabla 10. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Higginsia sp</i> Higgin 1877. ....	64
Tabla 11. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Cinachyra sp</i> Sollas 1886.....	65
Tabla 12. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Mycale (Carmia) cecilia</i> De Laubenfels 1936 .....	69
Tabla 13. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Mycale (Zygomycale) ramulosa</i> Carballo y Cruz-Barraza 2010.....	71
Tabla 14. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Tedania tropicalis</i> Topsent 1887. ....	73

Tabla 15. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Cliona euryphylla</i> Topsent 1887.....	75
Tabla 16. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Ciocalypta sp</i> Bowerbank 1862.....	77
Tabla 17. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Coelocalypta sp</i> Topsent 1928.....	79
Tabla 18. Datos comparativos para las dimensiones de espículas (en $\mu\text{m}$ ) de <i>Terpios sp.</i> Duchassaing y Michelotti 1864.....	81
Tabla 19. Valores de variables físico-químicas en los sitios de muestreo.....	87
Tabla 20. Valor de los componentes principales (CP) sobre variables físico-químicas.	88
Tabla 21. Valor de las variables físico-químicas en componentes principales (CP) 1 y 2. .....	88
Tabla 22. Valores de significancia para los ejes del análisis de correspondencia canónica. .....	88

## 1. RESUMEN

Las esponjas pertenecen a uno de los grupos de invertebrados marinos bentónicos con mayor riqueza de especies y abundancia, se encuentran distribuidos en todos los océanos del mundo, desde zonas intermareales hasta grandes profundidades y son de gran importancia ecológica para sus ecosistemas por su capacidad de filtración, simbiosis con otros organismos y habilidad de reincorporar compuestos químicos al medio en que habitan.

El objetivo principal de esta investigación fue describir la distribución espacial de esponjas en aguas someras del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos. Para lograrlo, se registró la riqueza de especies, se estimó su abundancia y se relacionaron variables fisicoquímicas (turbidez, salinidad, pH, temperatura, rugosidad, tipo de sustrato y exposición al oleaje) con la distribución de las esponjas en cuatro rangos de profundidad.

El estudio se realizó entre junio y julio de 2018, programándose viajes matutinos con mareas bajas y negativas. El esfuerzo de muestreo se basó en la recolecta de ejemplares, conteo de abundancias y registro de parámetros fisicoquímicos mediante muestras de agua. Posterior a la recolecta, los ejemplares se fijaron e identificaron en laboratorio.

La identificación de esponjas a nivel de especies se basó en la comparación de la disposición y composición esquelética de los ejemplares, tomando mediciones de las espículas presentes en cada una de ellas y otras características morfológicas como tamaño, color y textura.

La riqueza de esponjas se presenta por medio de un listado taxonómico en el cual se describe cada una de las especies identificadas. La abundancia de éstas se representa a través de gráficos de pastel, barras acumuladas y mosaicos, mientras que la relación de las variables fisicoquímicas se analizó aplicando un Análisis de Componentes Principales seguido de un Análisis de Correspondencia Canónica.

Se identificaron 17 especies, todas representan nuevos registros para El Salvador: *Suberea etiennei*, *Aplysina chiriquiensis*, *Callyspongia californica*, *Haliclona caerulea*, *Haliclona sp1.*, *Haliclona sp2.*, *Axinella nayaritensis*, *Raspailia hyle*, *Higginsia sp.*, *Cinachyra sp*, *Mycale (Carmia) cecilia*, *Mycale (Zygomycale) ramulosa*, *Tedania tropicalis*, *Cliona euryphylla*, *Ciocalypta sp.*, *Coelocalypta sp.* y *Terpios sp.*

La especie con mayor abundancia en el área de muestreo fue *Callyspongia californica*, seguida de las especies *Haliclona sp1.*, *Haliclona sp2* y *Mycale ramulosa*. La distribución de esponjas con respecto a la profundidad se ve marcada por menor riqueza de especies en sitios de 0 – 4, m mientras que de 4 – 16 m la riqueza de especies se ve incrementada.

Las variables fisicoquímicas de mayor peso en el estudio fueron turbidez, rugosidad y temperatura, resultando así dos agrupaciones en el Análisis de Correspondencia Canónica, que presentan diferente comportamiento con respecto a las tres variables y es evidente que la composición de especies cambia en cada uno de los grupos.

Es importante la continuidad de este tipo de investigaciones para el sitio de estudio y se inicie en otros ecosistemas como playas rocosas, manglares y acantilados que hasta la fecha no han sido considerados, pues estos esfuerzos sin duda contribuirán al incremento de la biodiversidad para el país y serán una herramienta para comprender mejor los ecosistemas costeros.

## 2. INTRODUCCIÓN

Las esponjas constituyen uno de los grupos más antiguos y enigmáticos que se conocen, presentan características poco frecuentes en el reino animal como que no poseen órganos ni verdaderos tejidos, pero tienen muchos tipos de células que desarrollan una gran variedad de funciones. Son animales bentónicos y sésiles que se alimentan por filtración y dependen de las corrientes de agua para obtener el alimento y oxígeno necesario para vivir (Castro y Huber 2003).

Dentro de las comunidades arrecifales, las esponjas representan un componente importante pues, su alta biomasa y tolerancia a gran amplitud de factores ambientales permiten que sobrepasen la supervivencia de otros organismos formadores de arrecifes. Causan gran impacto positivo en el ambiente por su efectividad en la filtración de grandes cantidades de agua, modifican la estructura arrecifal, compiten por espacio y sirven como alimento para muchos peces e invertebrados (Rüetzler 1978).

Las esponjas se encuentran estrechamente ligadas a las condiciones ambientales del lugar donde se encuentran. Aspectos como la forma, tamaño o color se relacionan con factores como el movimiento del agua, la deposición de sedimentos o la penetración de la luz en la columna de agua. Son consideradas buenos indicadores de actividad hidrodinámica y alteración de hábitats, además, proveen información sobre el comportamiento temporal de algunas variables ambientales (Carballo et al 1996).

A pesar de la importancia del estudio de estos organismos se desconoce aún mucha información, especialmente en el Pacífico Tropical Oriental, fue hasta la segunda mitad del siglo pasado que se retomaron las investigaciones dirigidas a este grupo (Carballo et al 2014). La situación de El Salvador difiere mucho pues hasta la fecha se registran únicamente dos géneros (*Aplysina* y *Axinella*) para ambientes marinos (MARN 2014) y una especie para aguas continentales (*Spongilla alba*) (MARN 2005). Se desconoce la riqueza que este grupo aporta para nuestra costa, y aún más el comportamiento que tienen en los ambientes marinos como los arrecifes rocosos.

El estudio contribuye a registrar la riqueza de las esponjas en aguas someras del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos, también presenta aspectos ecológicos de las

especies descritas y se realiza un análisis sobre la influencia que algunos factores físico-químicos tienen en su distribución.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir la distribución espacial de esponjas en aguas someras del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Registrar la riqueza de esponjas en aguas someras del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador.
2. Estimar la abundancia de esponjas en cuatro profundidades de las aguas someras del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador
3. Relacionar las variables fisicoquímicas turbidez, salinidad, pH, temperatura, rugosidad, tipo de sustrato y exposición al oleaje con la distribución espacial de esponjas en aguas someras del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Antecedentes

Las esponjas son uno de los grupos de invertebrados con mayor diversidad y éxito gracias al número de especies que existen y al amplio rango de caracteres morfológicos que presentan. Han sobrevivido sin tener muchos cambios desde el Cámbrico tardío aproximadamente hace 509 millones de años. Fueron importantes constructores de arrecifes durante el Fanerozoico, papel que fue usurpado gradualmente gracias al rápido crecimiento de corales esclerantínios durante el Mesozoico tardío y a pesar de este evento, las esponjas han demostrado gran capacidad para adaptarse y sobrevivir a múltiples situaciones (Vacelet 1999).

La taxonomía de las esponjas ha tenido un recorrido largo y tortuoso, ganándose así una reputación poco envidiable (Vacelet 2000). Homero hace referencia a las esponjas como artículos de uso doméstico para revestimiento de armaduras y limpieza del cuerpo, pero su historia científica comienza con Aristóteles, él habla de tres tipos de esponjas; uno muy fino, llamado Achilleum, otro duro y tosco llamado Tragos, y por último Aplysiae que no se podía lavar. Aristóteles parecía estar indeciso en cuanto a considerarlos plantas o animales, y probablemente sería más correcto decir que no los consideraba ninguno, sino como una especie de intermediario entre los dos (Maynard 1898).

Pasaría un siglo para que los naturalistas volvieran a mostrar interés por las esponjas, donde de ser consideradas plantas y algas criptógamas serían ubicadas como animales en la doceava edición de *Systema Naturae* por Linneo en 1767.

Los primeros estudios sobre esponjas para la región del Pacífico Tropical Oriental (PTO) fueron realizados por Wilson (1904), describe la colección de esponjas recolectadas por la nave Albatros en la costa oeste de México, aunque la recolección se llevó a cabo lejos de tierra y en aguas muy profundas. Más adelante De Laubenfels (1935, 1954) dedica varios años al estudio de las esponjas del Pacífico, exclusivamente las cercanas a la costa y en profundidades no mayores a 50 m, De Laubenfels hace una descripción taxonómica de las especies reportadas y rescata las características de las regiones donde fueron encontradas, así como también sus interacciones ecológicas.

El estudio de esponjas marinas en el PTO se considera reciente pues a partir de 1970, investigadores mexicanos retoman estudios heredados por extranjeros con el esfuerzo iniciado por Hancock en 1861 (Carballo et al. 2014).

Para El Salvador el estudio de muchos grupos de invertebrados se ha realizado únicamente a nivel de inventario. En el caso de las esponjas marinas se reportan nueve especies: *Cliona microstrongylata*, *Cliona pocillopora*, *Cliona vermifera*, *Cliothosa tylostrongylata*, *Thoosa calpulli* y *Siphonodictyon crypticum*, clasificadas como esponjas perforadoras del arrecife rocoso de Los Cóbano, Sonsonate; y los géneros: *Aplysina* y *Axinella*, ambos reportados en zonas rocosas de playa Maculís (La Unión) y Acajutla (Sonsonate) y una especie no identificada registrada en Bahía de Jiquilisco (MARN 2014, Pacheco et al. 2018).

#### **4.2 Generalidades de las esponjas**

Las esponjas son metazoos sésiles acuáticos con organización simple. Se alimentan por filtración y bombean agua a través de células flageladas llamadas coanocitos, los cuales usualmente forman pequeñas cámaras esféricas a lo largo del cuerpo. El agua entra a la esponja por medio de pequeños poros (ostia) y sale a través de aberturas más grandes (ósculo) que conectan con cámaras de coanocitos por un sistema de canales que moviliza el flujo de agua (Fig. 1) (Rüetzler 1978).

La mayoría de las esponjas presentan esqueleto mineral de carbonato de calcio o de sílice, o pueden presentar esqueleto orgánico formado por espongina, una característica de gran importancia taxonómica. El esqueleto da soporte al cuerpo que puede medir desde unos cuantos milímetros o alcanzar diámetros de 2 – 3 m. Las esponjas muestran una gran variedad de morfologías incluyendo forma de jarrones, tubos, incrustaciones y ramificaciones, además se pueden observar en ellas todos los colores del espectro (Rüetzler 1982).

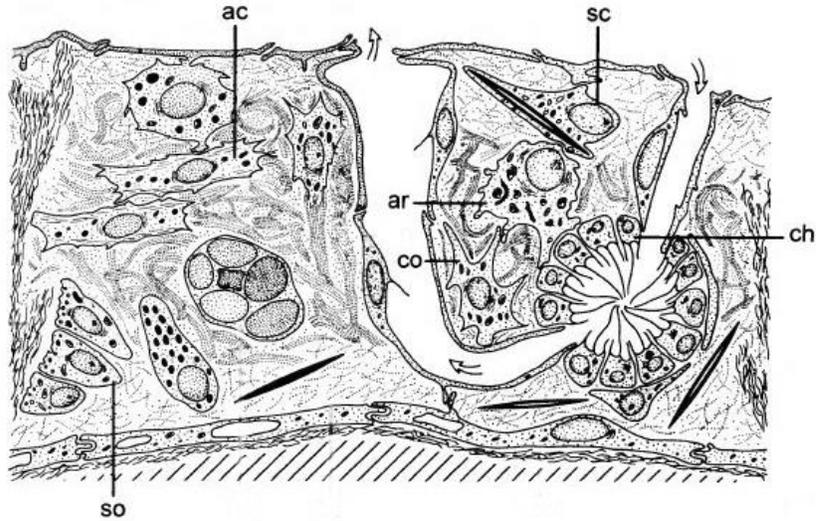


Figura 1. Ilustración de un corte transversal de esponja. AC: Actinocito, SO: Espongocito, AR: Arqueocito, CO: Colencito, SC: Esclerocita, CH: Coanocito. Fuente: Boury-Esnault y Rützler 1997.

### 4.3 Diversidad, distribución y abundancia de esponjas

La distribución, abundancia y diversidad no son componentes simples en el estudio de esponjas. La diversidad de esponjas puede medirse como el número de especies o puede utilizarse un índice que combine el número de especies con la abundancia relativa. Las barreras de distribución se consideran a diferentes escalas incluyendo microhábitat, hábitat y zonas geográficas, muchos factores afectan la limitación o expansión de la distribución de estas escalas. La abundancia puede ser medida por número de individuos, área o volumen y en cada uno de estos casos hay gran variedad de metodologías (Wulff 2012).

#### 4.3.1 Diversidad

Las especies de esponjas que se consideran válidas son 8,553 de las cuales el 83% pertenecen a la clase Demospongiae, lo que refleja el bajo esfuerzo enfocado a las otras clases: Hexactinellida ha atraído a pocos taxónomos probablemente debido a la dificultad de identificación y obtención de muestras ya que se distribuyen a grandes profundidades. La clase Calcarea se encuentra en la misma situación debido a su pequeño tamaño y aparente uniformidad de sus caracteres. La clase Homoscleromorpha que recientemente fue separada de Demospongiae, contiene pocos caracteres que la diferencien (Soest et

al 2012), entre ellos que el núcleo orgánico de sus espículas es amorfo, indicando una posible falta de estructura terciaria en su proteína contenida (Gazave et al. 2012). Es importante también mencionar a la clase extinta Archaeocyatha, que fue un importante grupo de organismos marinos sésiles que se caracterizó por su morfología de cono invertido con doble pared y un intervalo (espacio entre la pared exterior e interior) compuesto por varias estructuras esqueléticas (Debrenne et al. 2002) (Fig. 2).

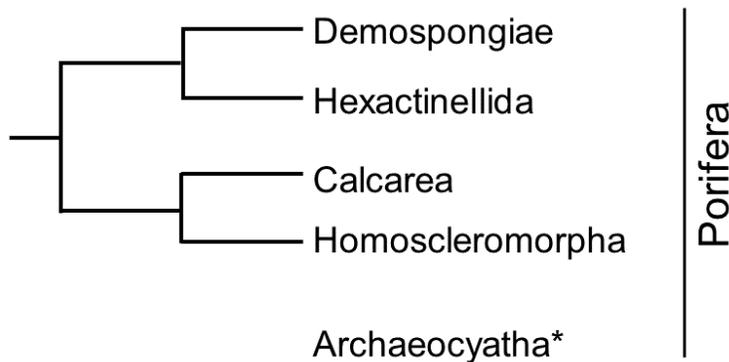


Figura 2. Árbol filogenético del filo Porifera (\*Clase extinta). (Modificado de Philippe et al. 2009).

La clase con mayor riqueza de especies y la única con importancia cuantitativa en ambientes costeros es Demospongiae. Los órdenes y familias de esta clase se distinguen por la estructura del esqueleto (tipo de espículas y fibras de esponjina) y por ciertas características citológicas y embriológicas. Para la identificación de géneros y especies es necesario conocer el tipo y tamaño de las espículas, detalles en la malla de esponjina, forma y pigmentación de individuos; y, la distribución y tamaño del ósculo y ostias (Rüetzel 1982).

### Clase Demospongiae

La clasificación sistemática de la clase Demospongiae es:

- Reino: ANIMALIA
  - Filo: PORIFERA Grant, 1836
    - Clase: DEMOSPONGIAE Sollas, 1885

La clase Demospongiae incluye esponjas con espículas de sílice y/o esqueleto fibroso, ocasionalmente sin esqueleto, las espículas pueden ser monoaxónicas o tetraxónicas, nunca triaxónicas. El filamento axial se encuentra incrustado en una cavidad triangular o hexagonal (Hooper y Soest 2002).

Las morfologías que presentan son incrustantes, masivas, lobuladas, tubulares, flabeladas, en forma de copa o perforadoras (Vos et al. 1991) (Fig. 3). El esqueleto está formado solo de fibras de espongina o con espículas de sílice que usualmente se dividen en megascleras y microscleras. Las megascleras son básicamente monaxónicas o tetraxónicas y las microscleras son diversas, poliaxiales o monoaxónicas con formas y ornamentaciones bastante elaboradas (Carballo y Cruz-Barraza 2000) (Fig. 4). La espongina está casi siempre presente formando fibras discretas o uniendo los elementos esqueléticos. En la mayoría de los casos el esqueleto de espículas y el esqueleto fibroso forman un refuerzo combinado. Algunos grupos carecen de esqueleto de espículas, pero lo compensan creando un esqueleto de fibras muy bien elaborado (Hooper y Soest 2002).

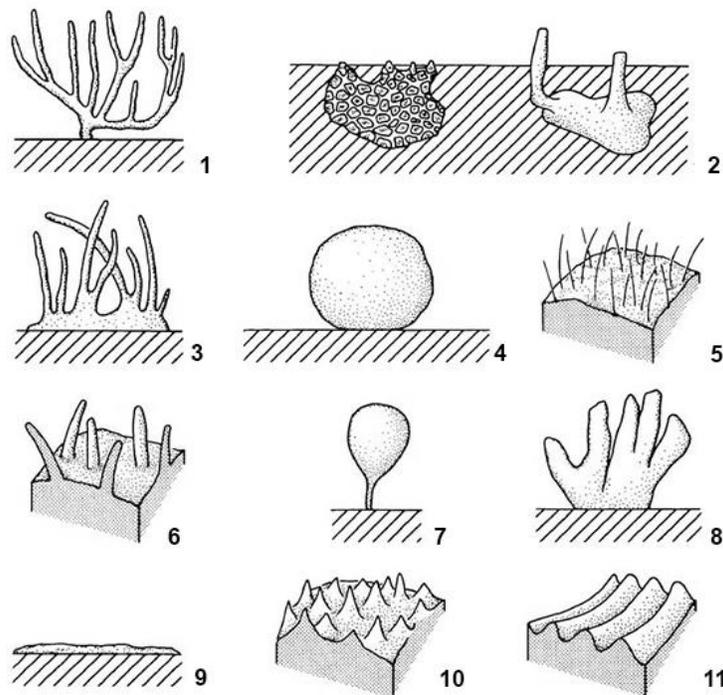


Figura 3. Diversidad morfológica de esponjas. 1: Ramificada, 2: Perforadora, 3: Digitiforme, 4: Globular, 5: Híspida, 6: Fistular, 7: Pedunculada, 8: Palmada, 9: Incrustante, 10: Conulosa, 11: Corrugada (Modificado de Boury – Snault y Rützler 1997).

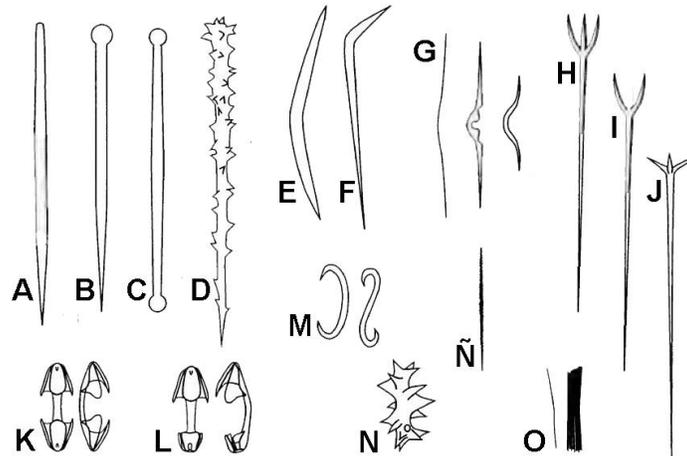


Figura 4. Variedad morfológica de espículas en la Clase Demospongiae. A: Estilo, B: Tilostilo, C: Tilote, D: Acantostilo, E: Oxa, F: Onisoxa, G: Variedad de Toxas, H: Protriena, I: Prodiena, J: Anatriena, K: Isoquela, L: Anisoquela, M: Sigma, N: Espiráster, Ñ: Oniqueta, O: Rafidios. (Modificado de Boury-Snault y Rützler 1997).

La clase Demospongiae se distribuye en todas las profundidades y zonas climáticas, a excepción de las esponjas incrustantes y endolíticas, que evitan ambientes de alta energía. Los sustratos que utilizan incluyen rocas (particularmente cuevas), coral muerto, raíces de manglares en zonas intermareales, rizoma de pastos marinos, algas, otras esponjas, conchas de moluscos, estructuras artificiales (boyas) y fondos blandos con aguas tranquilas (Sterrer 1986).

#### 4.3.2 Distribución y abundancia

Las esponjas pueden dominar en biomasa y representación de especies en comunidades bénticas marinas hasta el punto de referirse a “comunidades de esponjas”. En arrecifes de coral, raíces de manglar, playas rocosas intermareales, cuevas y algunos fondos blandos la acumulación de esponjas puede ser tan densa que el sustrato subyacente parece irrelevante, pero en otros hábitats pueden ser minoría (Wulff 2012).

Voogd y Cleary (2008) en su estudio de esponjas del complejo arrecifal de la Bahía de Jakarta, Indonesia, determina que la diversidad de especies incrementa al aumentar la profundidad, que las esponjas aprovechan muchas condiciones desfavorables para otros taxones como alta turbidez causada por sustratos de limo y arena. Wilkinson (1987) al evaluar esponjas de la Gran Barrera de Coral observa que la biomasa disminuye a medida que la distribución se vuelve más oceánica. Para la región antártica, Downey et

al. (2012) identifican 19 patrones de distribución en esponjas que van desde especies endémicas regionales hasta especies cosmopolitas, sus análisis biogeográficos indican fuertes relaciones faunísticas entre la Antártida y Suramérica, y muy poca relación entre la Antártida y Sur África, el sur de Australia y Nueva Zelanda, concluyendo así que los patrones de distribución se ven afectados principalmente por la Corriente circumpolar antártica y la conectividad que los continentes tuvieron en el pasado.

Soest (1994) propone cinco patrones generales de distribución global a nivel de género para las esponjas marinas:

- Cosmopolita: presentes en la mayoría o en todas las áreas, sin mostrar un centro de diversidad.
- Tetiana: presentes en los tres océanos (Pacífico, Atlántico e Índico), con centro de diversidad tropical.
- Indo-australiana: restringidas al Indo-Pacífico, con un centro de diversidad en esta área.
- Agua fría: con centro de diversidad en aguas frías, raras o ausentes en aguas someras tropicales.
- Distribución amplia: se encuentran en el Indo-Pacífico oeste, Mediterráneo-Atlántico-oeste central y Antártico-Antiboreal.

A nivel de especie también se han identificado patrones de distribución global: Indo-Pacífico oeste, Mediterráneo-Atlántico, Atlántico centro-oeste, Ártico-Boreal, Antártico-Antiboreal, Bipolar, y Anfi-Atlántico (Soest 1994).

En la región se ha documentado la distribución de varios géneros de esponjas; los géneros con mayor distribución son *Cliona*, *Haliclona*, *Tedania*, *Mycale*, *Callyspongia* y *Axinella*, quienes han sido reportados en México, Panamá, Costa Rica, Colombia, Islas Clipperton e Islas Galápagos. El género *Aplysina* se reporta para Costa Rica, Panamá y Colombia. Un género con menor distribución es *Terpios* quien se reporta en Costa Rica y Colombia, mientras que los géneros *Suberea* y *Raspailia* se reportan únicamente en Islas Clipperton e Islas Galápagos respectivamente (Carballo et al. 2004, Chiriboga et al.

2012, Soest et al. 2011, Cortés et al. 2009, Díaz et al. 2005, Caballero-George et al 2010, Lizarazo 2018).

#### **4.4 Factores que determinan la distribución de esponjas**

La distribución de esponjas se ve influenciada por diversas variables como la estabilidad, continuidad y tipo de sustrato, la profundidad, y factores ambientales relacionados con la disponibilidad de alimento, calidad y sinergia del agua; estos factores abióticos a menudo se correlacionan con la distribución del hábitat de especies de esponjas en particular y para conocer los procesos que modifican esta distribución es necesario acompañar las investigaciones con experimentos y observaciones en el tiempo (Wulff 2012).

- **Profundidad**

La profundidad es una variable que siempre se toma en cuenta en muestreos o recolecta de especímenes, esta información permite encontrar nuevamente a las especies, pero es de poca importancia ecológica, excepto en las zonas intermareales. Simplemente refleja las condiciones generales de luz, temperatura y movimiento del agua. Sin embargo, en la zona intermareal la exposición al aire y la radiación solar en marea baja determina límites de distribución (Rüetzler 2004). En las zonas con mayores profundidades las esponjas usualmente conforman el componente dominante de las comunidades sésiles puesto que los efectos del oleaje, radiación solar y aguas dulces es menor (Zea 1993).

- **Exposición a la luz**

Las esponjas que prevalecen en ambientes someros bastante iluminados son sujeto de competencia por parte del bentos como algas y corales, y tienen presión por parte de depredadores. Se sobreponen a estos desafíos con la ayuda de endosimbiontes fotosintéticos y/o metabolitos secundarios (Rüetzler 2004).

- **Temperatura y salinidad**

La temperatura ha sido uno de los factores ambientales más estudiados en la biogeografía, proporciona una métrica útil y fácil de cuantificar de las condiciones del agua (Blanchette et al. 2008). La temperatura y salinidad son variables

selectivas para la distribución de esponjas en arrecifes y manglares. Los sitios con rangos de temperatura de 16° a 39° C y salinidad de 28 a 41‰, proveen de hábitat para especies de la clase Demospongiae (Rüetzler 1995).

- **Exposición al oleaje**

Es un factor abiótico importante pues disminuye la abundancia y limita el crecimiento de las formas de esponjas, permitiéndole únicamente a un grupo de especies vivir en sitios muy expuestos (Wulff 2012).

- **Deposición de sedimentos**

Existe relación entre el aumento en deposición de sedimentos con la disminución de diversidad de esponjas en arrecifes. Mayor cantidad de sedimentos limita la actividad filtradora de las esponjas llegando a obstruir los canales de transporte de agua e impide que los simbiontes fotosintéticos aprovechen la luz solar debido a la poca transparencia del agua (Carballo et al. 2008a).

#### **4.5 Importancia ecológica**

Las esponjas son un componente importante en la fauna béntica en hábitats templados, tropicales y polares, a pesar de su gran abundancia, alta biomasa y longevidad en muchos ecosistemas el papel ecológico de estas ha sido pobremente apreciado (Bell 2008). Dentro de las funciones ecológicas se rescatan:

- **Acoplamiento bentopelágico**

Debido a la actividad filtradora que mantienen, las esponjas aprovechan las partículas disueltas y suspendidas en el agua que no son consumidas por otros organismos. Pueden llegar a filtrar hasta dos veces su biomasa por minuto. Son importantes clarificadoras de la columna de agua pues se alimentan de organismos procariotas y planctónicos (Carballo et al. 2008b).

- **Regeneración de nutrientes y producción primaria**

Las esponjas contribuyen a la producción primaria y la regeneración de nutrientes debido a los simbioses fotosintéticos y no fotosintéticos que estas albergan. Las esponjas pueden usar materia orgánica disuelta como fuente de energía debido a estas asociaciones (Pile et al. 1997).

- **Relaciones simbióticas con otros organismos**

Las relaciones entre animales y plantas se conocen como una de las más eficientes y especializadas de la naturaleza. Una de las más conocidas es la establecida entre dinoflagelados fotosintéticos e invertebrados marinos como esponjas, anémonas, corales y gasterópodos. En esponjas casi cualquier organismo que resista sus procesos digestivos e inmunológicas puede habitarlas ya sea como endosimbiontes o exosimbiontes (Carballo et al 2008b).

- **Bioerosión y producción de sedimentos**

Muchas especies de esponjas son importantes en la reincorporación de carbonato de calcio al medio, debido a la actividad excavadora que poseen, ya que por medio de mecanismos químicos deshacen el material calcáreo como el de los corales y ocupan el espacio que van creando (Carballo et al 2008b).

#### **4.6 Efecto del cambio climático en esponjas**

El cambio climático es un fenómeno de afectación mundial principalmente sobre ecosistemas marinos como los arrecifes quienes albergan aproximadamente el 25% de las especies marinas (Carballo et al. 2010). El cambio climático anuncia cambios ambientales que tendrán profundos impactos en todos los invertebrados bentónicos incluidos los principales eventos como extensiones de rango y extinciones. Lastimosamente las investigaciones actuales se han enfocado en los impactos que el cambio climático tendrá sobre corales y peces, dejando a un lado otros grupos de igual importancia económica y comercial (Przelawski et al. 2008).

Para las esponjas se contemplan dos escenarios posibles, un escenario de ganancia para las esponjas, el cual contempla que con el aumento de abundancia y riqueza de esponjas las estructuras arrecifales se vean debilitadas gracias a su actividad perforadora, haya disminución de turbidez y nutrientes en el agua por su actividad filtradora, y por su importancia farmacéutica se aprovechen nuevos compuestos que beneficien a tratamientos médicos. En el caso contrario con la pérdida de esponjas por efecto del cambio climático se espera que haya pérdida de hábitat para la criptofauna asociada a esponjas, el incremento de turbidez y nutrientes en el agua, y pérdida de potenciales medicamentos y tratamientos clínicos (Przelskawski et al. 2008).

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 Descripción del área de estudio**

El Complejo Los Cóbanos es un Área Natural Protegida (ANP) ubicada en la planicie costera occidental, al oriente del puerto de Acajutla, entre las coordenadas de 13° 35' N y 89° 45' O. El ANP está conformada por 21,312 ha, de las cuales 20,736 ha son la porción marina mientras que la porción terrestre incluye 576 ha. La plataforma de Los Cóbanos se encuentra rodeada de playas rocosas, ríos, manglares, esteros, campos agrícolas y estanques de cultivos en zona terrestre (ICMARES 2006).

#### **Plataforma rocosa**

Los Cóbanos es un lugar de origen volcánico con formación de tipo arrecifal de 0 a 50 m de profundidad, alberga una gran diversidad de algas marinas, invertebrados y peces, además se caracteriza por contener la única formación de corales hermatípicos entre México y Nicaragua. El fondo marino se caracteriza por abundantes depresiones formando lagunetas cubiertas de algas y esqueletos coralinos. En Los Cóbanos se observa un ciclo mareal tipo mixto con dos pleamares y dos bajamares cada día (ICMARES 2008).

#### **Oceanografía**

La dinámica del área es similar a la del resto del Pacífico Central. El oleaje proviene desde el suroeste y conforme alcanza la plataforma continental las olas cambian de dirección y se ajustan hacia la costa. Durante la época lluviosa se presentan lluvias locales y en conjunto con el oleaje la dinámica de sedimentos en playa se amplifica. La playa tiene pérdida de arena que es depositada mar adentro, y a partir de noviembre hasta abril cuando el oleaje es menos fuerte e intenso los sedimentos comienzan a retornar a las playas. Este es un proceso estacional que se repite cada año y únicamente hay alteración cuando hay presencia de otros fenómenos naturales o modificaciones por el ser humano que transformen la geomorfología de la costa (MARN 2009).

## 5.2 Metodología de campo

### 5.2.1 Sitios de muestreo

La investigación fue realizada durante los meses de junio a julio de 2018. Se realizaron viajes de reconocimiento para seleccionar 12 sitios que cumplieran con las condiciones para realizar la investigación: la existencia de arrecife rocoso y rangos de profundidad. Se seleccionaron tres sitios de muestreo por rango de profundidad: 0-4 m, 4-8 m, 8-12 m y 12-16 m, con el fin de evidenciar cambios en la riqueza y abundancia de esponjas con respecto a la variación de los parámetros físico-químicos (Fig. 5).

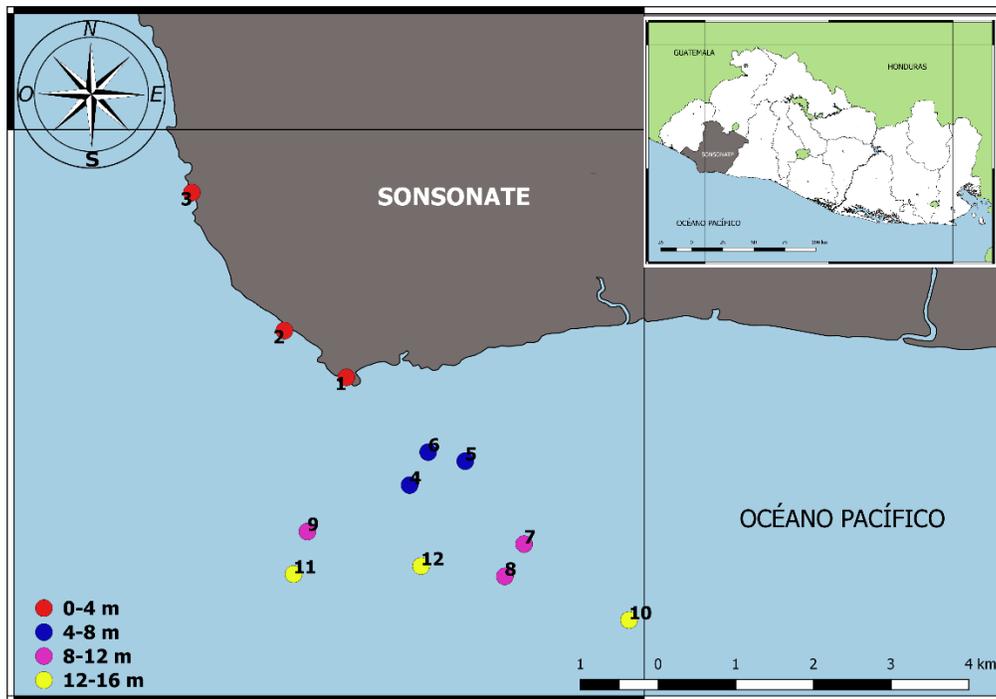


Figura 5. Localización de sitios de muestreo para esponjas en aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos. 1: El Faro, 2: Decameron, 3: El Zope, 4: El Candado, 5: El Arco, 6: La Peñona, 7: El Bajón de Zúniga, 8: El Bajón de Zúniga II, 9: La Puntita, 10: Las Parguetas, 11: Punta de Monte, 12: La Naviera. (Elaboración: A. Trejo).

### 5.2.2 Recolección y procesamiento de muestras.

Para la recolección directa de esponjas se requirió de la obtención de ejemplares en buen estado, la toma de datos de caracteres externos, condiciones ambientales y demás características que brindaron información descriptiva del hábitat en que se encontraron,

por lo tanto, se utilizó la técnica de buceo a pulmón o snorkel y buceo con equipo de respiración autónoma o SCUBA para facilitar el registro de este conjunto de datos.

Las esponjas fueron fotografiadas antes de recolectar con una cámara fotográfica a prueba de agua marca Fujifilm XP con capacidad de 20 m de profundidad para registrar las características en vida de la esponja y su hábitat. Se registró información que contribuyó a la identificación de la especie: tamaño, coloración, textura; también se registraron características ecológicas: tipo de sustrato, posición en el fondo e interacción con otros organismos. Luego de las anotaciones se colocó una bolsa plástica sobre el ejemplar, y con ayuda de una navaja se retiró del sustrato cuidando de generar el menor de los impactos (Fig. 6). Cada ejemplar se recolectó independientemente para evitar la contaminación de espículas, fue etiquetado con fecha, nombre del sitio de muestreo, profundidad y código de identificación.

El material recolectado se transportó en hielera a 4 °C al laboratorio húmedo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de El Salvador (ICMARES). Las esponjas fueron depositadas en frascos plásticos con alcohol etílico al 70%, se registró si los ejemplares sufrieron decoloración o desprendimiento de mucílago.

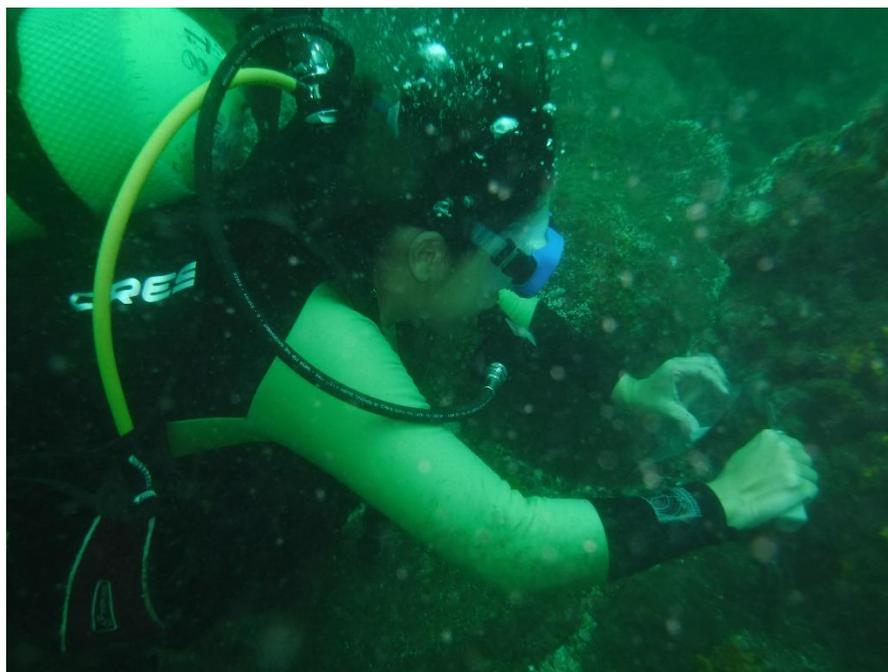


Figura 6. Recolecta directa de esponjas practicando buceo con equipo de respiración autónoma.

### 5.2.3 Abundancia

La abundancia de esponjas se registró mediante la selección de 12 sitios de muestreo, divididos en 4 rangos de profundidad: 0-4 m, 4-8 m, 8-12 m y 12-16 m. En cada sitio se trazaron tres transectos paralelos a la costa con 30 m de longitud y separados entre sí por 15 m, haciendo un total de 9 transectos por profundidad. Cada transecto fue recorrido con un cuadrante de 1m<sup>2</sup> para recolectar y contabilizar las esponjas (Fig. 7).

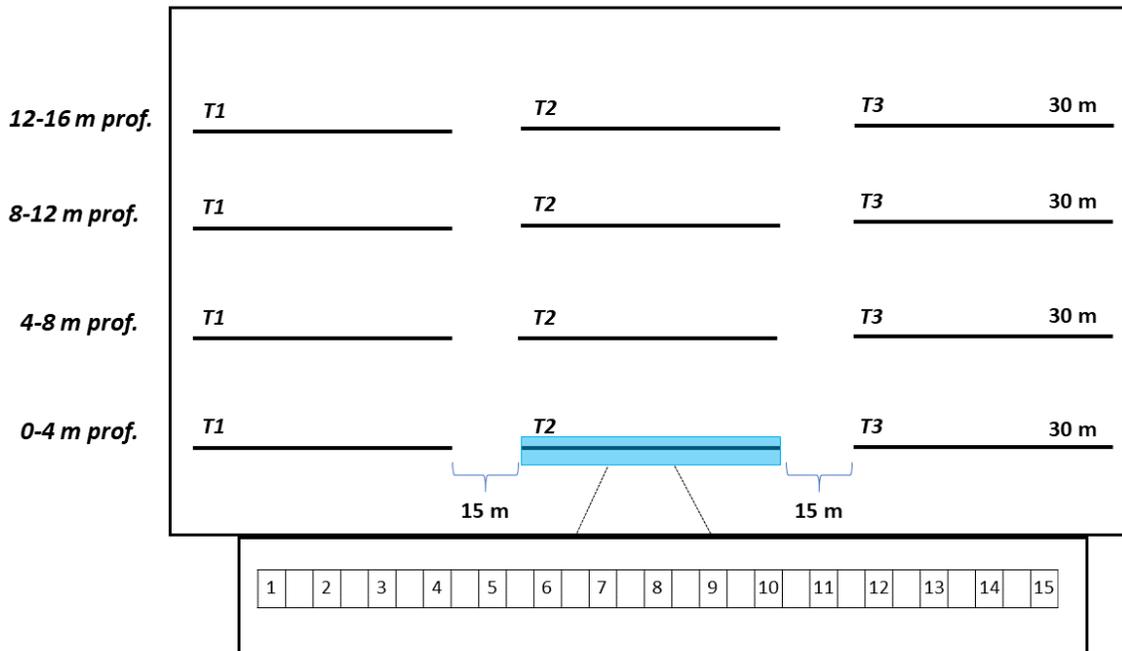


Figura 7. Disposición de los transectos en el sitio de estudio (T: transecto, prof.: profundidad).

### 5.2.4 Parámetros físico-químicos

Se registró el dato de turbidez, salinidad, pH y sólidos disueltos totales (TDS). Se recolectó una muestra de agua en una botella con capacidad de 1 litro para cada sitio de muestreo. Las muestras de agua fueron transportadas en hielera a 4° C al laboratorio húmedo del ICMARES y se utilizó una sonda multiparámetros Hanna HI9829 para realizar la lectura de los parámetros.

El valor de temperatura se obtuvo mediante un termómetro de mercurio de 0° a 45° C, protegido por un tubo PVC. El dato fue tomado en cada transecto para obtener el promedio de temperatura por sitio.

La rugosidad se calculó con una cadena de 10 metros de longitud que fue colocada acoplándose al relieve del sustrato, luego se midió la distancia de punta a punta de la cadena para conocer el índice de rugosidad (IR) (Luckhurst y Luckhurst 1978) mediante la siguiente fórmula:

$$C: 1-d/l$$

Donde:

d = distancia horizontal cubierta por la cadena

l = longitud total de la cadena

El tipo de sustrato en el que se encontraron las esponjas fue categorizado en: (1) roca desnuda, (2) arena y (3) sobre otros organismos bentónicos; además, se identificó el grado de exposición al oleaje en las siguientes condiciones: (1) expuesta, (2) parcialmente expuesta y (3) no expuesta (Fig. 8).

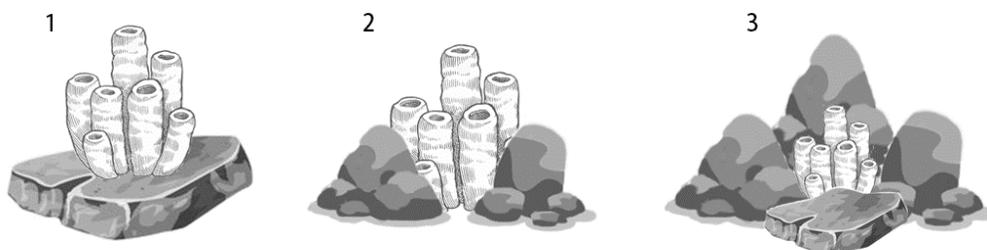


Figura 8. Categorización de esponjas con respecto a la exposición al oleaje. (1) expuesta, (2) parcialmente expuesta y (3) no expuesta. Fuente: elaboración propia.

### 5.3 Análisis de muestras en laboratorio

La colección de muestras se depositó en la Colección de Invertebrados del Museo de Historia Natural de El Salvador (MUHNES) y la Colección de Referencia de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador.

### 5.3.1 Identificación

Para la identificación de los ejemplares recolectados se basó fundamentalmente en los caracteres esqueléticos, observando la disposición y composición esquelética de cada esponja. Además, se utilizó el material fotográfico capturado en la fase de campo. Las guías taxonómicas consultadas se encuentran disponibles para la región: Boury-Esnault y Rützler 1997, Hooper et al. 2002, Carballo y Cruz-Barraza 2000, Carballo et al. 2004, Cruz-Barraza y Carballo 2008, Aguilar-Camacho et al. 2013.

#### 5.3.1.1 Disposición esquelética

El análisis de esponjas con ausencia de esqueleto mineral se realizó mediante el corte de un trozo de la muestra de aproximadamente 2 cm<sup>2</sup>, con ayuda de pinzas con punta fina retirándose la materia orgánica de la muestra procurando no dañar o rasgar las fibras de esponjina. Al obtener el esqueleto libre de materia orgánica se observó bajo el estereoscopio para identificar el tipo de organización de las fibras y se observó bajo el microscopio para examinar a detalle las fibras. Se fotografió 30 fibras para obtener promedios de su tamaño y la relación médula – corteza en cada especie (Fig. 9).

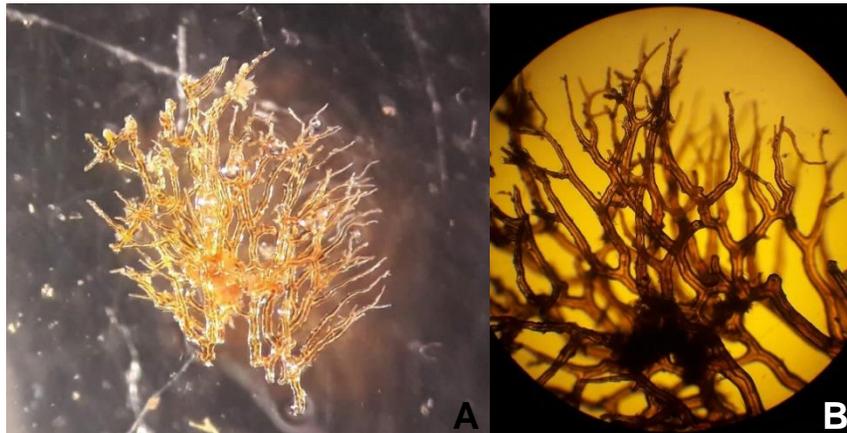


Figura 9. Esqueleto fibroso de esponja. A. Esqueleto observado bajo estereoscopio. B. Detalle de fibras observadas al microscopio.

En esponjas con presencia de esqueleto mineral se cortó una sección pequeña de la esponja con un bisturí, el fragmento se colocó en una caja Petri y se cubrió de alcohol etílico 90° para deshidratar la materia orgánica de la muestra. En los casos donde no fue

posible observar la disposición del esqueleto con el primer método, se procedió a deshidratar la muestra colocando el fragmento de esponja en un portaobjetos y se introdujo a una estufa durante dos horas a 60° C, posteriormente se observó y fotografió bajo un estereoscopio (Fig. 10).

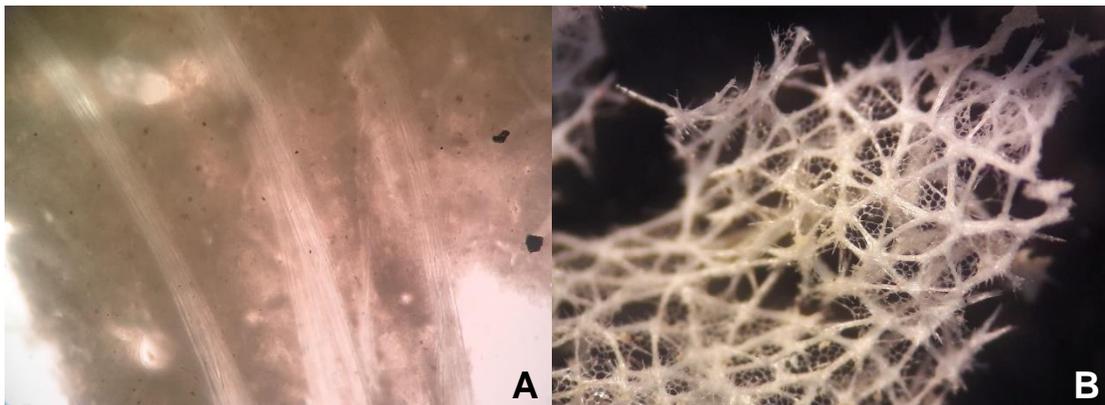


Figura 10. Observación de la disposición esquelética en esponjas. A. Método húmedo. B. Método seco.

#### 5.3.1.2 Composición esquelética

Se utilizó el método de digestión en esponjas con presencia de esqueleto mineral, donde se colocó un trozo de la esponja en un tubo de ensayo y se le añadió entre tres y cinco mililitros de ácido nítrico para eliminar la materia orgánica de la muestra, el tubo de ensayo se colocó sobre la llama de un mechero Bunsen durante dos minutos o hasta que el líquido se tornara incoloro, el tubo se agitó constantemente teniendo precaución de no derramar el contenido de éste al momento de la ebullición del líquido (Fig. 11). Posteriormente el tubo con el contenido fue centrifugado durante un minuto a 10,000 rpm para sedimentar las espículas, se retiró el ácido nítrico con ayuda de una pipeta de vidrio con capacidad de 1 ml teniendo cuidado de no succionar las espículas, luego de retirar al ácido nítrico se añadió 3 ml de alcohol etílico 90° y se repitió el proceso de centrifugado dos veces más para limpiar la muestra. Al tener la muestra limpia se agitó el tubo para suspender las espículas, extrayendo cinco gotas con una pipeta limpia, colocándolas entre una lámina y cubreobjetos para observarlas bajo un microscopio óptico. Se registró la variabilidad en morfología de las espículas, recolectando material fotográfico de 30

espículas de cada tipo identificado y midiendo el largo y ancho de cada una de ellas mediante el programa Motic Images Plus 2.0 (Fig. 12).



Figura 11. Método de digestión para degradar la materia orgánica en muestras de esponjas. La coloración amarilla/naranja indica la actividad del ácido nítrico sobre la materia orgánica, la decoloración del líquido indica la finalización de la degradación.

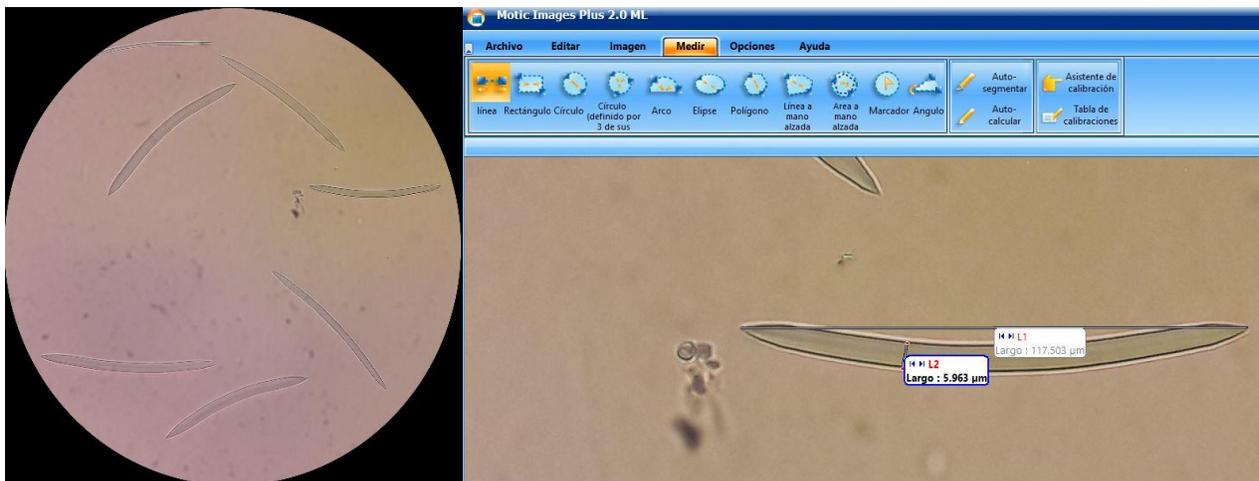


Figura 12. Observación de espículas en microscopio óptico al 40x y medición de dimensiones de espículas.

## 5.4 Análisis de datos

### 5.4.1 Riqueza de especies

La composición taxonómica se ordenó en un listado sistemático de especies, que incluye las categorías supra genéricas desde subclase, orden, familia, género y especie.

### 5.4.2 Descripción taxonómica de esponjas

De acuerdo con la lista elaborada de riqueza de especies, se describió la taxonomía de cada especie identificada con:

1. Nombre científico y autoridad que describió el holotipo o realizó la revisión
2. Sinonimias
3. Material examinado
4. Diagnósis
5. Comentarios ecológicos
6. Placa de imágenes (fotografías de la especie *in situ* y sus caracteres taxonómicos)

### 5.4.3 Abundancia de esponjas

La abundancia de esponjas fue analizada a través de estadística descriptiva y se expresó por medio de gráficos utilizando el programa Microsoft Excel 2016.

El índice de abundancia relativa se utilizó para obtener la proporción de individuos de una especie en relación al total de individuos de todas las especies en el área de estudio. Se representó a través de un gráfico de pastel y fue calculada conforme a la siguiente fórmula:

$$Ar = \frac{Ai * 100}{A \text{ total}}$$

Donde:

Ar = Abundancia relativa de la especie i

$A_i$  = Abundancia total de individuos de la especie  $i$

$A_{total}$  = Número total de individuos de todas las especies muestreadas

La abundancia de cada especie en relación a la profundidad se expresó por medio de un gráfico de barras acumuladas, mientras que la riqueza de especies en cada rango de profundidad se representó con un gráfico de mosaicos.

La preferencia de sustrato y exposición a la sinergia del oleaje fueron expresadas por medio de gráficos de barra acumuladas.

#### **5.4.4 Distribución espacial de esponjas**

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para identificar las variables físico-químicas de mayor peso con respecto a la abundancia relativa de esponjas en el área de estudio. Una vez identificadas estas variables, se procedió a realizar un Análisis de correspondencia canónica (ACC) para dilucidar relaciones entre variables biológicas y físico químicas; con base en ellas, poder describir el ordenamiento de las especies y su hábitat. Se utilizó el paquete estadístico Past 3.0.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Riqueza de especies

La colección de esponjas de Los Cóbano fue depositada en la Colección de Invertebrados del MUHNES y de la Escuela de Biología, cuentan con los registros de dos subclases: Verongimorpha y Heteroscleromorpha, siete órdenes: Verongiida, Haposclerida, Axinellida, Tetractinellida, Poecilosclerida, Clionaida y Suberitida, divididos en 12 familias: Aplysinellidae, Aplysinidae, Callyspongiidae, Chalinidae, Axinellidae, Raspailiidae, Stelligeridae, Tetillidae, Mycalidae, Tedaniidae, Clionaidae y Suberitidae; y se identificaron un total de 17 especies (Tabla 1).

Tabla 1. Lista taxonómica de esponjas encontradas en el Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, El Salvador.

Subclase Verongimorpha Erpenbeck, Sutcliffe, De Cook, Dietzel, Maldonado, van Soest, Hooper y Wörheide 2012

Orden Verongiida Bergquist 1978

Familia Aplysinellidae Bergquist 1980

*Suberea* Bergquist 1995

*Suberea etiennei* van Soest, Kaiser y van Syoc 2011

Familia Aplysinidae Carter 1875

*Aplysina* Nardo 1834

*Aplysina chiriquiensis* Díaz, van Soest, Rützler y Guzmán 2005

Subclase Heteroscleromorpha Cárdenas, Pérez y Boury-Snault 2012

Orden Haposclerida Topsent 1928

Familia Callyspongiidae De Laubenfels 1936

*Callyspongia* Duchassaing y Michelloti 1864

*Callyspongia californica* Dickinson 1945

Familia Chalinidae

*Haliclona* Grant 1836

*Haliclona caerulea* Hechtel 1965

*Haliclona* sp1.

*Haliclona* sp2.

Orden Axinellida Lévi 1953

Familia Axinellidae Carter 1875

*Axinella* Schmidt 1862

*Axinella nayaritensis* Carballo, Bautista-Guerrero y Cruz-Barraza 2018

Familia Raspailiidae Nardo 1833

*Raspailia* Nardo 1833

*Raspailia hyle* De Laubenfels 1930

Familia Stelligeridae Lendenfeld 1898

*Higginsia* Higgin 1877

*Higginsia* sp.

Orden Tetractinellida Marshall 1876

Suborden Spirophorina Bergquist y Hogg 1969

Familia Tetillidae Sollas 1886

*Cinachyra* Sollas 1886

*Cinachyra* sp.

Orden Poecilosclerida Topsent 1928

Familia Mycalidae Lundbeck 1905

*Mycale* Gray 1867

*Mycale (Carmia) cecilia* De Laubenfels 1936

*Mycale (Zygomycala) ramulosa* Carballo y

Cruz-Barraza 2010

Familia Tedaniidae

*Tedania* Gray 1867

*Tedania tropicalis* Topsent 1887

Orden Clionaida Morrow y Cárdenas 2015

Familia Clionaidae D'Orbigny 1851

*Cliona* Grant 1826

*Cliona euryphylla* Topsent 1887

Orden Suberitida Chombard y Boury-Snault 1999

Familia Suberitidae Schmidt 1870

*Ciocalypta* Bowerbank 1862

*Ciocalypta* sp.

*Coelocalypta* Topsent 1928

*Coelocalypta* sp.

*Terpios* Duchassaing y Michelotti 1864

*Terpios* sp.

## 6.2 Descripción taxonómica

**Subclase Verongimorpha Erpenbeck, Sutcliffe, De Cook, Dietzel, Maldonado, van Soest, Hooper y Wörheide 2012**

**Orden Verongiida Bergquist 1978**

**Familia Aplysinellidae Bergquist 1980**

**Género *Suberea* Bergquist 1995**

**Diagnosis:** Esponjas con fibras dendríticas irregulares, en las cuales siempre están presentes la corteza y la médula, siendo más predominante esta última. La corteza es fuertemente laminada. Las fibras pueden ser gruesas y duras, haciendo la textura de la esponja áspera. Pueden presentar refuerzo de colágeno en la matriz, volviendo a las esponjas duras o compresibles. La superficie es suave o conulosa y la esponja puede encontrarse en forma de tallo, masiva o ramificada (Bergquist y Cook 2002).

**Distribución:** Nueva Caledonia, Sur de Australia, Sur de África, Costa Pacífica de México e Islas Clipperton (Bergquist y Cook 2002, van Soest et al. 2011).

***Suberea etiennei* van Soest, Kaiser & van Syoc 2011**

**Material examinado:** 66

**Descripción:** Esponja amarilla con poca proporción de fibras en comparación con el material orgánico, éste es suave e irregular al tacto. Presenta fibras dendríticas, dicotómicas en su mayoría que se dividen de manera irregular y mucho más frecuente al acercarse a la superficie. Las fibras son delgadas (35-90  $\mu\text{m}$ ) en comparación con otras especies del mismo género, la médula es oscura y granulosa, ocupando entre 43-75% de la fibra (Fig. 13, Tabla 2).

**Distribución:** El Bajón de Zúniga.

**Ecología:** Esponja adherida a rocas, compartiendo espacio en su mayoría con turf y se encontró entre 8 a 12 metros de profundidad.

Tabla 2. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) del esqueleto en *Suberea etiennei* van Soest et al 2011 (rango, promedio  $\pm$  desviación estándar, n= número de mediciones).

<b>Espécimen</b>	<b>Diámetro de fibra (n=30)</b>	<b>Corteza (% del diámetro en la fibra) (n=30)</b>	<b>Médula (% del diámetro en la fibra) (n=30)</b>
66	35-90 57.7 $\pm$ 16.3	25-57 42 $\pm$ 10.4	43-75 58 $\pm$ 10.4

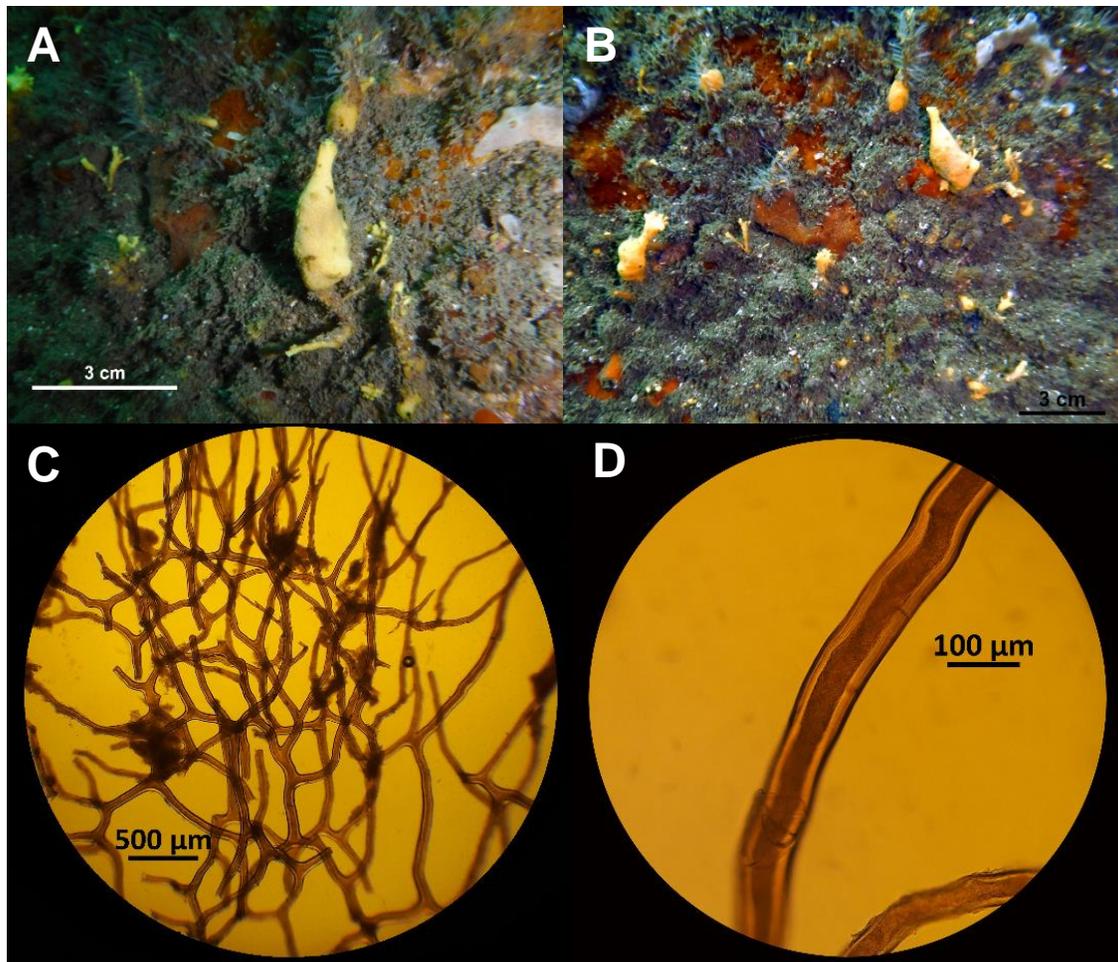


Figura 13. *Suberea etiennei* van Soest et al 2011. A. Ejemplares *in situ*. B. Morfología esquelética con malla en terminación dendrítica y fibras dicotómicas. C. Detalle de fibra con médula oscura y granulada. D. Detalle de fibra con corteza laminada y médula oscura y granulada.

## Familia Aplysinidae Carter 1875

### Género *Aplysina* Nardo 1834

**Diagnosis:** Esponjas caracterizadas por tener una red esquelética de mallas poligonales con una sola clase de tamaño de fibras. Éstas son de color ámbar, con corteza laminada y médula oscura al ser vista bajo microscopio óptico. Tanto la corteza como la médula se encuentran libres de material foráneo. La mayoría de especímenes son amarillos y se vuelven de color café, morado oscuro o negro por reacción oxidativa con el aire (Díaz et al. 2005).

**Distribución:** Mediterráneo, Caribe, Atlántico Sur, Pacífico Oriental, Sur de Australia (Díaz et al. 2005).

***Aplysina chiriquiensis* Díaz, van Soest, Rützler & Guzmán 2005**

*Aplysina* Nardo 1833

*Luffaria* Duchassaing & Michelotti 1864 (junior synonym)

*Verongia* Bowerbank 1845 (junior synonym)

**Material examinado:** 67, 81.

**Descripción:** Esponja ramificada, con ramas en forma de dedos que provienen de una base en común. Los especímenes miden entre 10 a 20 cm de altura, sus ramas de 3 a 15 cm de alto y de 1 a 4 cm de grosor. Las ramas son suaves al tacto que pueden ser cilíndricas y algunas veces comprimidas. El color externo de la esponja es amarillo intenso y al ser expuestas al aire se vuelven de color azul, al ser preservadas se tornan a marrón oscuro o negro. Su consistencia es comprensible y elástica, y generalmente presenta ósculos localizados en pequeñas protuberancias. El esqueleto consiste de una malla reticulada de fibras laminadas color ámbar de 70 a 170  $\mu\text{m}$  de diámetro, una médula granulosa que ocupa 10-38 % del diámetro de la fibra (Fig. 15, Tabla 3).

**Distribución:** El Bajón de Zúniga, La Puntita.

**Ecología:** Los individuos se encontraron en pedreros con profundidad entre 8 y 12 m, adheridas a rocas de gran tamaño, casi siempre compartiendo espacio con octocorales.

Tabla 3. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) del esqueleto en *Aplysina chiriquiensis* Díaz et al. 2005 (rango, promedio  $\pm$  desviación estándar, n= número de mediciones).

Espécimen	Diámetro de fibra (n=30)	Corteza (% del diámetro en la fibra) (n=30)	Médula (% del diámetro en la fibra) (n=30)
67	70-170 119.5 $\pm$ 28.9	61.5-93.3 79.9 $\pm$ 8.7	10-38.5 21.6 $\pm$ 7.9
81	80-160 124.2 $\pm$ 25	66-93 80.9 $\pm$ 8.8	12.5-38.4 21 $\pm$ 8.3

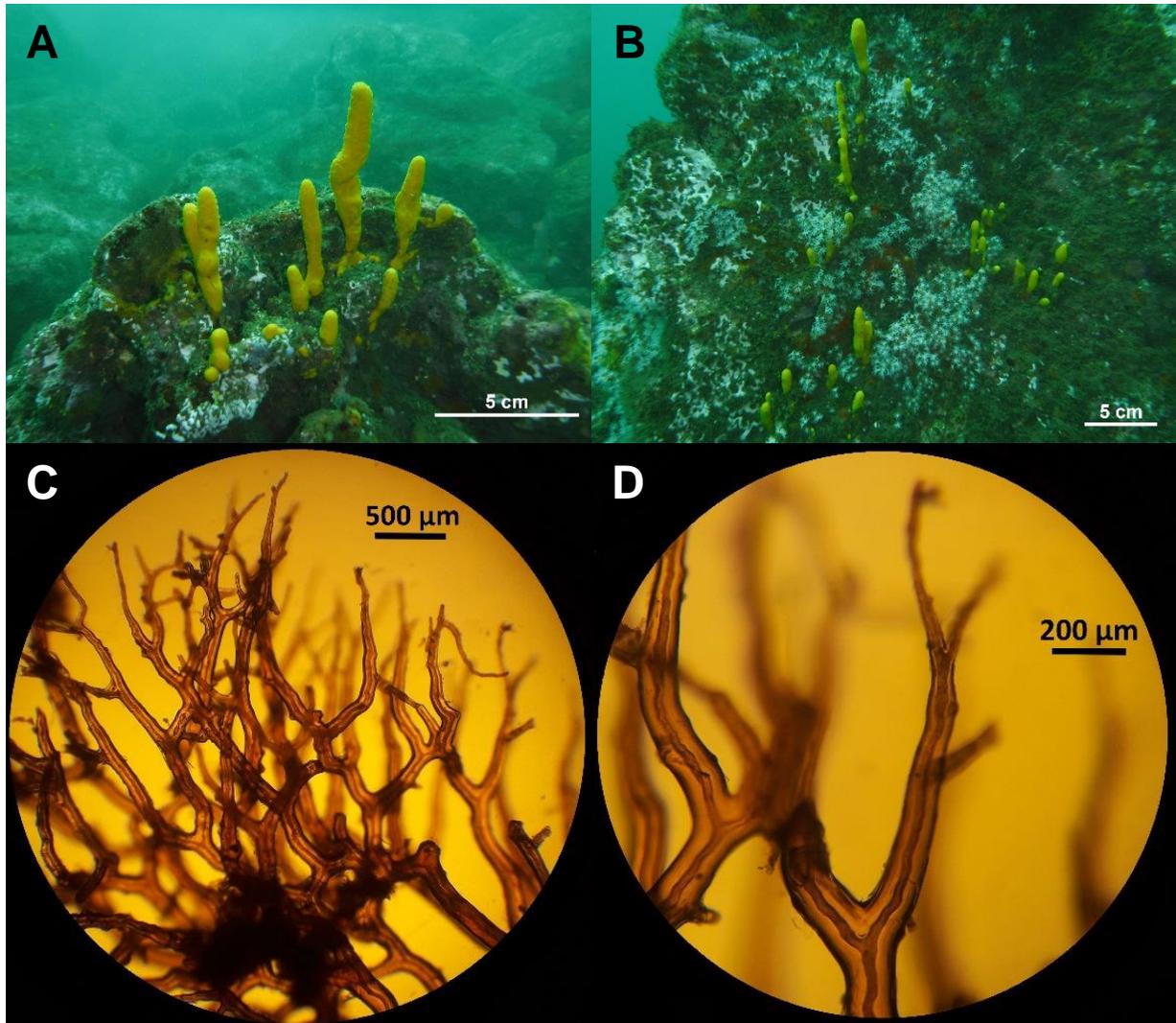


Figura 14. *Aplysina chiriquiensis* Díaz et al. 2005. A, B. Ejemplares *in situ*. C. Malla reticulada de fibras con terminación dicotómica. D. Detalle de fibra dendrítica color ámbar.

**Subclase Heteroscleromorpha Cárdenas, Pérez y Boury-Snault 2012**

**Orden Haposclerida Topsent 1928**

**Familia Callyspongiidae De Laubenfels 1936**

**Género *Callyspongia* Duchassaing y Michelloti 1864**

**Diagnosis:** Esponjas de morfología variada, pueden ser masivas, ramosas, lamelares, foliares, tubulares o lobuladas, de crecimiento rastrero o erecto. El esqueleto del ectosoma es una red tangencial formada por fibras secundarias y algunas veces

terciarias. El esqueleto del coanosoma es una red bien desarrollada de fibras longitudinales primarias, fasciculadas o no, vainas de espongina siempre están presentes (Desqueyroux-Faúndez y Valentine 2002).

**Distribución:** Cosmopolita (Desqueyroux-Faúndez y Valentine 2002).

### ***Callyspongia californica* Dickinson 1945**

*Callyspongia californica* Dickinson 1945

*Callyspongia californica* Sim y Bakus 1986

**Material examinado:** 13, 18, 19, 21, 25, 30, 51, 56, 68, 75, 78, 80, 87.

**Descripción:** Esponja delgada acolchonada o lobulada, el color en vida varía entre morado lila, naranja pálido, café claro y blanco. La especie posee ósculos pequeños como elevaciones en forma de volcán o pequeñas proyecciones tubulares, los ósculos son circulares y miden entre 1.5 a 4.5 mm. La superficie es pareja y suave. Presenta consistencia comprimible, elástica y resistente, regresa rápidamente a su forma original luego de ser comprimida. El esqueleto del ectosoma está formado por una red tangencial reticulada de fibras primarias y secundarias, las cuales crean redes triangulares o poligonales. El esqueleto del coanosoma está formado por una reticulación cuadrada de fibras primarias. Las espículas presentes son de tipo oxas pequeñas y ligeramente curvas en el centro (75 x 3.7  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 15, Tabla 4).

**Distribución:** Playa El Faro, Decameron, La Naviera, El Bajón de Zúniga, El Bajón de Zúniga II, El Candado.

**Ecología:** *Callyspongia californica* se encuentra viviendo sobre rocas y algas calcáreas, fue muy común encontrarla en lugares poco o nada expuestos a la sinergia del oleaje y habita en sitios con profundidades de 0 a 16 m.

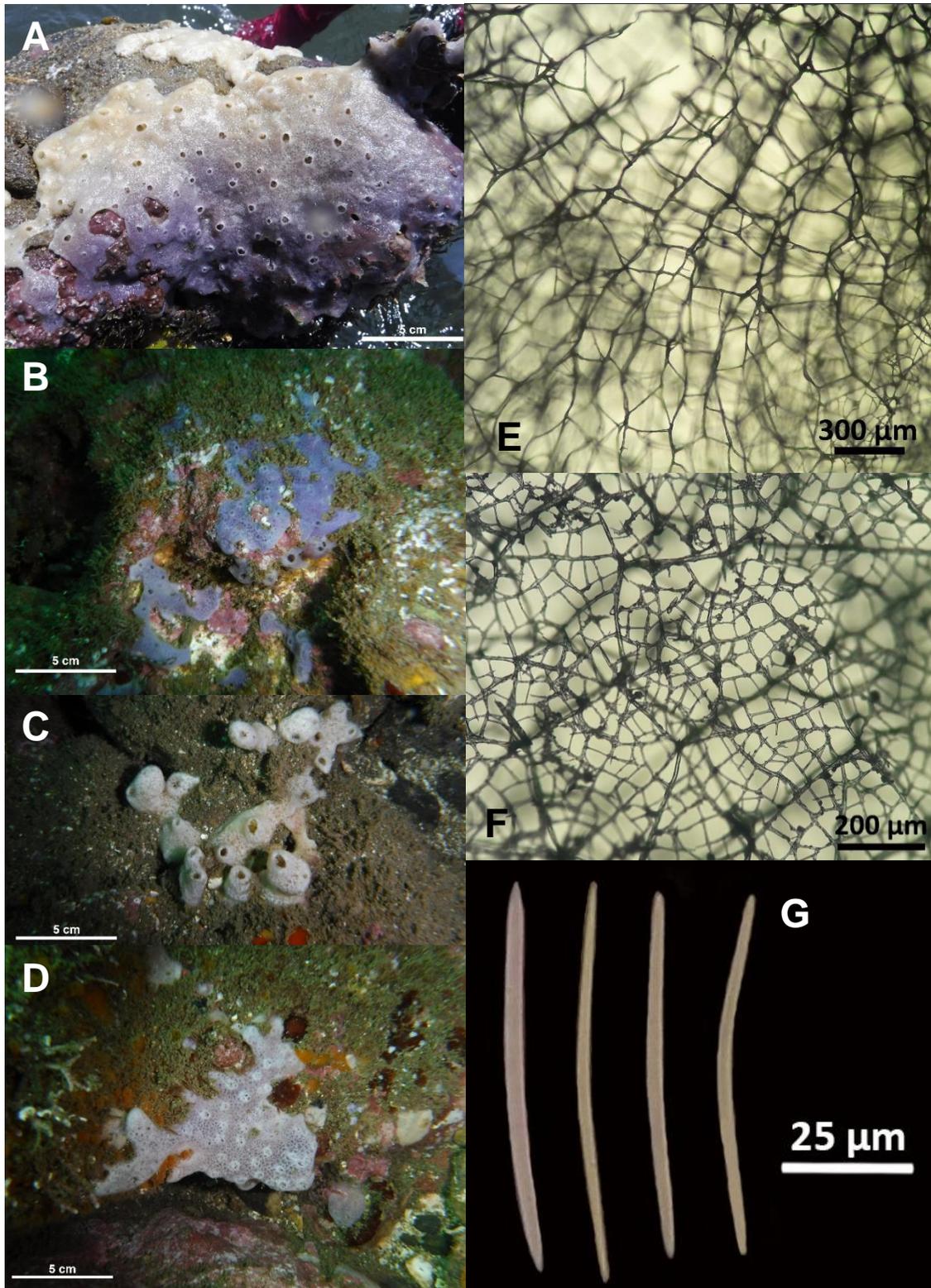


Figura 15. *Callyspongia californica* Dickinson 1945. A, B, C, D. Ejemplares *in situ*. E. Corte transversal del coanosoma con esqueleto reticulado. F. Estructura del ectosoma. G. Oxas.

Tabla 4. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Callyspongia californica* Dickinson 1945 (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Espécimen	Oxas		Localidad
	Largo x Ancho (n=30)		
13	64.1 (74)	85.3 x 1.6 (4.5) 6.5	El Faro
19	63.7 (76.2)	85 x 2.4 (4) 6.8	Decameron
21	62.5 (73.4)	83.8 x 3 (4.5) 5.8	Decameron
25	65.1 (75.7)	86.7 x 3.2 (5.2) 4.3	Decameron
30	70 (78.2)	86 x 2.7 (4) 5.5	Decameron
51	57.5 (70.2)	85.2 x 1.6 (2.8) 4.3	La Naviera
56	63 (72.5)	84.9 x 1.1 (2.6) 3.7	La Naviera
68	68.3 (76.4)	90 x 2 (3.4) 4.4	El Bajón de Zúniga
75	63.7 (72.1)	81.5 x 2 (3.4) 4.6	El Bajón de Zúniga II
78	67.1 (78.6)	95.6 x 1.6 (2.6) 3.9	El Bajón de Zúniga II
80	63.9 (75.9)	86.8 x 3 (4) 5.2	El Bajón de Zúniga II
87	69 (77.4)	87.7 x 2.5 (3.8) 5.3	El Candado

### Familia Chalinidae Gray 1867

#### Género *Haliclona* Grant 1836

**Diagnosis:** Esponja acolchonada, frecuente montículos osculares o chimeneas, puede ser también ramificada, tubular y rara vez se la encuentra siendo incrustante. Se presenta en gran variedad de colores que van desde morado, violeta, rosado, café, amarillo, verde, azul, negro, blanco, rojo o naranja. Algunas especies muestran combinación de colores, siendo el ectosoma blanco y el coanosoma más oscuro como morado o café. Su consistencia varía entre suave, frágil, firme, elástica, quebradiza o como corcho. La superficie es suave y pareja. Los ósculos usualmente son circulares (De Weerd 2002).

**Distribución:** México y Panamá (Pacífico), Jamaica (Cruz-Barraza y Carballo 2008).

## ***Haliclona caerulea* Hechtel 1965**

*Sigmatocia caerulea* Hechtel 1965

*Sigmatocia coerulea* van Soest 1980; Green y Gómez 1996

*Sigmatocia caerulea* Zea 1987

*Reniera coerulescens* De Laubenfels 1936

*Haliclona caerulea* Wulff 1996

**Material examinado:** 36, 37, 48, 57.

**Descripción:** Esponja que vive en asociación con el alga calcárea *Jania adherens*, es de forma masiva y presenta montículos que se asemejan a pequeños volcanes, los ósculos son circulares y en su mayoría ovalados 2-6 mm de diámetro. La superficie es áspera, poco compresible y quebradiza. El esqueleto ectosómico es regular, tangencial, uniespicular formado de oxas que se unen en cada punta por espongina. El coanosoma es más difícil de diferenciar debido a las ramificaciones del área calcárea, pero se distingue una red reticulada de líneas de espículas. Posee como macroescleras a oxas robustas, con una ligera curva al medio y puntas afiladas (168.5 x 6.7  $\mu\text{m}$ ), las microescleras presentes son sigmas en forma de C (20.4  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 16, Tabla 5).

**Distribución:** Las Parguetas, Punta de Monte, La Naviera.

**Ecología:** Habita principalmente sobre rocas que se encuentran poco o muy expuestas a la sinergia del oleaje y a la luz solar, también habita sobre algas calcáreas. Fue encontrada únicamente en el rango de profundidad de 12 a 16 m.

Tabla 5. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Haliclona caerulea* Hechtel 1965 (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

<b>Espécimen</b>	<b>Oxas Largo x Ancho (n=30)</b>	<b>Sigmas Largo (n=30)</b>	<b>Localidad</b>
36	141.3 (178.8) 205.7 x 2.4 (7.6) 10	17.3 (22.6) 27.9	Las Parguetas
37	167.3 (185.4) 207.9 x 4.9 (7.7) 10.7	23 (18.3) 28.8	Las Parguetas
48	128.2 (153.5) 177 x 2.2 (5.4) 9.3	18.5 (21.2) 26.7	Punta de Monte
57	128.4 (156.3) 181.9 x 4.6 (6.2) 8.7	18.7 (21.5) 24.2	La Naviera

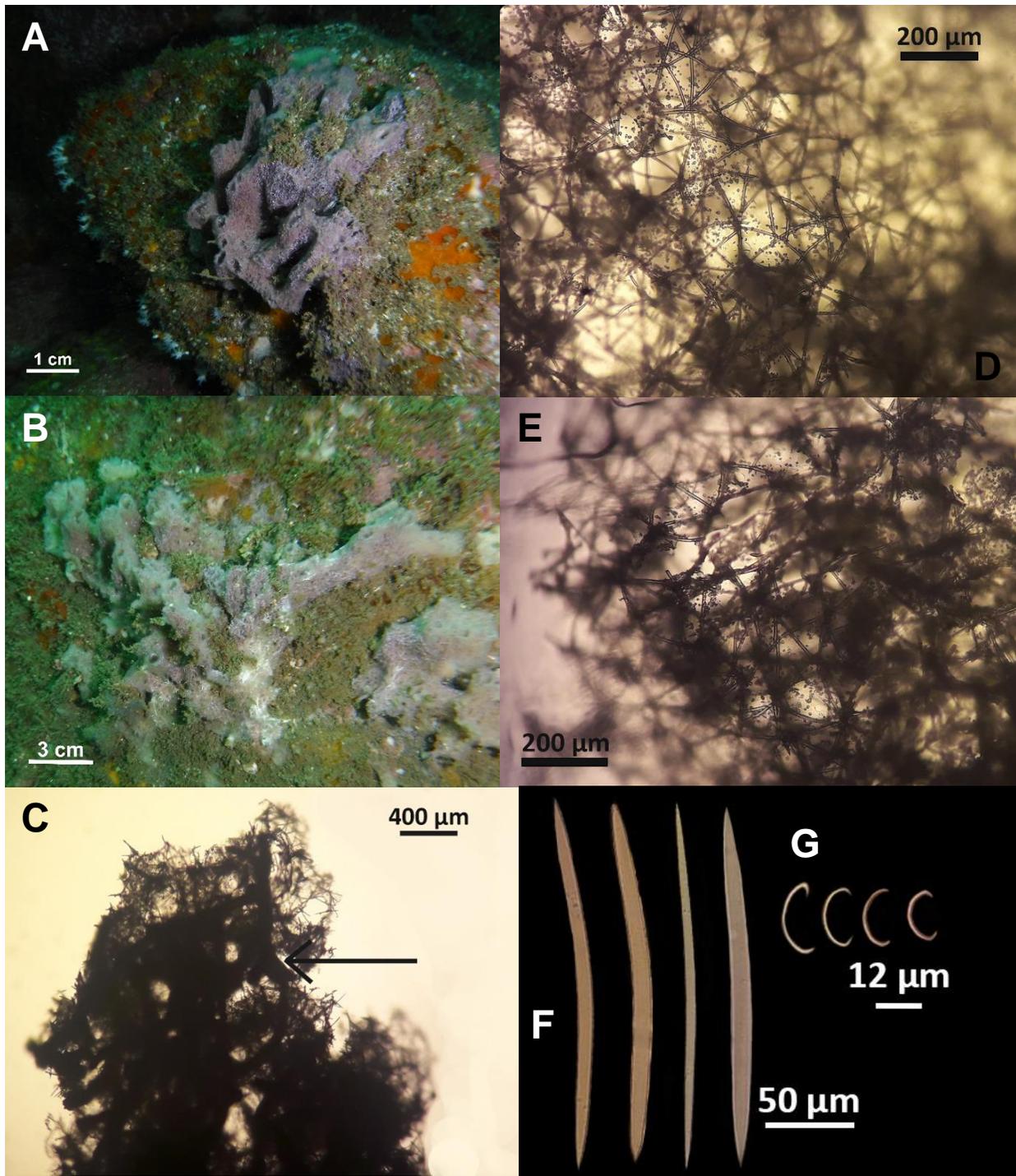


Figura 16. *Haliclona caerulea* Hechtel 1965. A, B. Ejemplares *in situ*. C. Ramificaciones del alga calcárea *J. adherens* en asociación con el esqueleto coanosómico. D. Esqueleto reticulado del ectosoma. E. Estructura del esqueleto coanosómico. F. Oxas. G. Sigmas.

### ***Haliclona sp1.***

**Material examinado:** 11, 14, 20, 26, 29, 33, 42.

**Descripción:** Esponja masiva con elevaciones tomando forma de pequeños volcanes, su consistencia es compresible pero no elástica. Dentro de sus ósculos puede albergar muchos granos de arena. En vida puede ser color morado claro, celeste, verde, gris o blanco; al ser preservada en alcohol se vuelve color beige. Posee esqueleto ectosómico tangencial uniespicular formado por oxas que se unen en cada punta por espongina, bajo esta capa de espículas se identifican trazos multiespiculares entre tres y diez espículas. El coanosoma es reticulado y uniespicular formando mallas triangulares y cuadrangulares. Las espículas presentes son de tipo oxa, las cuales son robustas y con puntas agudas que miden entre 76 – 126  $\mu\text{m}$  (Fig. 17, Tabla 8).

**Distribución:** El Faro, Decameron, El Zope.

**Ecología:** Las esponjas fueron colectadas en sitios con 0-4 m de profundidad, estos sitios se caracterizan por presentar alta sedimentación. Los individuos se encontraron sobre rocas y alga calcárea, muchas veces en pequeñas cuevas formadas por rocas o muy cerca de la arena.

Tabla 6. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Haliclona sp1.* (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

<b>Espécimen</b>	<b>Oxas Largo x Ancho (n=30)</b>	<b>Localidad</b>
11	87.4 (99.2) 111.1 x 3.4 (6.3) 7.7	El Faro
14	80.9 (103.9) 117.6 x 2.2 (5.5) 7.1	El Faro
20	82.5 (100.9) 122.7 x 4.9 (6) 7.8	Decameron
26	76 (95.7) 109.9 x 3.1 (4.7) 6.3	Decameron
29	91 (105.1) 126.6 x 1.9 (5.2) 6.9	Decameron
33	96.6 (106) 121.3 x 4.8 (5.9) 7.5	Decameron
42	85.4 (103.5) 118.3 x 2 (5.6) 7.9	El Zope

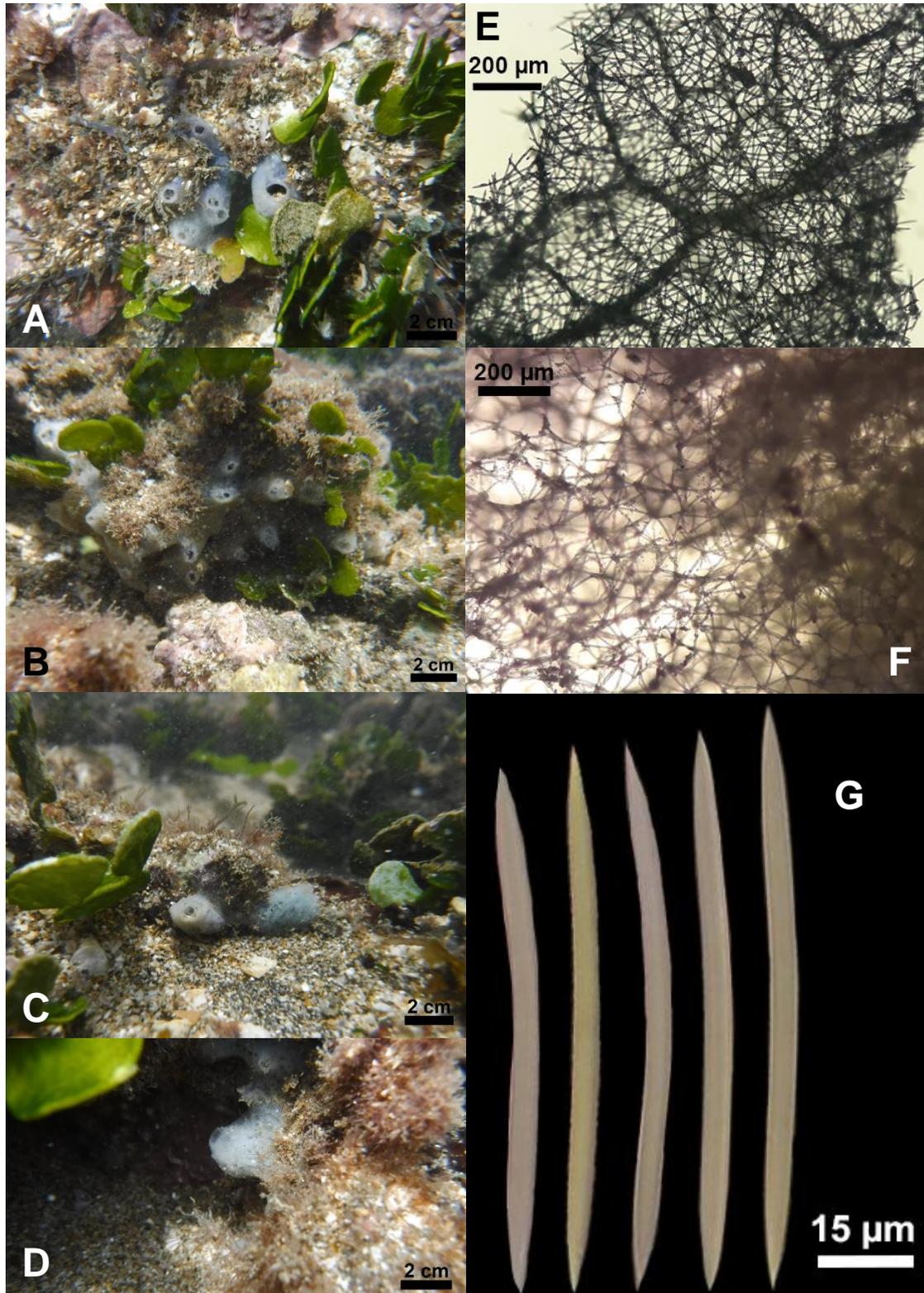


Figura 17. *Haliclona sp1*. A, B, C, D. Ejemplares *in situ*. E. Ectosoma con fibras secundarias multiespiculares. F. Coanosoma reticulado. G. Oxas

## ***Haliclona sp2.***

**Material examinado:** 44, 55, 58, 73, 82, 86, 94.

**Descripción:** Esponja masiva con crecimiento vertical de hasta 5 cm desde el sustrato. De consistencia áspera al tacto y quebradiza. En vida presenta variedad de tonos morados, café y gris, al ser conservada en alcohol se vuelve color crema (Fig. 18). El ectosoma está compuesto por una red triangular de oxas individuales que se unen en cada punta por espongina. El coanosoma está formado por una red triangular, cuadrangular o poligonal de oxas individuales que miden entre 117.2 – 187.7  $\mu\text{m}$  (Tabla 7). Las oxas son robustas con puntas agudas, pueden ser rectas o ligeramente curvas en la parte media (Fig. 19).

**Distribución:** Punta de Monte, La Naviera, El Bajón de Zúniga II, La Puntita, El Candado.

**Ecología:** La especie se encontró en sitios con 4 a 16 m de profundidad, habitando en su mayoría sobre rocas y en algunos casos algas calcáreas, es resistente a la alta sedimentación ya que en varias ocasiones se encontró cubierta por arena. Fue común observar al opistobranquio *Doriprismatica sedna* sobre esta especie.

Tabla 7. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Haliclona sp2.* (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

<b>Espécimen</b>	<b>Oxas Largo x Ancho (n=30)</b>	<b>Localidad</b>
44	127.2 (153.7) 185.8 x 2.6 (6.9) 8.8	Punta de Monte
55	121.8 (155.4) 174.6 x 4.2 (7) 9.1	La Naviera
58	117.2 (149.2) 179.6 x 3.2 (6.5) 9.7	La Naviera
73	147.6 (167.8) 187.7 x 4.4 (6.2) 7.5	El Bajón de Zúniga II
82	132.7 (150.8) 173.9 x 2.3 (6.9) 8.9	La Puntita
86	118 (147.4) 171.3 x 4 (7.7) 9.7	La Puntita
94	138 (158.5) 180.7 x 2.6 (7.4) 9.7	El Candado

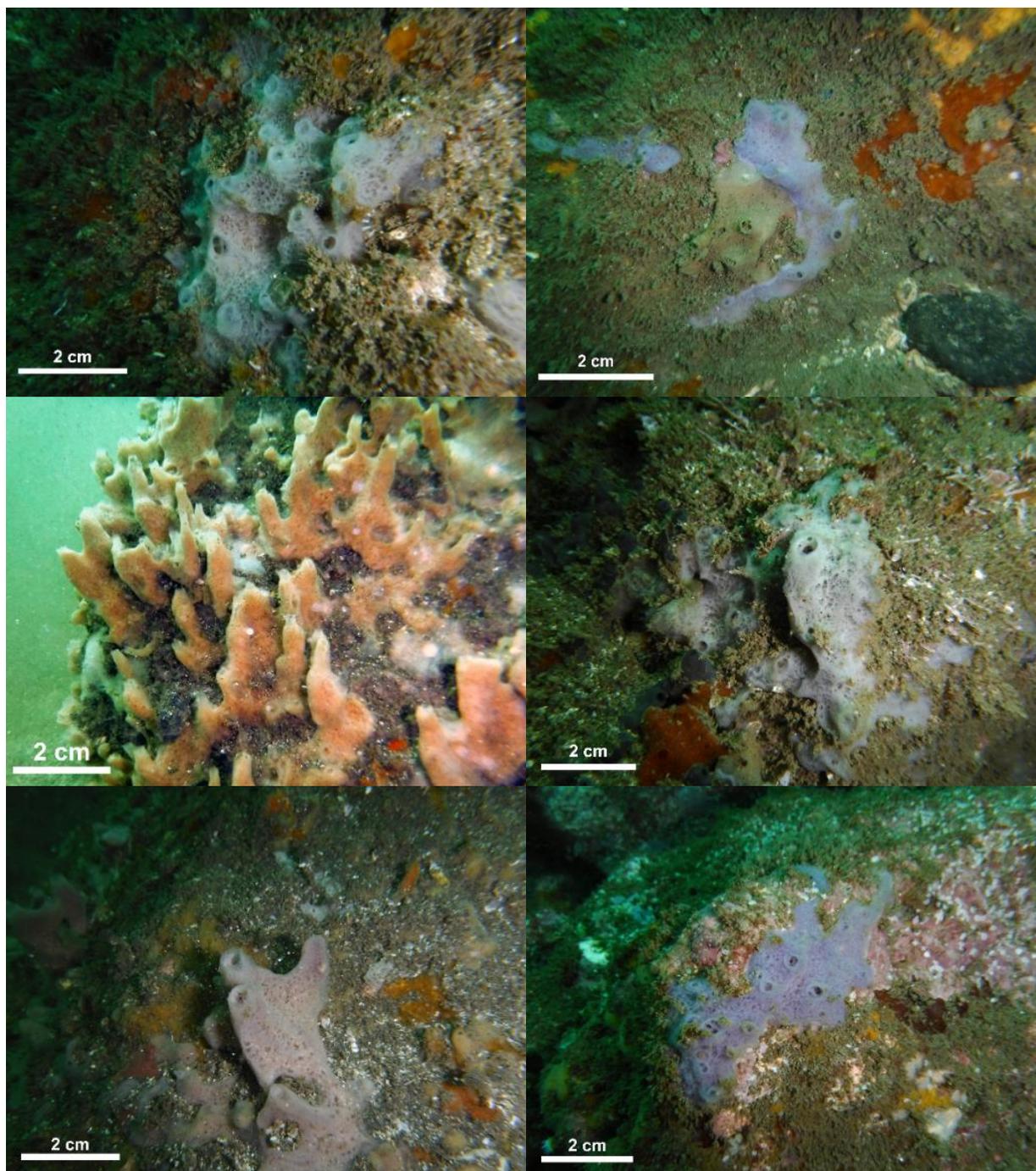


Figura 18. *Haliclona* sp2.

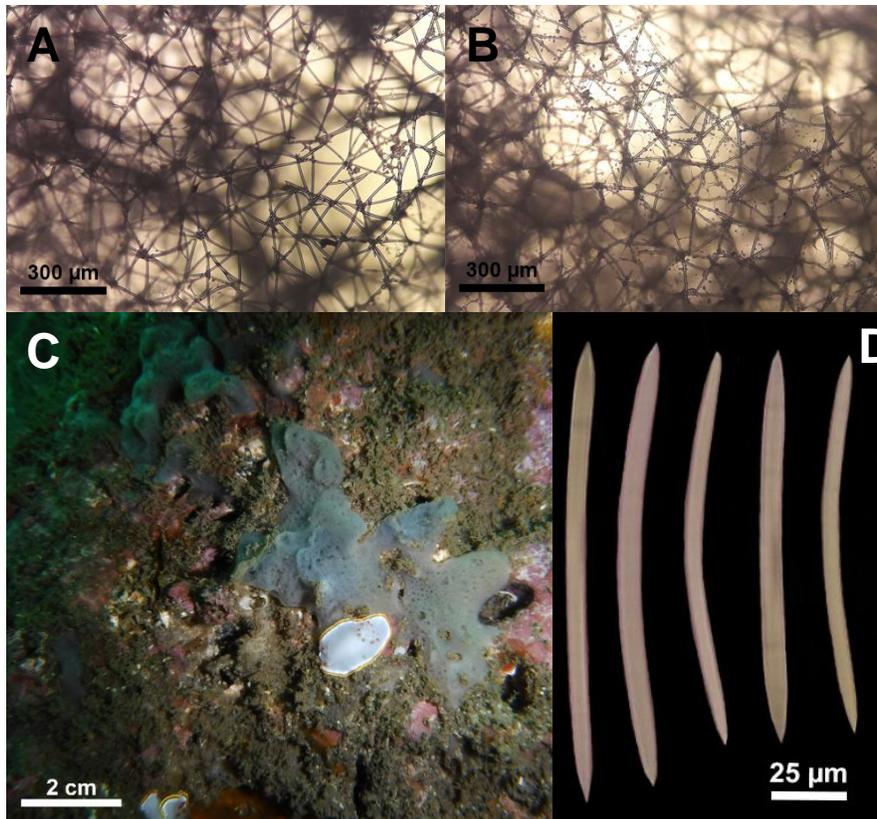


Figura 19. Detalles del esqueleto en *Haliclona sp2*. A. Malla triangular en el ectosoma. B. Maya triangular del coanosoma. C. Opistobranquio *Doriprismatica sedna* sobre *Haliclona sp2*. D. Oxas

**Orden Axinellida Lévi 1953**  
**Familia Axinellidae Carter 1875**

**Género *Axinella* Schmidt 1862**

**Diagnosis:** Esponja ramificada, arbustiva o lamelar. La superficie es generalmente suave con espículas provenientes del coanosoma que se proyectan hacia la superficie; el ectosoma carece de esqueleto especializado. El coanosoma posee esqueleto diferenciado axial y extra axial. Presenta como megascleras oxas y/o estilos; las microscleras si están presentes pueden ser microrafidios y rafidios (Álvarez y Hooper 2002).

**Distribución:** Cosmopolita con abundantes registros en Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Noreste y Oeste central de la región atlántica, Australia, Indo pacífico, Sur del mar de China y el Mediterráneo.

## ***Axinella nayaritensis* Carballo, Bautista-Guerreo y Cruz-Barraza 2018**

**Material examinado:** 70, 71, 90.

**Descripción:** Esponja erecta y con ramificaciones cilíndricas, de superficie corrugada y muy difícil de romper. El tamaño de la esponja varía entre 15 – 20 cm de alto por 16 – 20 cm de ancho. Las ramas tienen diámetro de 0.4 – 1.2 cm y en esponjas jóvenes se puede observar una simple bifurcación. Presenta pequeños ósculos ligeramente elevados. El color en vida es naranja y se torna café al ser preservada en alcohol. Las espículas presentes son oxas (260 – 501  $\mu\text{m}$ ) y estilos (254 – 440  $\mu\text{m}$ ) (Tabla 8). El esqueleto se distingue por poseer un centro axial condensado que se expande hacia la superficie, muchos estilos sobrepasan la superficie de la esponja formando grupos de espículas que asemejan cepillos (Fig. 20).

**Distribución:** El Bajón de Zúniga, El Candado, La Peñona y La Puntita.

**Ecología:** Especie que habita únicamente sobre sustrato arenoso, por lo general crece en sitios donde encuentra resguardo por parte de grandes rocas y es colonizada por gran cantidad de estrellas frágiles *Ophiotela mirabilis* y *Ophiotrix sp.* Se recolectó en sitios con 4 a 12 m de profundidad.

Tabla 8. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Axinella nayaritensis* Carballo et al. 2018. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Especimen	Oxas		Estilos		Localidad
	Largo x Ancho (n=30)		Largo x Ancho (n=30)		
70	260 (345.7)	490 x 5 (13) 20	275 (333.2)	435 x 10 (13.6) 17.5	El Bajón de Zúniga
71	270 (347.8)	501 x 6 (12.7) 19.7	260 (324.2)	440 x 11 (14.1) 20	El Bajón de Zúniga
90	300 (341.6)	495 x 8 (13.4) 19	254 (328.5)	439 x 10.7 (13.9) 20.3	El Candado

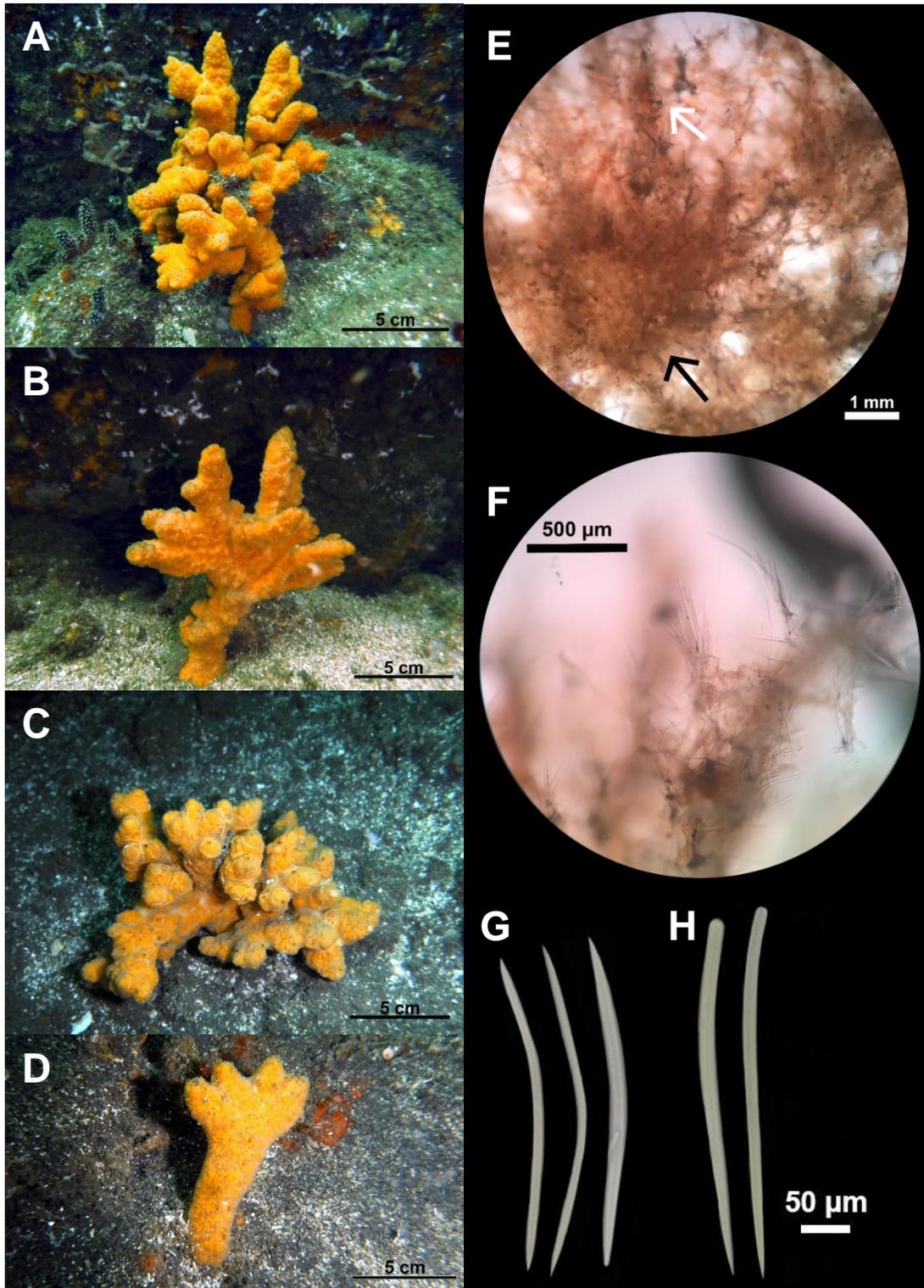


Figura 20. *Axinella nayaritensis* Carballo et al 2018. A, B, C. Ejemplares *in situ*. D. Espécimen juvenil. E. Corte transversal del esqueleto donde se distingue el centro axial denso (flecha negra) que se expande hacia la superficie en ramas extra axiales menos denso (flecha negra) que se expande hacia la superficie en ramas extra axiales menos densas (flecha blanca). F. Esqueleto extra axial de la superficie de la esponja formando penachos de espículas. G. Oxas. H. Estilos

## **Familia Raspailiidae Nardo 1833**

### **Género *Raspailia* Nardo 1833**

**Diagnosis:** Esponjas ramificadas, lobulares o de crecimiento masivo, con ramas cilíndricas. La superficie puede ser pareja o rugosa, comúnmente hispida. El coanosoma siempre con fibras y espículas en distintos trazos: el esqueleto axial típicamente comprimido con fibras reticuladas formadas por estilos, pero el nivel de compresión varía entre especies. El esqueleto extra axial típicamente plumo reticulado, con trazos de espículas extra axiales ubicados perpendiculares al esqueleto axial, formado por estilos u oxas grandes que ascienden y sobrepasan la superficie de la esponja formando penachos (Hooper 2002). Estas esponjas se caracterizan por tener ectosoma especializado que consiste en pequeños y delgados estilos, oxas o anisoxas (Aguilar-Camacho y Carballo 2013).

**Distribución:** Mundial, principalmente en aguas someras (Hooper 2002).

### ***Raspailia hyle* De Laubenfels 1930**

*Hemectyon hyle* De Laubenfels 1930, 1932; Dickinson 1945; Bakus y Green 1987; Green y Bakus 1994

*Aulospongus hyle* Desqueyroux-Faúndez y van Soest 1997

*Raspailia (Raspaxilla) hyle* Hooper et al. 1999

*Endectyon (Endectyon) hyle* Lee et al 2007

**Material examinado:** 89.

**Descripción:** Esponja ramificada de 3 cm de ancho y 5 cm de alto. Cada rama de la esponja presenta dos lóbulos redondeados, cada uno con 0.5 cm de diámetro. La superficie es irregular, no se observan ósculos. De consistencia dura y difícil de romper. El color en vida es naranja brillante con mucho sedimento sobre ella, al ser preservada en alcohol se vuelve color crema. El ectosoma está formado por una capa de estilos rectos, largos y delgados (200–250 x 1-2  $\mu$ m). Hay un sub ectosoma extra axial constituido por estilos que sacan sus puntas hacia la superficie. El coanosoma es un esqueleto axial comprimido formado por fibras multiespiculares primarias

interconectadas por fibras secundarias de dos o más espículas, donde se encuentran estilos y acantoestilos. La especie presenta únicamente megascleras, estilos en dos categorías, los del ectosoma que son rectos y muy delgados, mientras los del sub ectosoma y coanosoma son robustos, con punta aguda y pueden presentar curvatura en la región media o en el tercio más próximo a la cabeza, los acantoestilos son robustos con espinas prominentes que están presentes desde la región media hasta la punta de la espícula (Fig. 21, Tabla 9).

**Distribución:** El Candado, El Arco.

**Ecología:** La especie fue colectada únicamente en sitios con rango de profundidad de 4 a 8 m y sobre sustrato arenoso.

Tabla 9. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Raspailia hyle* De Laubenfels 1930. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

<b>Espécimen</b>	<b>Estilos Largo x Ancho (n=30)</b>	<b>Estilos Largo x Ancho (n=30)</b>	<b>Acantoestilos Largo x Ancho (n=30)</b>	<b>Localidad</b>
89	200 (248.7) 250 x 1 (1.5) 2	235.3 (312.5) 369.6 x 4.5 (7.9) 12.7	157.2 (198.5) 232.7 x 8.8 (10.8) 13	El Candado

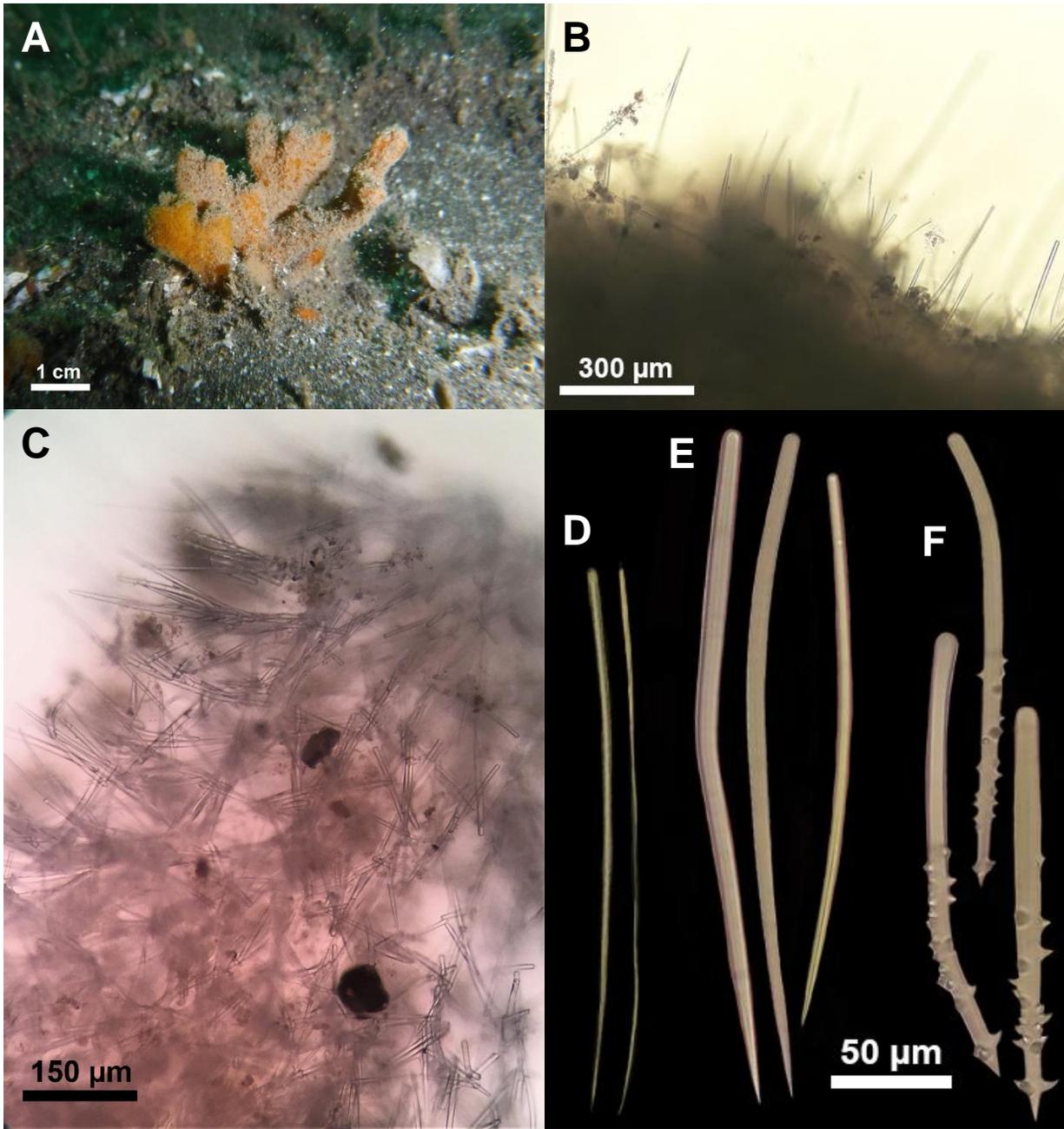


Figura 21. *Raspailia hyle* De Laubenfels 1930. A. Ejemplar *in situ*. B. Vista transversal del ectosoma, formando penachos de estilos. C. Coanosoma axial formado por estilos y acantostilos. D. Estilos en el ectosoma. E. Estilos en el coanosoma. F. Acantostilos.

## Familia Stelligeridae Lendenfeld 1898

### Género *Higginsia* Higgin 1877

**Diagnosis:** Forma de crecimiento erecta, lamelar, masiva o lobular; de superficie coanulosa, papilosa, muchas veces cubierta de limo o membranosa. En el coanosoma predomina un elaborado sistema formado por grupos de megascleras. Las fibras de espongina están pobremente desarrolladas, pero en el mesohilo se encuentran grandes cantidades de colágeno, usualmente con muchas megascleras y microscleras esparcidas en trazos del esqueleto principal. Todos los trazos del esqueleto están compuestos de oxas y/o estilos robustos. El ectosoma se caracteriza por un saliente esqueleto extra axial compuesto por oxas o estilos más largos formado peines esparcidos o capas tangenciales en la superficie (Hooper 2002).

**Distribución:** Mundial, pero más común en la zona tropical y templada del Océano Indo Pacífico, Chile y Golfo de California (Hooper 2002, Gómez et al 2002).

### *Higginsia* sp.

**Material examinado:** 63.

**Descripción:** Esponja masiva con tamaño reducido (2 x 1 cm). En vida es color naranja y al preservarse en alcohol se torna color amarillo pálido. La superficie es hispida al tacto y posee mucho sedimento. El ectosoma está formado por oxas muy largas y delgadas que en algunas regiones sobresalen de la superficie de la esponja formando grupos de espículas que parecen peines, luego se forma una capa de oxas micro espinadas de menor tamaño que se encuentran esparcidas sin ningún tipo de organización. En el coanosoma se encuentran trazos compuestos por oxas, cada trazo puede tener entre 5 y 20 oxas. Las megascleras son oxas que varían dependiendo de la región en la que se encuentran, las de ectosoma están las más largas y delgadas (280.4 – 692.6 x 2 – 7.6  $\mu$ m), en el coanosoma se observan oxas largas y robustas con puntas bien formadas (51.4 -158.2 x 3.2 – 7.4  $\mu$ m). Como microscleras están presentes oxas micro espinadas

de menor tamaño (51.4 – 158.2 x 3.2 – 7.4  $\mu\text{m}$ ) que pueden ser rectas o curvas en la zona media (Fig. 22, Tabla 10).

**Distribución:** El Bajón de Zúniga.

**Ecología:** La especie se recolectó únicamente en un sitio con rango de profundidad de 8 a 12 m, se encontró sobre sustrato rocoso.

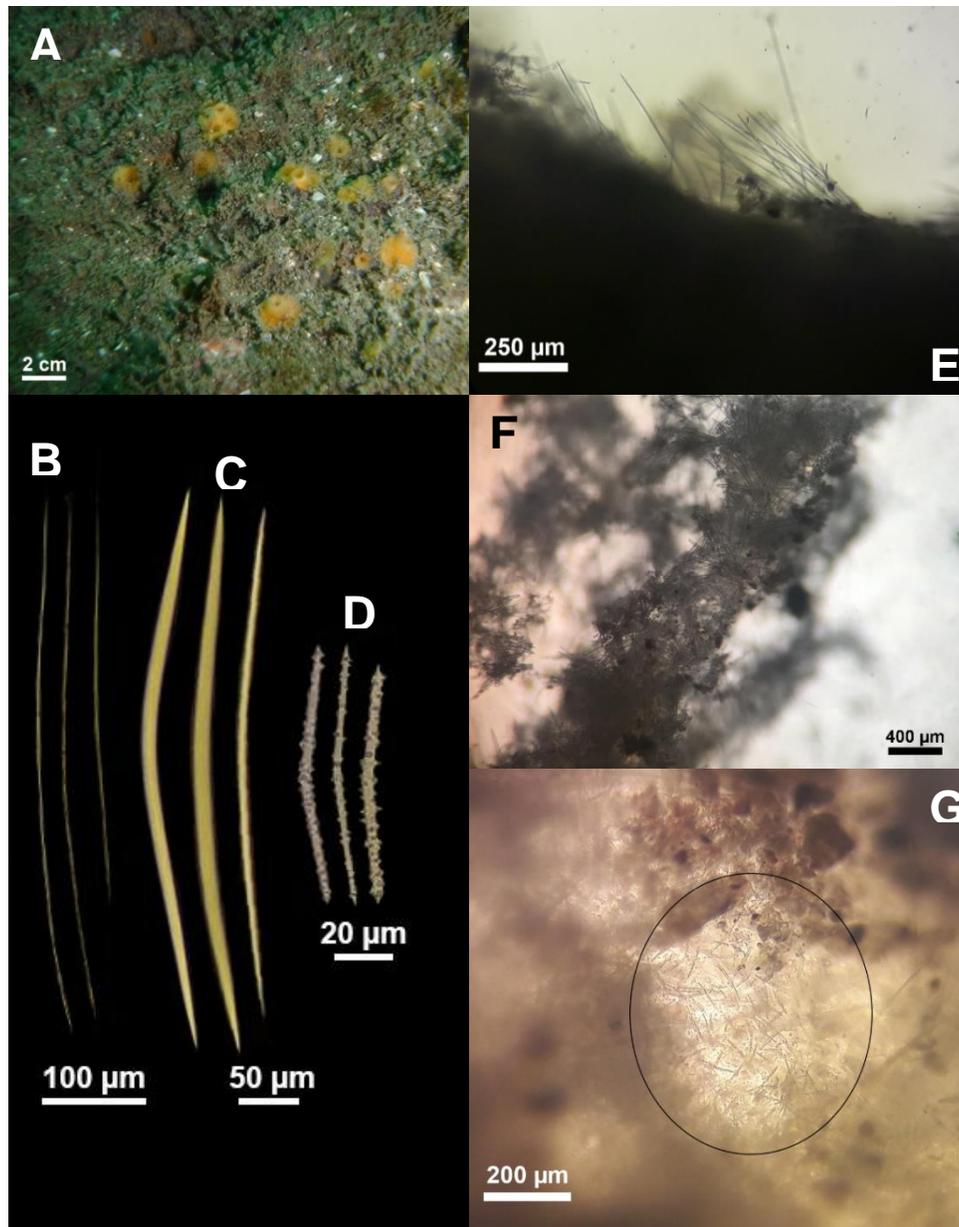


Figura 22. *Higginsia* sp. A. Ejemplar *in situ*. B. Oxa en el ectosoma. C. Oxa en el coanosoma. D. Oxa micro espinada. E. Oxas sobresaliendo en el ectosoma. F. Trazo de oxas en el coanosoma. G. Oxas microespinadas esparcidas en el ectosoma.

Tabla 10. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Higginsia sp.* (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Especimen	Estilos		Oxas		Oxas microespinadas		Localidad
	Largo x Ancho (n=30)		Largo x Ancho (n=30)		Largo x Ancho (n=30)		
63	280.4 (512.5)	692.6 x 2 (4.6) 7.6	384.4 (442.6)	499.2 x 7.3 (11.4) 20.2	51.4 (90.6)	158.2 x 3.2 (4.7) 7.4	El Bajón de Zúniga

**Orden Tetractinellida Marshall 1876**  
**Suborden Spirophorina Bergquist y Hogg 1969**  
**Familia Tetillidae Sollas 1886**

**Género *Cinachyra* Sollas 1886**

**Diagnosis:** Esponjas globulares con superficie cubierta de numerosos porocalices. En especímenes adultos se desarrolla una base irregular casi tan ancha como la parte globular superior de la esponja, equivalente a un pie. Los porocalices son largos y profundos, en forma de matraz, rodeados por una franja de largas megascleras. En corte transversal se observa un prominente córtex reforzado por oxas corticales. El esqueleto de la parte globular es radial constituido por oxas que se originan en el núcleo central y se extienden hacia el exterior de la periferia donde se mezclan con protrienas. Las megascleras en el coanosoma son oxas largas, pequeñas oxas corticales, protrienas y anatrienas. Se encuentran sigmasfiras como microscleras (van Soest y Rützler 2002)

**Distribución:** Océano Índico, Patagonia, Antártica, Nueva Zelanda, Filipinas y sureste de Brasil (Rodríguez y Muricy 2007).

***Cinachyra sp.***

**Material examinado:** 53, 98.

**Descripción:** esponja globular semiesférica con hasta 5 cm de diámetro por 4 cm de alto. El color en vida es amarillo brillante y al ser preservada el alcohol se vuelve color amarillo pálido. Presenta porocalices circulares y ovoides que están rodeados por una

franja de espículas, éstos miden entre 20 a 40 mm. Al realizar un corte transversal se identifica fácilmente el córtex que se encuentra en la superficie y es una capa de color más claro que el resto de la esponja. La superficie es regular, hispida y con granos de arena adheridos a ella. El coanosoma contiene tramos de oxas, y anatrienas, prodienas y protrienas que se proyectan a través del córtex hacia la superficie de la esponja. Como megascleras contiene oxas pequeñas (90.6 – 157.3  $\mu\text{m}$ ), robustas y fusiformes, con una leve curvatura en la zona media. Las prodienas (642.5 – 986  $\mu\text{m}$ ) y protrienas (715.7 – 926.7  $\mu\text{m}$ ) son sumamente largas y delgadas. Las anatrienas son largas (2,598.4 – 3,337.1  $\mu\text{m}$ ) y robustas con crecimiento anormal en el clado. Como microscleras únicamente se encuentran sigmasfiras en forma de C o S (7.8 – 15.4  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 23, Tabla 11)

**Distribución:** La Naviera, El Candado, El Arco, La Peñona.

**Ecología:** La especie fue colectada en sitios de 4-8 m y 12-16 m de profundidad. Habita únicamente sobre rocas y fue muy común identificar mucho sedimento alrededor y sobre cada espécimen recolectado.

Tabla 11. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Cinachyra* sp. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Espécimen	Oxas Largo x Ancho (n=30)	Prodiena Largo (n=30)	Protriena Largo (n=30)	Anatriena Largo (n=30)	Sigmasfira Largo (n=30)	Localidad
53	90.6 (134.4) 157.3 x 2.2 (6.6) 8.8	660.6 (808.9) 986	721.3 (837.1) 917.6	2,613.5 (2,975) 3,337.1	8 (10.3) 15.2	La Naviera
98	105 (140.6) 153.8 x 2.5 (7.1) 8.3	642.5 (831) 975.2	715.7 (846.9) 926.7	2,598.4 (2,959.6) 3,187.1	7.8 (10.7) 15.4	El Arco

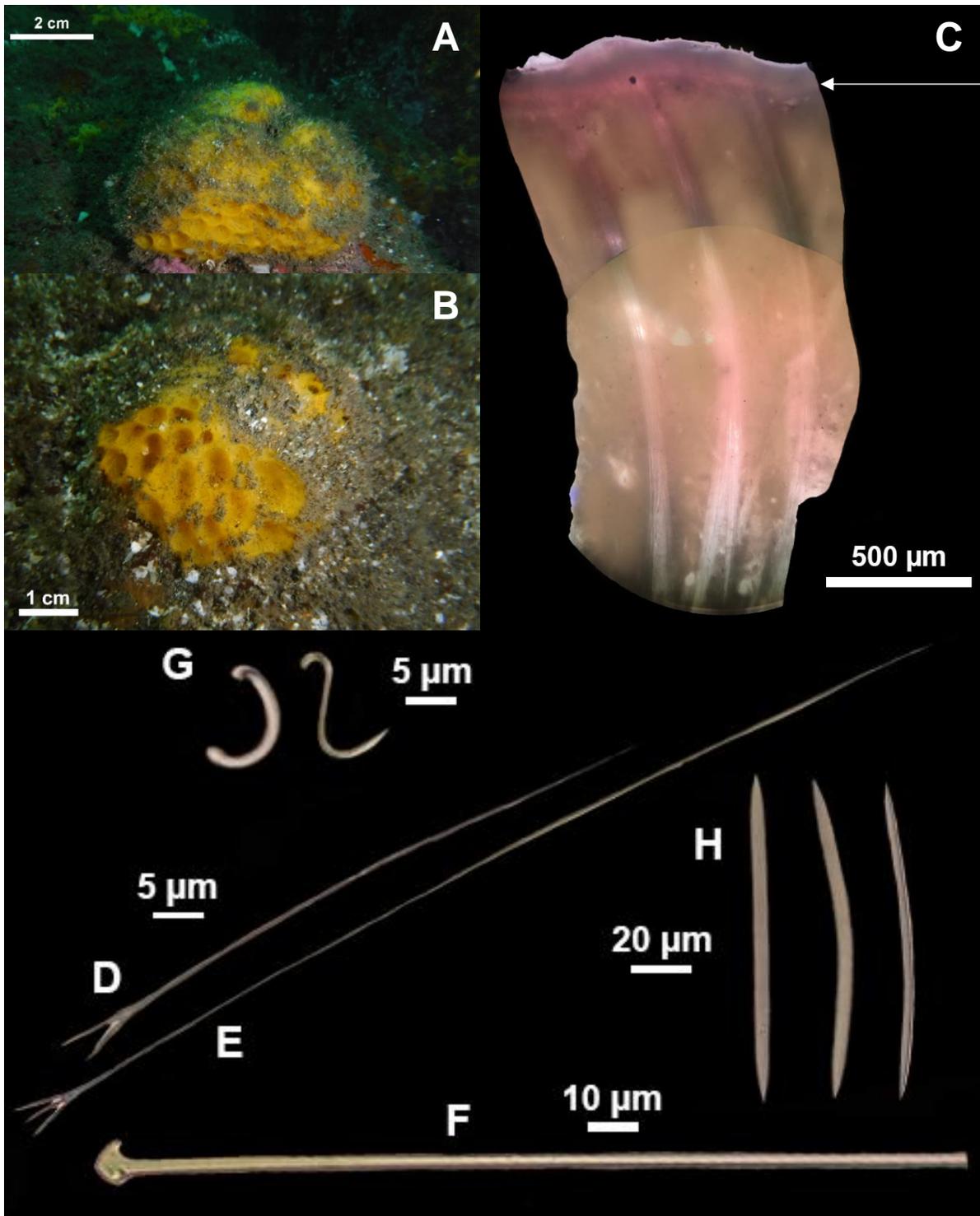


Figura 23. *Cinachyra* sp. A, B. Ejemplares *in situ*. C. Córtez (flecha blanca) en la superficie de la esponja. D. Prodiene. E. Protriene. F. Anatriene. G. Sigmas. H. Oxas.

**Orden Poecilosclerida Topsent 1928**  
**Familia Mycalidae Lundbeck 1905**

**Género *Mycale* Gray 1867**

**Diagnosis:** El género *Mycale* se caracteriza por su complejo grupo de características morfológicas, puede poseer hasta ocho categorías de microescleras, reconocidas por su forma, gran variedad de disposición esquelética y común presencia de categorías de tamaño entre espículas. Es uno de los géneros con mayor diversidad con casi 250 especies descritas en el mundo (Carballo y Cruz-Barraza 2000).

**Distribución:** Ampliamente distribuida en el Atlántico Norte, el Mediterráneo y el Pacífico Mexicano (Carballo y Cruz-Barraza 2000, van Soest y Hajdu 2002).

***Mycale (Carmia) cecilia* De Laubenfels 1936**

*Mycale cecilia* De Laubenfels 1936

*Mycale microsigmatosa* Green y Gómez 1986

*Mycale angulosa* Dickinson 1945

*Mycale cecilia* De Laubenfels 1950; Desqueyroux-Faúndez y Van Soest 1997; Cruz-Barraza y Carballo 2008

*Mycale maunakea* De Laubenfels 1951

**Material examinado:** 28, 76, 97, 100.

**Descripción:** Esponja acolchonada o incrustante de 3-7 mm de grueso. El color en vida es naranja intenso o rojiza, al ser preservada se vuelve café claro o beige. Las espículas presentes en categoría de megascleras son micalostilos, éstos son rectos y con punta muy pronunciada (264.8 x 5.4  $\mu\text{m}$ ), la cabeza es ligeramente ovalada (5.1  $\mu\text{m}$ ) (Tabla 12). Como microscleras se encuentran anisoquelas en una sola categoría (19.4  $\mu\text{m}$ ) y sigmas en forma de "C" (37.7  $\mu\text{m}$ ). En el esqueleto se observan micalostilos libres, mientras que en coanosoma existen bandas multiespiculares que ascienden hasta la superficie formando cepillos (Fig. 24).

**Distribución:** Decameron, El Bajón de Zúniga II, El Arco, La Peñona.

**Ecología:** Se encuentra habitando sitios con profundidad de 0 a 12 m. Es frecuente observarla sobre rocas y algas calcáreas que estén expuestas a la sinergia del oleaje u ocultas en pequeñas cuevas.

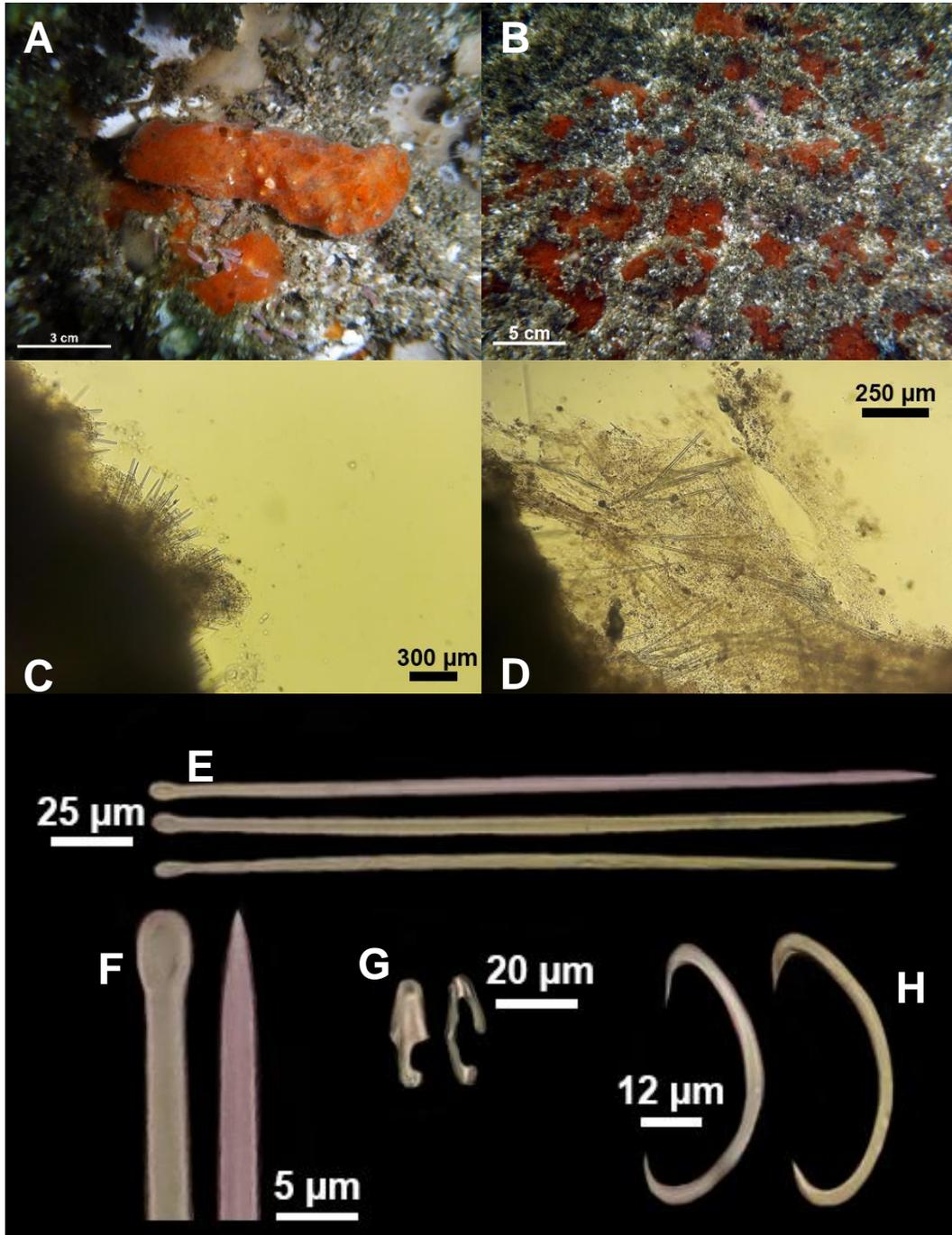


Figura 24. *Mycale (Carmia) cecilia* De Laubenfels 1936. A, B. Ejemplares *in situ*. C. Vista transversal del ectosoma. D. Vista transversal del coanosoma. E. Micalostilos. F. Detalle de cabeza y punta de micalostilo. G. Anisoquelas. H. Sigmas.

Tabla 12. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Mycale (Carmia) cecilia* De Laubenfels 1936 (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Espécimen	Myalostilo Largo x Ancho; Ancho de cabeza (n=30)	Sigma Largo (n=30)	Anisoquela Largo (n=30)	Localidad
28	226.3 (282.3) 325.6 x 3.8 (6) 8.2; 3.2 (5) 6.1	33.3 (38) 42.4	14.6 (19.5) 24.2	Decameron
76	245.2 (271) 296.1 x 4.2 (5.6) 6.7; 3.5 (4.9) 6.7	31.8 (38.1) 45.3	13.9 (19.4) 22.5	El Bajón de Zúniga II
97	226 (243.6) 260.3 x 2.1 (5.1) 7.3; 4 (5.5) 7.3	29.6 (36.3) 44.6	16.8 (19.3) 21.1	El Arco
100	217.4 (262.9) 301.1 x 2.5 (4.8) 7; 3.5 (5) 6.6	32.7 (38.5) 43.2	15.4 (19.7) 24.2	La Peñona

### ***Mycale (Zygomycale) ramulosa* Carballo y Cruz-Barraza 2010**

*Zygomycale parishii* Green y Gómez 1986

**Material examinado:** 45, 50, 69

**Descripción:** Esponja masiva con cobertura de 13 cm de largo x 16 de ancho, presenta lóbulos con 1-2 cm de altura y 1.3-1.9 cm de diámetro. En vida es de color pardo-naranja o pardo-morada. La superficie es irregular y suave, pero al ser observada al microscopio son notorios grupos de espículas que sobresalen de ella. La esponja es de consistencia comprimible y elástica. El esqueleto está formado por un ectosoma reticulado tangencial que contiene fibras compuestas por múltiples micalostilos. El coanosoma contiene trazos formados por micalostilos que surgen desde la base de la esponja y llegan a sobrepasar la superficie asimilando pequeños cepillos. Las espículas presentes son micalostilos, isoquelas, sigmas y anisoquelas en dos categorías de tamaño, toxas y rafidios (Fig. 25, Tabla 13).

**Distribución:** Punta de Monte, La Naviera, El Bajón de Zúniga, El Arco y La Peñona.

**Ecología:** Habita sitios con profundidades desde 4 a 16 m, usualmente se encuentra sobre rocas y algas calcáreas siempre expuestas a la sinergia del oleaje.

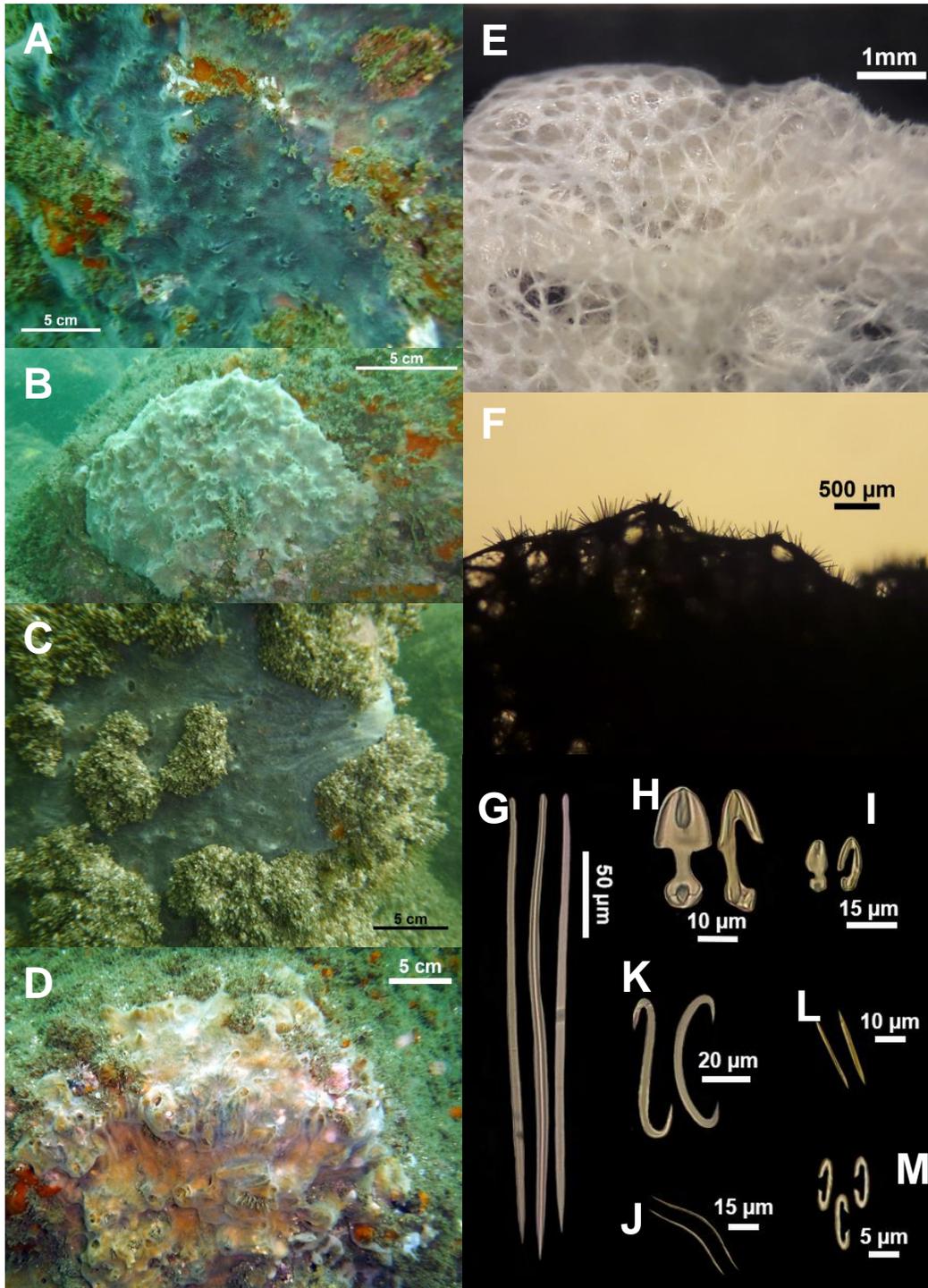


Figura 25. *Mycale (Zygomycale) ramulosa* Carballo y Cruz-Barraza 2010. A, B, C, D. Ejemplares *in situ*. E. Vista tangencial del ectosoma. F. Vista transversal del coanosoma. G. Micalostilos. H, I. Anisoqueelas. J. Rafidios. K. Sigmas. L. Toxas. M. Isoqueelas.

Tabla 13. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Mycale (Zygomycale) ramulosa* Carballo y Cruz-Barraza 2010 (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

<b>Espécimen</b>	<b>Micalostilo</b> <b>Largo x Ancho; Ancho</b> <b>de cabeza (n=30)</b>	<b>Toxa</b> <b>Largo</b> <b>(n=30)</b>	<b>Sigma</b> <b>Largo</b> <b>(n=30)</b>	<b>Anisoquela</b> <b>Largo</b> <b>(n=30)</b>	<b>Isoquela</b> <b>Largo</b> <b>(n=30)</b>	<b>Rafidio</b> <b>Largo</b> <b>(n=30)</b>	<b>Localidad</b>
45	217.1 (250.6) 275.3 x 3.5 (5.7) 8.5; 2.5 (4.6) 7.1	30.1 (43.7) 64.1	63.3 (71.1) 80.3	I: 33.9 (41.4) 47.7 II: 16.3 (18) 22.8	9.2 (11.2) 12.9	15.2 (24.4) 30.8	Punta de Monte
50	221 (255.3) 301.6 x 3.3 (5.5) 8.4; 3.1 (4.9) 6.9	30.3 (44.8) 62.7	62.9 (69.7) 77.4	I: 36.7 (43.3) 47.9 II: 15.1 (18.9) 24	9.1 (11.1) 12.3	21.5 (27) 31.8	La Naviera
69	239.3 (268.3) 312.5 x 4 (6) 8.2; 3.5 (5.1) 6.7	30.9 (50.3) 69.9	57.8 (68.7) 76.6	I: 39.9 (44.5) 49.9 II: 15.9 (20.1) 24.9	9.5 (10.6) 11.8	24.7 (28.8) 34.9	El Bajón de Zúniga

## Familia Tedaniidae Ridley y Dendy 1886

### Género *Tedania* Gray 1867

**Diagnosis:** Esponjas incrustantes o masivas. El coanosoma generalmente es plumoreticulado o plumoso, compuesto por rastros de megascleras lisas o espinadas, unidas por fibras delgadas o moderadas de espongina o puede no poseer éstas. Ocasionalmente pueden contener granos de arena parcialmente reemplazando espículas. Las espículas en el ectosoma son diactinas, tilotes o estrongilos con bases lisas o espinadas. Como microscleras se encuentran oniquetas (van Soest 2002).

**Distribución:** Cosmopolita (van Soest 2002).

### *Tedania tropicalis* Topsent 1887

*Tedania nigrescens* Dickinson 1945; Hofknecht 1978; Green y Gómez 1986; Desqueyroux-Faúndez y van Soest 1997; van Soest et al. 2011

**Material examinado:** 103.

**Descripción:** Esponja masiva de 7 cm de largo y 2 – 5 cm de grosor. La superficie es irregular y suave, de consistencia flexible y elástica. El color en vida es anaranjado y se vuelve pálido al preservarse en alcohol. El ectosoma está conformado por tilotes con cabezas microespinadas (170 – 200  $\mu\text{m}$  x 2.5 – 5  $\mu\text{m}$ ). En el coanosoma se encuentran estilos (220 – 240  $\mu\text{m}$ ) formando trazos multiespiculares y oniquetas dispersas (150 – 180  $\mu\text{m}$ ) (Tabla 14, Fig. 26).

**Distribución:** La Peñona.

**Ecología:** Esponja que crece sobre rocas y fue recolectada en un rango de profundidad de 4 a 8 m.

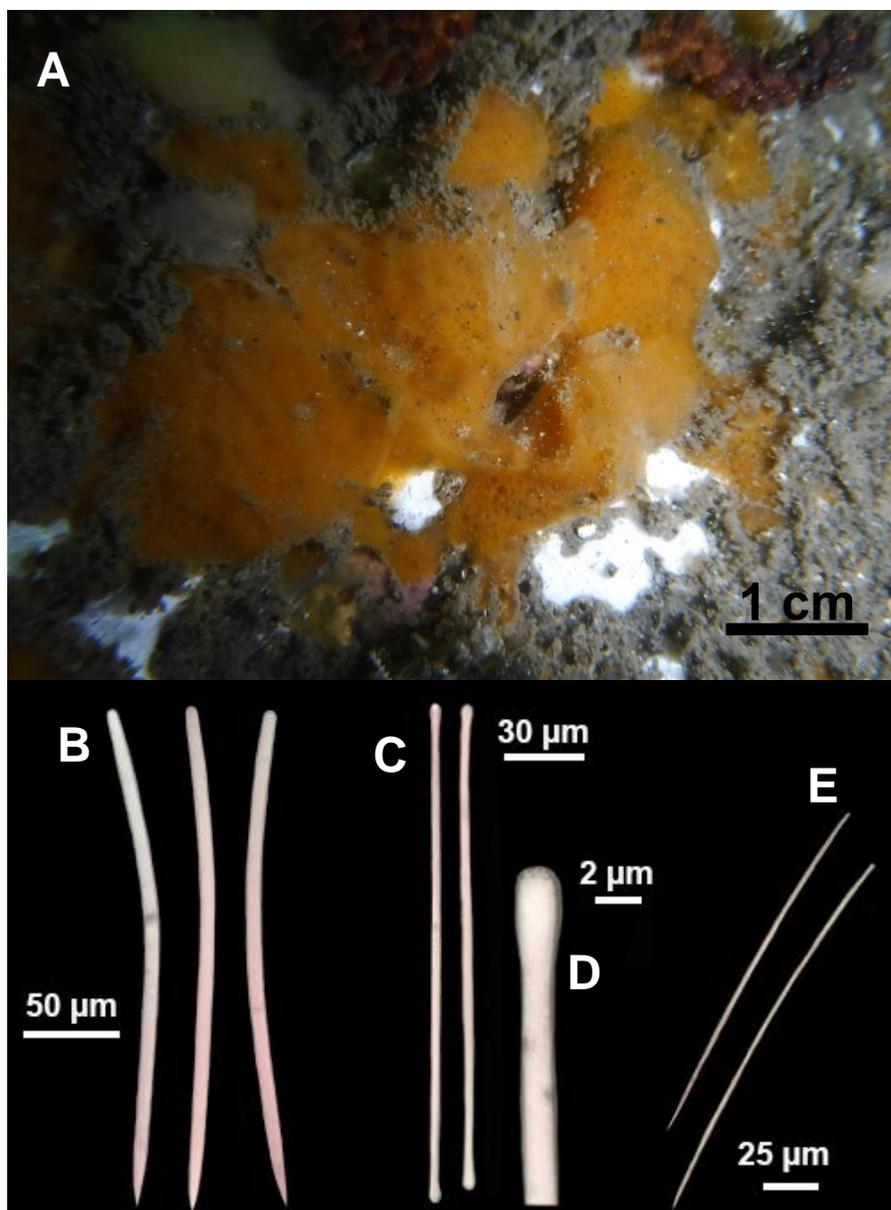


Figura 26. *Tedania tropicalis* Topsent 1887. A. Ejemplar *in situ*. B, E. Estilos. C. Tilotes. D. Oniquetas

Tabla 14. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Tedania tropicalis* Topsent 1887. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Espécimen	Estilos	Tilotes	Oniquetas	Localidad
	Largo x Ancho (n=30)	Largo x Ancho (n=30)	Largo x Ancho (n=30)	
103	220 (228.7) 240 x 5 (5.1) 7.5	170 (189.5) 200 x 2 (2.3) 2.5	150 (164.7) 180 x 2.5	La Peñona

**Orden Clionida Morrow y Cárdenas 2015**  
**Familia Clionidae D'Orbigny 1851**

**Género *Cliona* Grant 1826**

**Diagnosis:** Esponjas con crecimiento inicial en cámaras excavatorias, teniendo contacto con el exterior gracias a papilas, algunas especies pueden sobrepasar el crecimiento del sustrato. Las espículas megascleras presentes generalmente son tilostilos y oxas muy delgadas, como microscleras se encuentran espirásteres, estos pueden ser rectos, doblados, en espiral u ondulados (Rützler 2002).

**Distribución:** cosmopolita con especial énfasis en el Océano Atlántico Norte, Mediterráneo, Gran Barrera de Coral, Australia, Golfo de México y Pacífico mexicano (Rützler 2002, Carballo et al. 2008b).

***Cliona euryphylla* Topsent 1887**

**Material examinado:** 101.

**Descripción:** Esponja perforadora de sustrato calcáreo, de 5 x 3 cm de superficie. El color en vida es amarillo brillante y en alcohol se torna amarillo pálido. Presenta papilas osculares ovaladas de 2 – 4 mm de diámetro sobresaliendo ligeramente de la superficie. El esqueleto está formado por tilostilos y espirásteres. Los tilostilos tienen cabeza bien formada, son rectos y con terminación puntiaguda, miden entre 149 – 354.8 µm. Los espirásteres son cortos, robustos y con muchas espinas gruesas (Fig. 27, Tabla 15).

**Distribución:** El Arco.

**Ecología:** Esponja colectada sobre alga calcárea en rango de profundidad de 4 a 8 m.

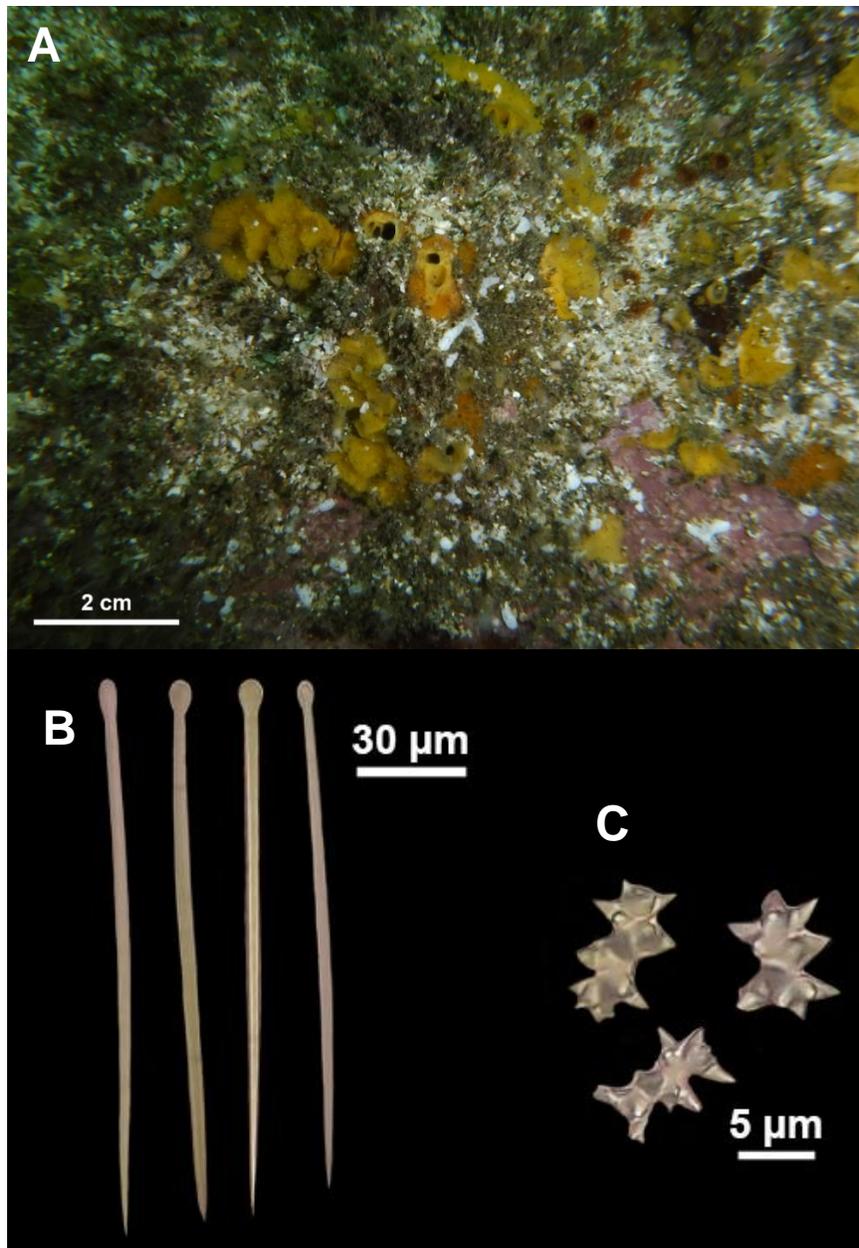


Figura 27. *Cliona euryphylla* Topsent 1887. A. Ejemplar *in situ*. B. Tilostilos. C. Espirásteres.

Tabla 15. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Cliona euryphylla* Topsent 1887. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Especimen	Tilostilos		Espirásteres (n=30)	Localidad
	Largo x Ancho; Ancho de cabeza (n=30)			
101	149 (257.1)	354.8 x 3.5 (6.8) 8.7; 5 (5.5) 6.1	10.1 (17.3) 25.6	El Arco

**Orden Suberitida Chombard y Boury-Esnault 1999**  
**Familia Suberitidae Schmidt 1870**

**Género *Ciocalypta* Bowerbank 1862**

**Diagnosis:** Esponja que mantiene enterrada su base bajo sedimento suave, con fístulas erectas en forma de dedos que sobresalen del sedimento. La superficie es suave, usualmente algo transparente, sin ósculos visibles. Puede o no presentar ectosoma, cuando está presente es tangencial. Las fístulas poseen un eje central de espículas con trazos secundarios fuertes que soportan al ectosoma. El esqueleto de la base es muy confuso (Erpenback y van Soest 2002).

**Distribución:** Aguas subtropicales y templadas del Océano Atlántico y del Pacífico Sur, Brazil (Erpenback y van Soest 2002, Carvalho et al. 2003).

***Ciocalypta* sp.**

**Material examinado:** 96.

**Descripción:** Esponja de consistencia firme e hispida, con base enterrada en arena fina y fístulas en forma de dedos que sobresalen del sustrato. Las fístulas miden entre 2 – 4 cm de altura y 0.2 – 0.3 cm de diámetro. En vida la esponja es blanca y al ser preservada en alcohol mantiene su color. La superficie es translúcida y se puede identificar claramente el eje central de las fístulas por su color blanquecino. El ectosoma es tangencial, fácilmente removible de la esponja. El esqueleto de la base es confuso mientras que las fístulas tienen un centro muy denso formado por estilos, que se distribuyen en trazos secundarios y le dan soporte al ectosoma. La especie presenta estilos en dos categorías de tamaño, en una categoría se encuentran estilos largos y delgados con punta bien definida, mientras que la otra categoría incluye estilos finos y más cortos (Fig. 28, Tabla 16).

**Distribución:** El Candado

**Ecología:** El ejemplar fue recolectado en sustrato arenoso fino con un rango de profundidad de 4 a 8 metros.

Tabla 16. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Ciocalypta* sp. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Especimen	Estilos Largo x Ancho; (n=30)	Localidad
96	I: 500 (545.9) 600 x 10 II: 170 (295.2) 450 x 5	El Candado

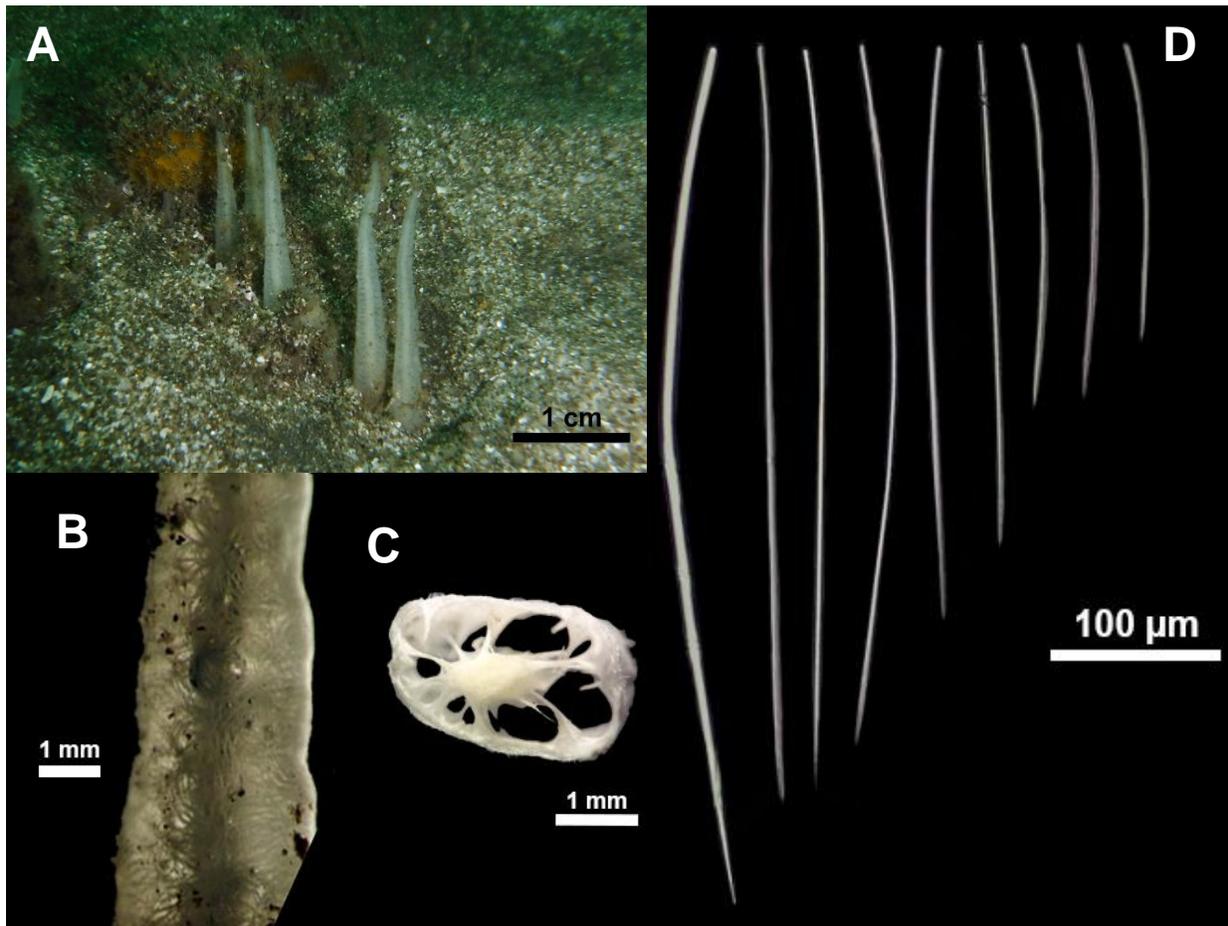


Figura 28. *Ciocalypta* sp. A. Ejemplar *in situ*. B. Vista tangencial del ectosoma. C. Corte transversal de la fístula con eje central denso compuesto por estilos. D. Oxas.

## **Género *Coelocalypta* Topsent 1928**

**Diagnosis:** Esponjas masivas fistulosas, con esqueleto coanosómico formado por trazos de espículas sin ninguna dirección en la base. No poseen esqueleto ectosómico. El esqueleto de las fístulas consiste en trazos de espículas longitudinales que forman un eje central más denso. En la superficie se forma una palizada de espículas que se unen estrechamente. Las espículas predominantes son oxas, aunque ocasionalmente se pueden encontrar estilos. Cuando hay microscleras presentes, éstas son microstrongilos (Carballo 2001).

**Distribución:** Litoral europeo del Atlántico desde el sur de Helgoland, Alemania hasta España, Portugal mediterráneo, Cabo Verde en el Atlántico africano (Erpenback y van Soest 2002).

### ***Coelocalypta* sp.**

**Material examinado:** 72.

**Descripción:** Esponja masiva y fistulosa con área de cobertura de 5 x 7 cm, las fístulas son de crecimiento vertical y miden de 2 – 4 cm de alto con 0.5 cm de diámetro. La consistencia es compresible pero frágil. En color en vida en naranja brillante y al ser preservada en alcohol se vuelve blanca. Fácilmente se puede observar el centro de la fístula que está compuesta por un eje denso de oxas que se distribuyen hacia afuera formando trazos y terminan en empalizada cubriendo la fístula. El ectosoma es translúcido y no desprendible. Las espículas presentes son oxas con una leve curvatura en la región media y tienen puntas bien definidas (Fig. 29, Tabla 17).

**Distribución:** El Bajón de Zúniga.

**Ecología:** La especie fue colectada únicamente en un sitio con profundidad de 8 a 12 m, sobre sustrato arenoso, la base de la esponja se encontraba enterrada en la arena y mantenía las fístulas expuestas.

Tabla 17. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Coelocalypta* sp. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Especimen	Oxas			Localidad
	Largo x Ancho; (n=30)			
72	332.4 (455.4)	586.9 x 6.3 (9.6)	16.5	El Bajón de Zúniga

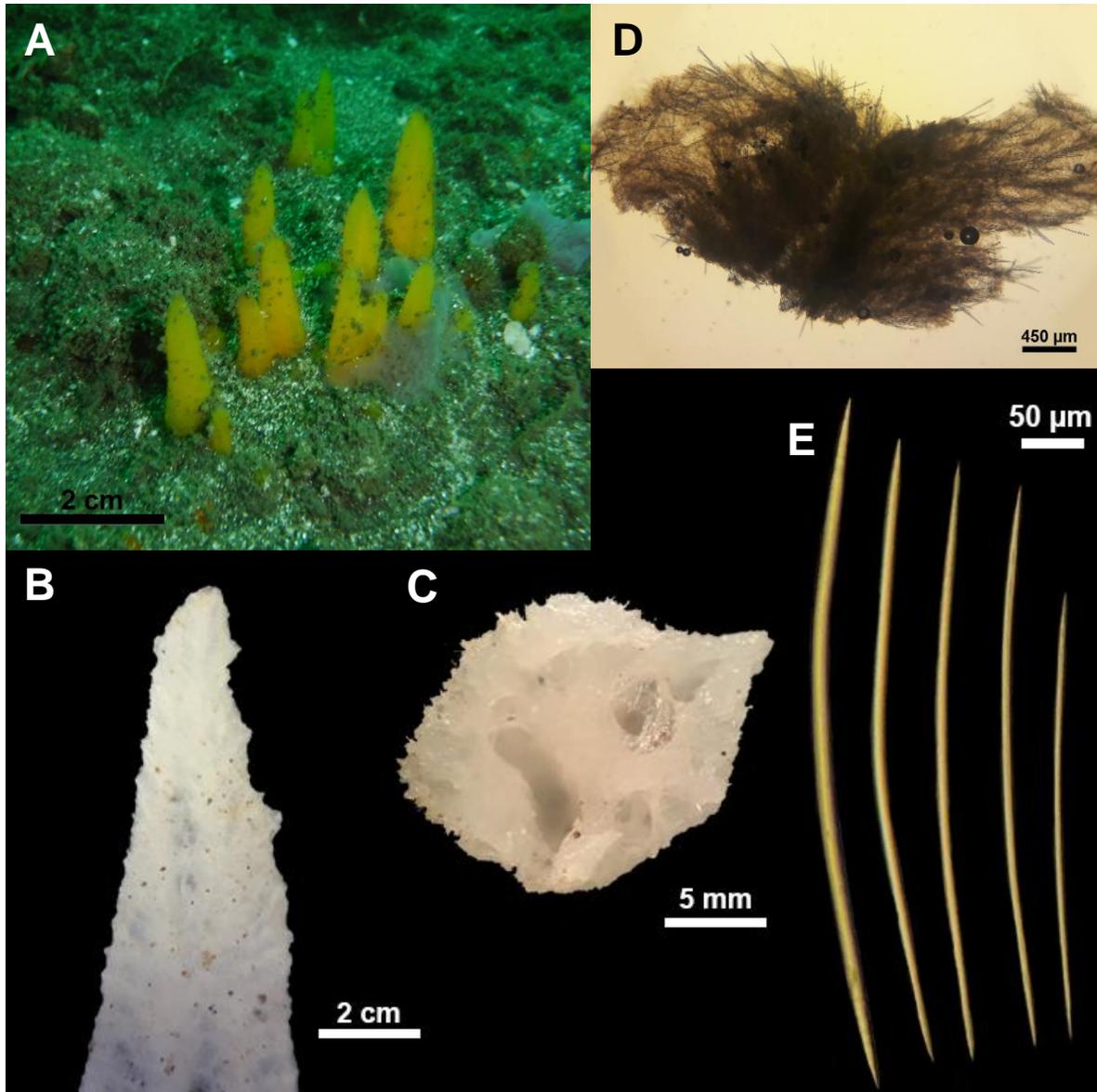


Figura 29. *Coelocalypta* sp. A. Ejemplar *in situ*. B. Vista tangencial del ectosoma. C. Corte transversal de la fístula. D. Corte longitudinal de la fístula. E. Oxas.

## **Género *Terpios* Duchassaing y Michelotti 1864**

**Diagnosis:** Esponjas delgadas e incrustantes que a la vista son suaves, pero al tacto son híspidas debido a las espículas que se proyectan hacia el exterior. De consistencia gelatinosa y suave. No hay ectosoma especializado y el coanosoma presenta trazos de espículas poco desarrollados, hay poca densidad de espículas y muchas de éstas se encuentran dispersas sin ninguna organización. Es común encontrar bacterias simbioses que causan la pigmentación azul brillante. Las espículas presentes son tilostilos delgados en una sola categoría de tamaño y poseen la cabeza con apariencia inflada o grumosa (van Soest 2002).

**Distribución:** Océanos Índico, Pacífico y Atlántico con predominancia en aguas cálidas y templadas, Golfo de California y Chile (De Laubenfels 1954, Araya y Rützler 2016).

### ***Terpios* sp.**

**Material examinado:** 62, 83.

**Descripción:** Esponja masiva y delgada, con cobertura de 15 x 7 cm y grosor no mayor a 1 mm. La superficie es híspida al tacto. El color en vida es azul brillante y al ser preservada se vuelve color celeste. No posee ectosoma especializado, pero sobresalen de la superficie las puntas de las espículas. El coanosoma está formado únicamente por tilostilos que se agrupan en trazos y otros se encuentran dispersos. Los tilostilos son rectos o con una leve curvatura, tienen como característica una cabeza globular con protuberancias y tienen una punta bien definida (Fig. 30, Tabla 18).

**Distribución:** La Naviera, La Puntita.

**Ecología:** Los individuos fueron colectados en sitios con rango de profundidad desde los 8 a 16 m, habitando exclusivamente sobre algas calcáreas. Al momento de realizar la colecta no fue posible colectar sólo la esponja, fue necesario extraer el sustrato al que se encontraba adherida.

Tabla 18. Datos comparativos para las dimensiones (en  $\mu\text{m}$ ) de espículas en *Terpios* sp. (Se presenta valor mínimo, máximo y promedio entre paréntesis).

Especimen	Estilos			Localidad
	Largo x Ancho; Ancho de cabeza (n=30)			
62	111.7 (220.3)	321.4 x 4.3 (6.3)	8.1; 6 (8.1) 11.3	La Naviera
83	147 (250.8)	310.6 x 3.5 (5.3)	6.7; 6.2 (8.4) 11.5	La Puntita

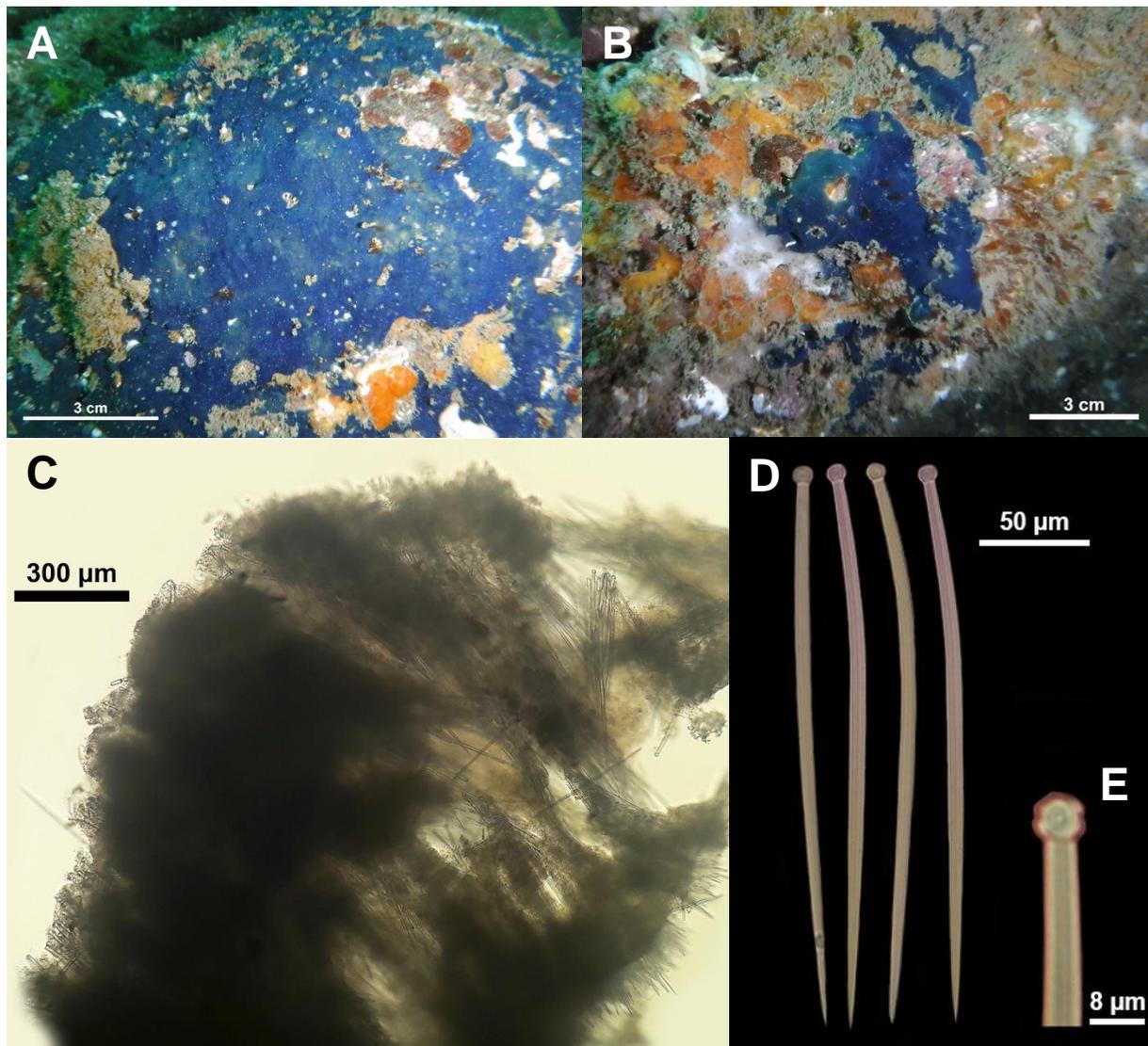


Figura 30. *Terpios* sp. A, B. Ejemplar *in situ*. C. Corte longitudinal del coenosoma. D. Tilostilos. E. Detalle del tilo con protuberancias.

### 6.3 Abundancia y distribución

Se registró 2,521 individuos de esponjas en total. Al aplicar el índice de abundancia relativa se obtuvo que las especies de mayor abundancia para el estudio son *Callyspongia californica* (17%), *Haliclona sp1.* (16%), *Haliclona sp2.* (12%), *Mycale ramulosa* (11%) y *Cinachyra sp.* (10%). Estas cinco especies suman un total de 66% de abundancia para este estudio (Fig. 30)

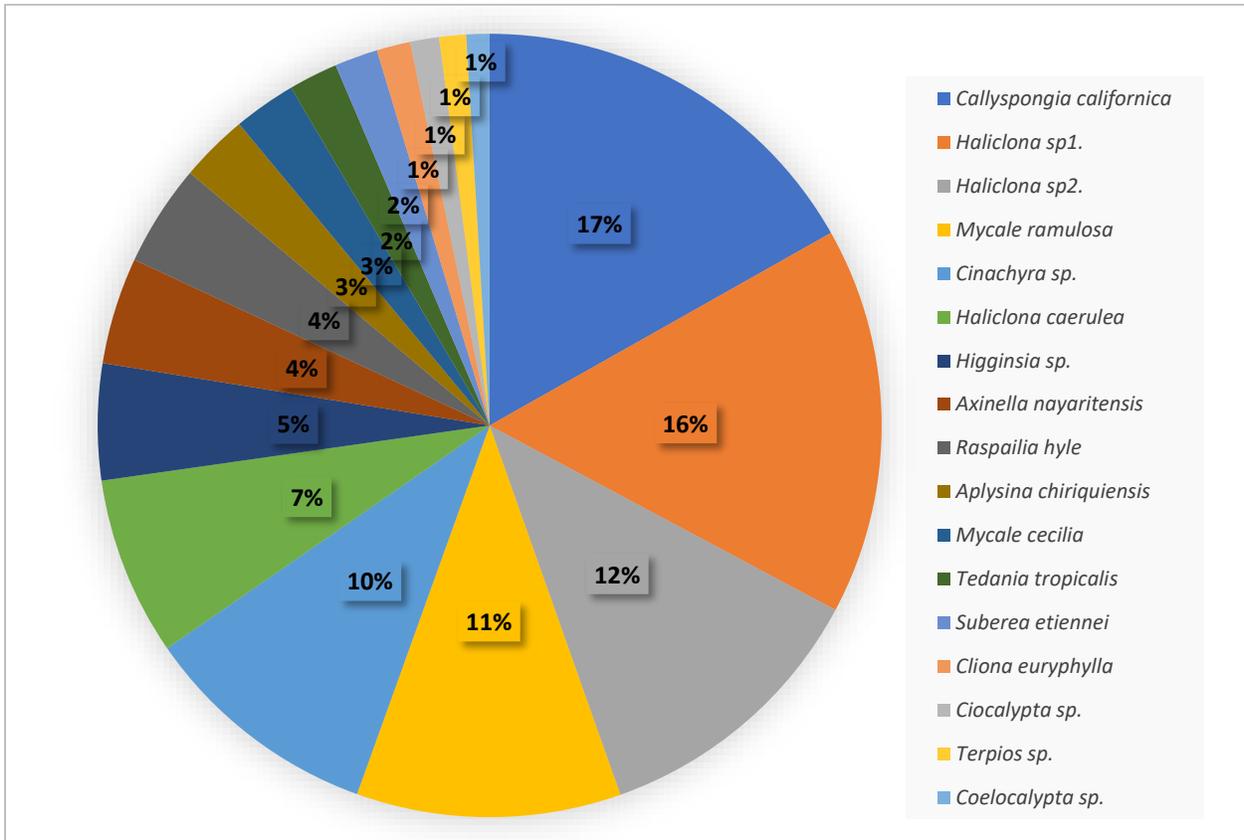


Figura 30. Abundancia relativa de esponjas en aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos.

La especie con mayor distribución, en rangos de profundidad, fue *Callyspongia californica*, especie que estuvo presente desde los 0 m a 16 m de profundidad, *Haliclona sp1.* fue registrada en sitios de 0 m a 8 m y 12 m a 16 m de profundidad, mientras que *Mycale ramulosa* y *Haliclona sp2.* se encontraron habitando sitios desde los 4 m a 16 m de profundidad. *Mycale cecilia* y *Axinella nayaritensis* se distribuyen desde los 4 hasta 12 metros de profundidad. *Terpios sp.* se distribuye de 8 a 16 m de profundidad.

*Cinachyra sp.* se distribuye en dos rangos de profundidad, de 4 m a 8 m y de 12 m a 16 m. *Cliona euryphylla*, *Tedania tropicalis*, *Raspailia hyle* y *Ciocalypta sp* fueron especies que se encontraron únicamente en el rango de profundidad de 4 a 8 m. *Suberea etiennei*, *Aplysina chiriquiensis*, *Higginsia sp.* y *Coelocalypta sp.* se encontraron habitando únicamente sitios con profundidad desde 8 m hasta 12 m. *Haliclona caerulea* se registró exclusivamente en profundidades de 12 m a 16 m (Fig. 31).

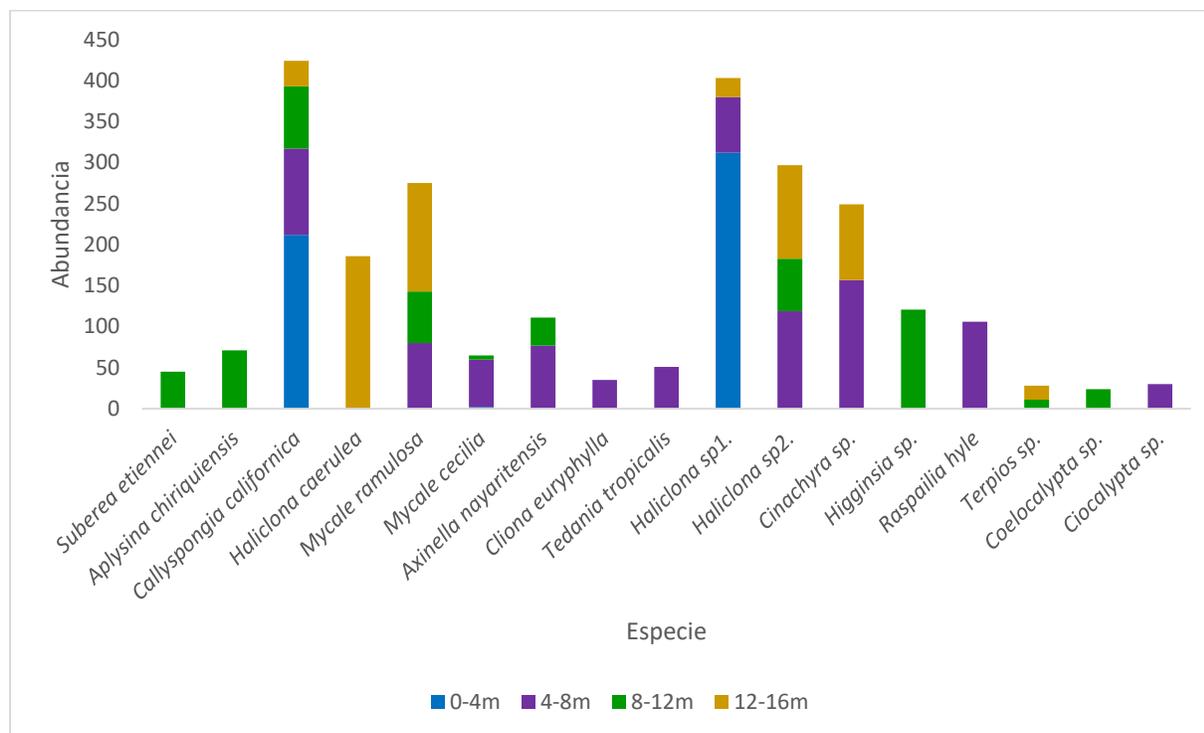


Figura 31. Abundancia de esponjas en función de la profundidad en aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos.

Los rangos de profundidad presentan marcada diferencia en cuanto a riqueza de especies (Fig. 32). En el rango de 0 a 4 m de profundidad, se registró la menor riqueza, se reportan solamente tres especies: *Haliclona sp1.* y *Callyspongia californica* en mayor abundancia a comparación de *Mycale cecilia* que presenta menor abundancia.

El rango de 4 a 8 m de profundidad resultó ser el de mayor riqueza con 11 especies registradas, estas fueron: *Callyspongia californica*, *Mycale ramulosa*, *Mycale cecilia*, *Axinella nayaritensis*, *Cliona euryphylla*, *Tedania tropicalis*, *Haliclona sp1.*, *Haliclona sp2.*, *Cinachyra sp.*, *Raspailia hyle* y *Ciocalypta sp.* Las especies de mayor abundancia

para esta profundidad fueron *Cinachyra sp.*, *Haliclona sp2.*, *R. hyle* y *C. californica* con 17.7%, 12.3%, 11.9% y 11.8% respectivamente.

El rango de 8 m a 12 m de profundidad también registró alta riqueza con 10 especies identificadas: *Suberea etiennei*, *Aplysina chiriquiensis*, *Callyspongia californica*, *Mycale ramulosa*, *Mycale cecilia*, *Axinella nayaritensis*, *Haliclona sp2.*, *Higginsia sp.*, *Terpios sp.* y *Coelocalypta sp.* Las especies con mayor abundancia en este rango de profundidad fueron *Higginsia sp.*, *C. californica* y *A. chiriquiensis* con 23.5%, 14.7% y 13.8% respectivamente.

En el rango de 12 m a 16 m de profundidad se registran siete especies: *C. californica*, *H. caerulea*, *M. ramulosa*, *Haliclona sp1.*, *Haliclona sp2.*, *Cinachyra sp* y *Terpios sp.* Las especies más abundantes fueron *H. caerulea* y *Mycale ramulosa* con 31.2% y 22.1% respectivamente.

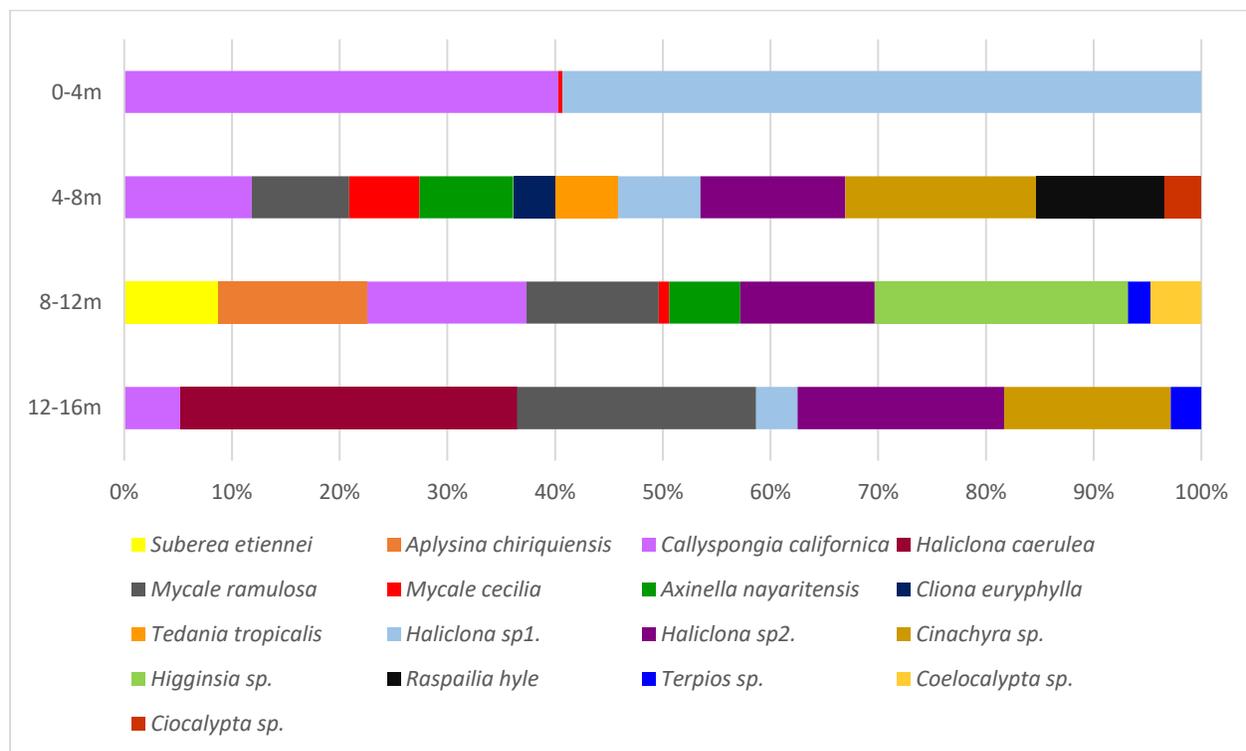


Figura 32. Riqueza de esponjas en función de la profundidad en aguas someras del ANP Complejo Los Cóbanos.

La preferencia de sustrato es evidente en este estudio puesto que solo *C. californica* y *Haliclona sp1*. pueden encontrarse sobre arena, roca y alga calcárea. Las especies que presentaron afinidad por el sustrato rocoso fueron *A. chiriquiensis*, *Cinachyra sp.*, *Higginsia sp.*, *Suberea etiennei* y *Tedania tropicalis*. Las especies exclusivas del sustrato arenoso fueron *A. nayaritensis*, *Ciocalypta sp.*, *Coelocalypta sp.* y *Raspailia hyle*. Se registran solamente dos especies habitando exclusivamente algas calcáreas, éstas fueron *C. euryphylla* y *Terpios sp.* El resto de especies como *Haliclona sp2.*, *H. caerulea*, *M. cecilia* y *M. ramulosa* pueden encontrarse tanto en roca como sobre algas calcáreas (Fig. 33).

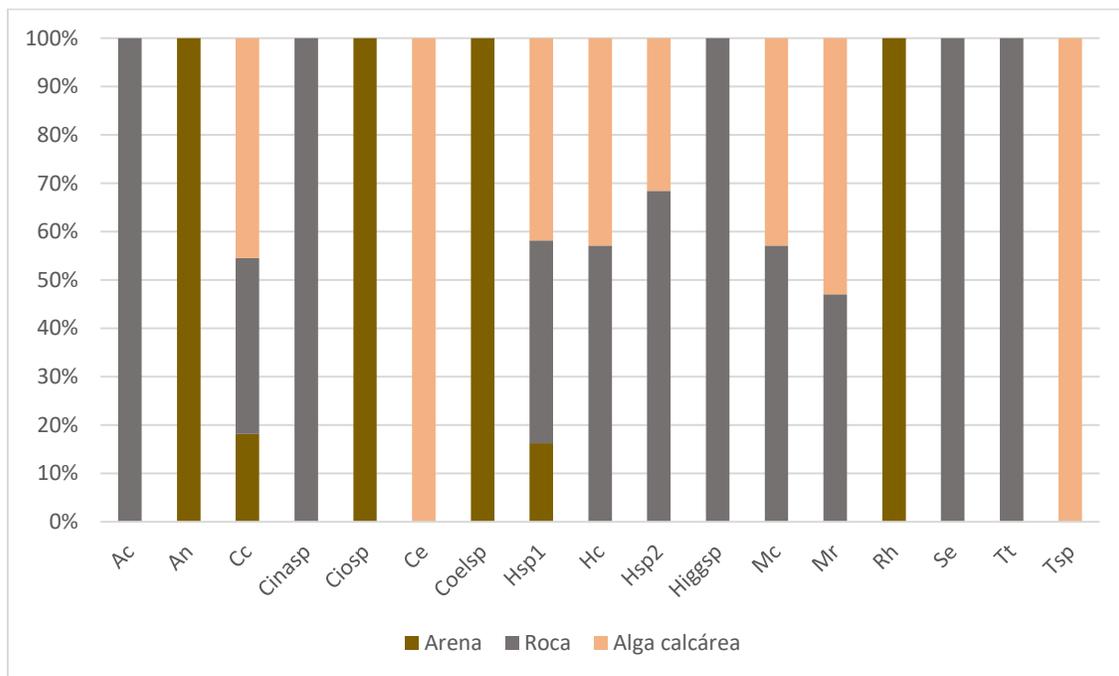


Figura 33. Preferencia de sustratos en esponjas de aguas someras del ANP Complejo Los Cóbano. Ac: *Aplysina chiriquiensis*, An: *Axinella nayaritensis*, Cc: *Callyspongia californica*, Cinasp: *Cinachyra sp.*, Ciosp: *Ciocalypta sp*, Ce: *Cliona euryphylla*, Coelsp: *Coelocalypta sp.*, Hsp1: *Haliclona sp1*, Hc: *Haliclona caerulea*, Hsp2: *Haliclona sp2*, Higgsp: *Higginsia sp.*, Mc: *Mycale cecilia*, Mr: *Mycale ramulosa*, Rh: *Raspailia hyle*, Se: *Suberea etiennei*, Tt: *Tedania tropicalis*, Tsp: *Terpios sp.*

Las categorías de exposición a la sinergia del oleaje muestran que especies como *Ciocalypta sp.*, *Coelocalypta sp.*, *Higginsia sp.*, *M. ramulosa* y *R. hyle* se posicionan en sustratos totalmente expuestas al movimiento del agua. En la categoría de parcialmente expuesta se encuentra a *A. chiriquiensis*, *C. euryphylla*, *S. etiennei* y *Tedania tropicalis*,

mientras que *Cinachyra sp.*, *H. caerulea*, *Haliclona sp2.* y *Terpios sp.* se ubican desde sitios expuestos a parcialmente expuestos. Solamente *A. nayaritensis*, *C. californica*, *Haliclona sp1.* y *M. cecilia* fueron especies que se pueden encontrar posicionadas en las tres categorías de exposición (Fig. 34).

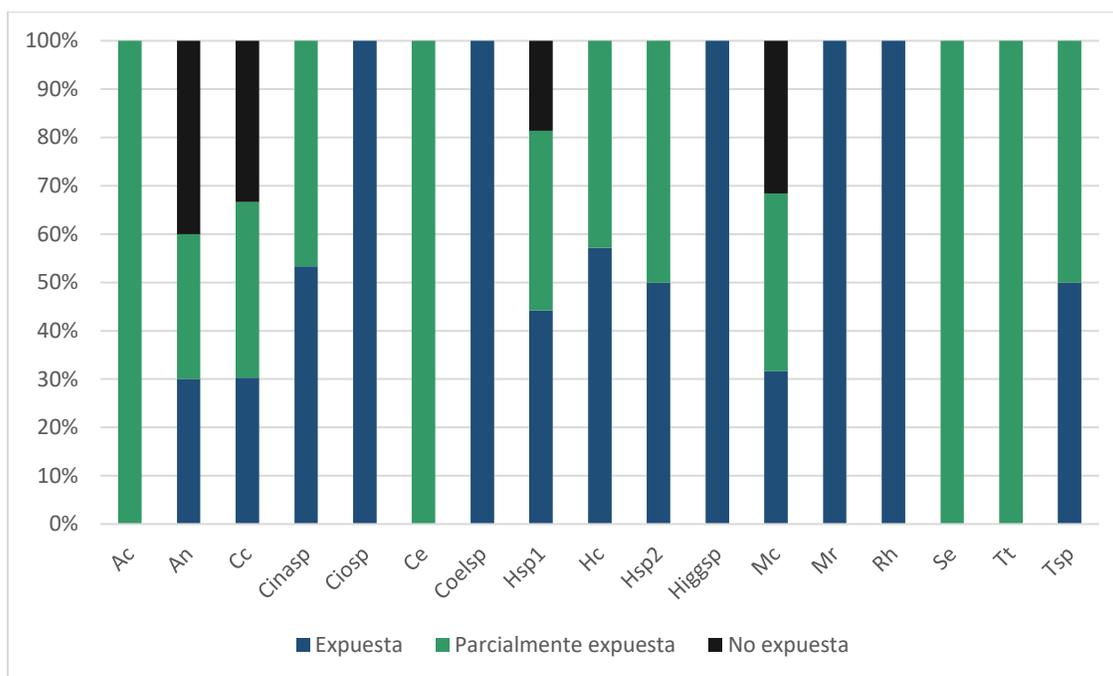


Figura 34. Categorías de exposición a la sinergia del oleaje en esponjas de aguas someras del ANP Complejo Los Cóbano. Ac: *Aplysina chiriquiensis*, An: *Axinella nayaritensis*, Cc: *Callyspongia californica*, Cinasp: *Cinachyra sp.*, Ciosp: *Ciocalypa sp.*, Ce: *Cliona euryphylla*, Coelsp: *Coelocalypa sp.*, Hsp1: *Haliclona sp1*, Hc: *Haliclona caerulea*, Hsp2: *Haliclona sp2*, Higgsp: *Higginsia sp.*, Mc: *Mycale cecilia*, Mr: *Mycale ramulosa*, Rh: *Raspailia hyle*, Se: *Suberea etiennei*, Tt: *Tedania tropicalis*, Tsp: *Terpios sp.*

#### 6.4 Relación entre variables físico-químicas y biológicas

Las variables físico-químicas analizadas fueron rugosidad (R), temperatura (°C), turbidez (FNU), salinidad (PSU), sólidos disueltos totales (TDS) y pH.

La variable profundidad fue dividida en cuatro rangos, de 0 a 4 m, 4 a 8 m, 8 a 12 m y 12 a 16 m. La rugosidad se registró en un rango de 0.66 a 0.94 con promedio de 0.84 para la zona, así mismo la temperatura osciló de 28° a 33° C con promedio de 30.5° C, la turbidez varió de 0 a 1.3 FNU con promedio de 0.53 FNU, los sólidos disueltos totales fluctuaron de 24.16 a 25.3 con promedio de 24.9, la salinidad se registró desde 31.51 a

33.23 PSU con promedio de 32.6, mientras que el pH varió de 8.21 a 8.8 con promedio de 8.43 (Tabla 19).

Tabla 19. Valores de variables físico-químicas en los sitios de muestreo.

Sitio	Profundidad	R	T°	pH	PPT TDS	PSU	FNU
El Faro	0-4	0.87	33	8.8	24.27	31.66	1.3
Decameron	0-4	0.9	33	8.5	24.95	32.74	1.1
El Zope	0-4	0.92	31	8.57	24.5	32.04	0.7
El Candado	4-8	0.66	30	8.23	25.3	33.21	0.2
El Arco	4-8	0.94	30	8.25	25.2	33.18	0.1
La Peñona	4-8	0.74	30	8.21	25.3	33.23	0.5
El Bajón I	8-12	0.83	30	8.42	25.02	32.74	0
El Bajón II	8-12	0.77	30	8.43	25.12	32.86	0.2
La Puntita	8-12	0.76	28	8.47	25.1	32.8	0
Las Parguetas	12-16	0.89	31	8.43	24.16	31.51	0.8
Punta de Monte	12-16	0.92	31	8.42	25.24	32.88	0.7
La Naviera	12-16	0.89	30	8.48	25.26	32.91	0.8

Las variables se analizaron mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y se obtuvo que las únicas variables que presentaban normalidad fueron rugosidad, turbidez y pH, por lo que se aplicó transformación de Log(n+1) para los análisis posteriores.

La abundancia absoluta por especies fue considerada como variable biológica, y solo se tomaron en cuenta aquellas especies que tenían representación en más de un sitio de muestreo ya que al excluirlas se redujo la interferencia en los estadísticos que se aplicaron a las especies con mayor representatividad y abundancia. Las especies analizadas fueron: *Callyspongia californica*, *Haliclona caerulea*, *Mycale ramulosa*, *Mycale cecilia*, *Axinella nayaritensis*, *Haliclona sp1*, *Haliclona sp2*, *Cinachyra sp*, *Raspailia hyle* y *Terpios sp*.

#### 6.4.1 Variables con mayor aporte en el estudio

Se realizó un análisis de componentes principales para determinar cuáles de las variables físico-químicas representaban mayor peso sobre la variable biológica. Se obtuvo que los componentes 1 y 2 reunían el 51.5% (Tabla 20) de la varianza de los datos y al examinar las variables en cada uno de los componentes se comprobó que la temperatura y la turbidez fueron las variables de mayor peso (Tabla 21) por lo que las demás variables se eliminaron al realizar el análisis de correspondencia canónica.

Tabla 20. Valor de los componentes principales (CP) sobre variables físico-químicas.

CP	Eigenvalue	% de varianza
1	1.73466	28.877
2	1.35908	22.625

Tabla 21. Valor de las variables físico-químicas en componentes principales (CP) 1 y 2.

Variable	CP 1	CP 2
Rugosidad	-0.0041327	-0.007816
Temperatura	-0.0083048	-0.0059286
pH	-0.0017284	-0.0043828
Sólidos disueltos totales	0.0017363	0.0044561
Salinidad	0.0013173	0.0052737
Turbidez	-0.041616	-0.040811

#### 6.4.2 Relación ecológica entre variables físico-químicas y especies

Se utilizó el análisis de correspondencia canónica para esclarecer el efecto de las variables físico-químicas sobre la abundancia y ocurrencia de las esponjas en el área de estudio. Se obtuvo que el valor de  $p$  es 0.018 lo cual confirma la significancia estadística del análisis, con respecto a la significancia de los ejes, el eje uno es significativo ( $p=0.011$ ) y adquiere alta inercia acumulada, mientras que el eje dos carece de significancia e inercia ( $p=0.192$ ) (Tabla 22).

Tabla 22. Valores de significancia para los ejes del análisis de correspondencia canónica.

Eje	Eigenvalor	p	%
1	0.45746	0.011	76.96
2	0.13698	0.192	23.04

El análisis muestra dos agrupaciones en función del eje 1 que es la profundidad de los sitios de estudio (Fig. 35), ambas agrupaciones se formaron de acuerdo a la similitud de los parámetros físico-químicos que se registraron en ellos. El grupo uno reúne a los sitios con rangos de profundidad de 0 – 4 y 12 – 16 m que se caracterizan por presentar mayor temperatura (30° – 31° C) y turbidez (0.7 – 1.3), pero baja rugosidad (0.87 – 0.92); las especies mejor adaptadas a estas condiciones son *Callyspongia californica*, *Haliclona*

*sp1.* y *Haliclona caerulea*, ésta última presente solo en el rango de profundidad de 12 – 16 m. La agrupación dos muestra a los sitios con rangos de profundidad de 4 – 8 y 8 – 12 m, sitios donde se registraron los menores valores de turbidez (0 – 0.2), la temperatura osciló entre 28° – 30° C y los valores de rugosidad aumentaron (0.66 – 0.83) a excepción del sitio P2 4 – 8 (0.94). Las especies relacionadas a estas condiciones fueron *Axinella nayaritensis*, *Raspailia hyle*, *Mycale ramulosa* y *Mycale cecilia*.

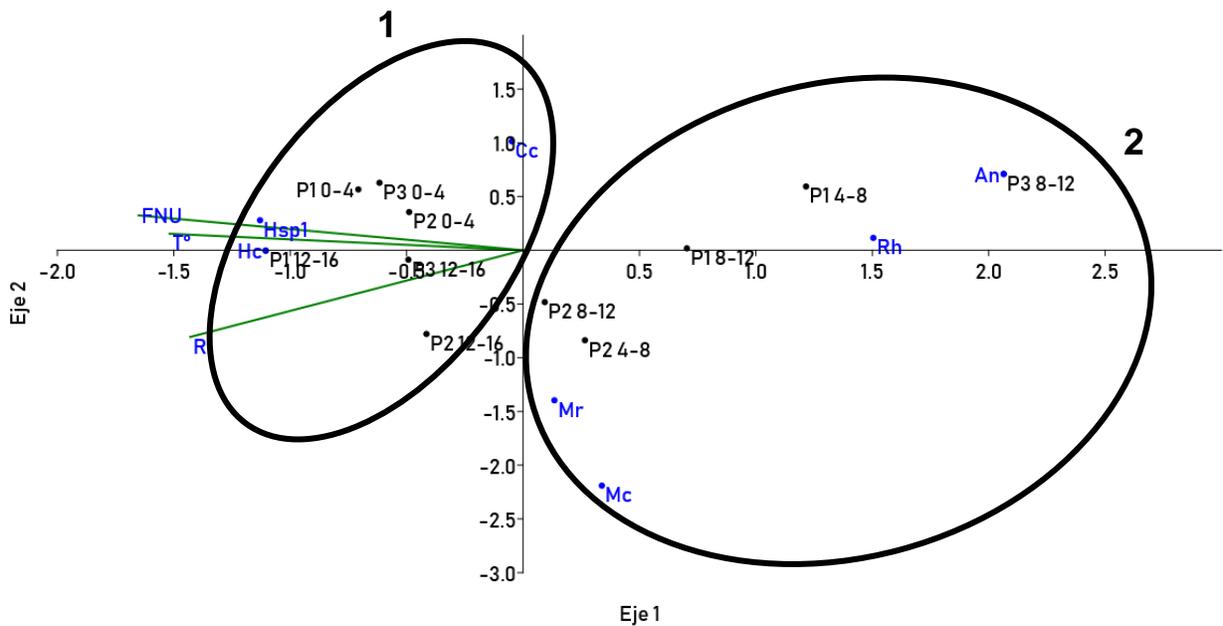


Figura 35. Análisis de correspondencia canónica de sitios con cuatro rangos de profundidad. T°: temperatura, FNU: turbidez, R: rugosidad, Cc: *Callyspongia californica*, Hsp1: *Haliclona sp1*, Hc: *Haliclona caerulea*, An: *Axinella nayaritensis*, Rh: *Raspailia hyle*, Mc: *Mycale cecilia*, Mr: *Mycale ramulosa*.

## 7. DISCUSIÓN

### Riqueza de esponjas

Existía la presunción que la fauna de esponjas del ANP Complejo Los Cóbano podría presentar alta riqueza de especies, sin embargo, no se conoce ningún esfuerzo taxonómico en el grupo hasta ahora; la contribución que se genera con este estudio son 17 nuevos registros para el país, aun considerando que la extensión del área de estudio es corta. La riqueza de esponjas es similar a la de otros sitios del Pacífico Tropical Oriental, como Panamá (17 especies), Costa Rica (16 especies), Isla del Coco (2 especies) e Islas Clipperton (17 especies); los sectores de mayor riqueza para la región son México (69 especies) e Islas Galápagos (34 especies), cabe mencionar que ambos sitios han recibido mayor atención y esfuerzo en cuanto al estudio de esponjas (Cortés et al. 2017).

El registro de esponjas en El Salvador ha sido casi nulo y en reportes recientes se mencionan 8 especies (MARN 2014, Pacheco et al. 2018), seis de las cuales no se registran en el presente estudio debido a la ecología de las especies, ya que por ser esponjas perforadoras (Pacheco et al. 2018) requerían una metodología de recolecta diferente a la aplicada en esta investigación.

La presente investigación significa una importante contribución al aumento de registros de esponjas no solo para el país sino para la región pues, para Centro América se reportan por primera vez cuatro especies: *Higginsia sp.*, *Axinella nayaritensis*, *Raspailia hyle* y *Suberea etiennei*, mientras que para el PTO en general se registran por primera vez tres especies: *Cinachyra sp.*, *Ciocalypta sp.* y *Coelocalypta sp.*

*Callyspongia californica* fue la especie con mayor abundancia y distribución en este estudio, se encontró presente en los cuatro rangos de profundidad (hasta 16m), aunque su abundancia disminuía conforme aumentaba la profundidad, esto se puede deber a que probablemente la especie está mejor adaptada a alojarse en zonas intermareales. Al igual que Cruz-Barraza y Carballo (2008) en los arrecifes coralinos de México, *C. californica* se encontró habitando sobre roca y sustrato calcáreo desde la zona intermareal hasta los 15 m de profundidad.

El género *Haliclona* posee para el ANP Complejo Los Cóbano la mayor riqueza de especies, con tres nuevos registros donde fue posible identificar a nivel de especie solo uno de ellos, esto debido a que la identificación del género es extremadamente difícil por la simplicidad de caracteres morfológicos y su disposición esquelética, de hecho, muchas de las características taxonómicas presentan alta variabilidad aún entre especímenes de la misma especie. El género *Haliclona* se encuentra ampliamente distribuido en la región, y ahora se confirma su presencia en el país. El rango de distribución de *H. caerulea* se amplía pues previamente se registraba únicamente para México y Panamá (De Laubenfels 1936, Cruz-Barraza y Carballo 2006, Caballero-George et al. 2010, Soest et al. 2011, Chiriboga et al. 2015). *H. caerulea* se distribuye espacialmente desde los 12 m a 16 m de profundidad, mientras que *Haliclona sp1.* puede encontrarse prácticamente desde la zona intermareal hasta los 16 m, con mayor abundancia desde los 0 – 4 m, lo cual sugiere que también es una especie tolerante a condiciones poco favorables. La abundancia de *Haliclona sp2.* es poco variable con respecto a la profundidad y fue encontrada desde los 4 – 16 m.

El género *Mycale* es de alta riqueza de especies para el Pacífico mexicano, Carballo y Cruz-Barraza (2000) en su revisión del género describen 8 especies, de las cuales para este estudio están presentes dos: *M. (Carmia) cecilia* y *M. (Zygomycale) ramulosa*, ambas especies ampliamente distribuidas en las costas mexicanas, *M. (Carmia) cecilia* se distribuye también en las Islas Galápagos, Costa Rica y Panamá (De Laubenfels 1936, Cortés 2009, Chiriboga 2015). *M. (Zygomycale) ramulosa* resultó ser una de las especies más abundantes para Los Cóbano, distribuyéndose de 4 – 16 m de profundidad. *M. (Carmia) cecilia* presentó marcada disminución en abundancia, sin embargo, se distribuye de 0 – 12 m de profundidad.

El género *Cinachyra* puede crear confusión debido a su similitud con el género pariente *Cinachyrella*, ambos poseen características muy parecidas y el carácter distintivo entre ellas es la presencia o ausencia de córtex. En el caso de la muestra identificada como *Cinachyra sp.*, se puede afirmar la correcta identificación por la presencia del córtex. Debido a la confusión en cuanto a su taxonomía, hay muy pocos registros de la distribución de *Cinachyra*, a la fecha existen cuatro especies descritas distribuidas en el

Océano Antártico y Sur Este de Brasil, lo cual indica que es un nuevo registro para el PTO (WPD 2019, Rodríguez y Muricy 2007).

La identificación de *Higginsia sp.* es otro nuevo registro para el Pacífico centroamericano, pues el reporte más cercano es *Higginsia higinissima* que se documenta para el Golfo de California, México; siendo muy común en playas rocosas intermareales (Gómez et al. 2002). *Higginsia sp.* fue una especie que se encontró únicamente de 8 a 12 m de profundidad, aunque se ha documentado que el género puede encontrarse habitando hasta los 45 m de profundidad sobre sustrato lodoso y arenoso, en el caso de este estudio la especie mostró preferencia absoluta por el sustrato rocoso.

El registro de *Axinella nayaritensis* es el segundo que se documenta para la región, luego que Carballo et al. (2018) describieran a la especie para el Pacífico mexicano, con éste aporte se amplía su distribución geográfica, aunque el género *Axinella* también se encuentra presente en Costa Rica, Panamá y Colombia, no se ha identificado a nivel de especie (Cortés et al. 2009, Caballero et al. 2010, Lizarazo 2018) *A. nayaritensis* en el Pacífico mexicano se distribuye entre 21 y 25 m de profundidad mientras que en el ANP Complejo Los Cóbanos se encuentra desde los 4 m de profundidad únicamente sobre sustrato arenoso, pero puede estar habitando mayores profundidades siempre y cuando haya disponibilidad de sustrato.

*Raspailia hyle* es una especie ampliamente distribuida en la costa Pacífica oeste de la Península de Baja California y la costa Pacífica de Estados Unidos, la identificación de esta especie indica el primer registro para Centroamérica. En el PTO se reportan tres especies más pertenecientes al género *Raspailia*, dos presentes en México: *R. rubra* y *R. hymani*, mientras que en las Islas Galápagos se reporta a *R. galapagensis* (Hooper et al. 1999, Aguilar-Camacho y Carballo 2013). No se considera que exista confusión en cuanto a la correcta identificación de *R. hyle* pues las demás especies se distribuyen a profundidades mayores a los 78 m y su composición esquelética difiere a la de la muestra analizada en este estudio. En cuanto a los aspectos ecológicos de *R. hyle*, se distribuye desde los 4 a 8 m de profundidad solamente en sustrato arenoso, probablemente la falta de sustrato influyó en que la especie se encontrara en un solo rango de profundidad.

*Aplysina chiriquiensis* se encontró distribuida en sitios con profundidad de 8 a 12 m, con crecimiento erecto sobre rocas, el reporte de la especie amplía su distribución geográfica en Centroamérica ya que se encuentra presente en Costa Rica, Panamá y Colombia (Díaz et al. 2005, Cortés et al. 2009, Lizarazo 2018). En la región se han documentado tres especies más pertenecientes al género, dos de ellas reportadas para México y una en Islas Galápagos, tomando en cuenta que se comparten varias especies con la costa mexicana se podría esperar que con mayor esfuerzo o ampliación del área de muestreo es posible encontrar al menos una de las especies del género *Aplysina* documentadas para este país.

*Suberea etiennei* se caracteriza por tener fibras delgadas en comparación con las demás especies del género, estas fibras están compuestas por mayor proporción de médula, rasgo de gran importancia taxonómica del género. Díaz et al. 2005 menciona que el género *Suberea* se encuentra casi restringido para el Indo Pacífico y para el PTO se reportan *S. azteca* en México y *S. etiennei* en islas Clipperton, la identificación de esta especie hace que su distribución geográfica se extienda al sur de la región hasta el occidente de El Salvador. *S. etiennei* fue una de las especies menos abundantes pues se encontró que su distribución está limitada para un rango de profundidad de 8 a 12 m y únicamente sobre sustrato rocoso, siempre expuesta a la sinergia del oleaje.

El género *Tedania* está ampliamente distribuido en el Pacífico oriental, con 15 especies documentadas desde Alaska hasta sur América. En la región tropical se conoce de la presencia de este género en Islas Galápagos, Islas Clipperton (frente a las costas de Michoacán, México), México y Panamá; con los últimos dos países se comparte la presencia de *Tedania tropicalis*, México también cuenta con el registro de *Tedania fulvum*, especie restringida para la Bahía de Mazatlán y que taxonómicamente difiere de la muestra analizada por no poseer tilotes microespinados (Soest et al. 2011, Chiriboga et al. 2015, Aguilar-Camacho et al. 2018). En el ANP Complejo Los Cóbanos *T. tropicalis* se distribuye de 4 a 8 m de profundidad sobre sustrato rocoso, mientras que en las costas mexicanas puede encontrarse en un rango de mayor profundidad (1 – 21m).

Hay muy pocos registros del género *Terpios* en todo el Pacífico y siendo uno de los primeros reportes la especie *T. fugax*, por De Laubenfels (1954) para las islas Marshall;

en el Pacífico oriental se ha documentado para Chile, Costa Rica y Colombia (Cortés et al. 2009, Araya y Rützler 2016, Lizarazo 2018), por lo que la identificación del género *Terpios* en este estudio amplía su distribución en el Océano Pacífico. Araya y Rützler (2016) mencionan que los pocos registros del género en la región se deben a que son esponjas de reducido tamaño y en la mayoría de ocasiones son incrustantes lo cual dificulta su visibilidad al momento de recolectarlas; en este estudio fue posible observarlas gracias a que los ejemplares tenían un tamaño considerable (más de 15 cm<sup>2</sup>) y se encontraron sobre sustrato calcáreo expuesto, con morfología masiva más no incrustante lo cual facilitó su observación en el área de muestreo. Los ejemplares analizados no se identifican como *T. fugax* debido a que el género posee muy pocas características que diferencian especies entre sí y aunque la descripción de las muestras tiene mucha concordancia con la especie por el característico color azul brillante, tilostilos en una sola categoría de tamaño y los tilos con protuberancias, es preferible realizar estudios moleculares a la muestra para concluir con una identificación certera.

Los géneros *Ciocalypta* y *Coelocalypta* se encuentran muy relacionados entre sí, la diferencia taxonómica más marcada entre ellas es que el cuerpo en *Ciocalypta* posee esqueleto tangencial especializado que fácilmente se desprende mientras que en *Coelocalypta* está ausente (Carballo 2001). La identificación de ambos géneros representa el primer reporte para el PTO, pues en el caso de *Ciocalypta* la distribución más cercana se encuentra en el Indo Pacífico, los registros de *Coelocalypta* son aún más limitados debido a las discrepancias en cuanto a la taxonomía que los especialistas mantienen sobre el género (WPD 2019). En este estudio ambos géneros fueron exclusivos de fondos arenosos y aunque se encontraron habitando un rango de profundidad cada una (*Ciocalypta*: 4 – 8 m, *Coelocalypta*: 8 – 12 m) se puede esperar que ambos géneros compartan el mismo gradiente de profundidad siempre que exista disponibilidad de sustrato.

No se esperaba contar con el registro de *Cliona euryphylla*, ya que la metodología utilizada en este estudio es distinta a la empleada en el estudio de esponjas perforadoras, la especie fue registrada gracias a que se encontró sobre algas calcáreas y no con hábitos endolíticos como *C. microstrongylata*, *C. pocillopora*, *C. vermifera*, *C.*

*tylostrongylata*, *Thoosa calpulli* y *Siphonodictyon crypticum* (Pacheco et al. 2018). El registro de *C. euryphylla* aumenta la riqueza del género para el país, siendo éste el género de esponjas perforadoras con mayor riqueza de especies. Ahora el número de esponjas perforadoras del país asciende a siete, lo cual demuestra que hay que prestar especial atención a este grupo de esponjas por el rol ecológico que cumplen en el ecosistema, y por la disponibilidad de sustrato calcáreo presente en el área. La especie fue encontrada únicamente de 4 – 8 m de profundidad, pero según Pacheco et al. (2018) puede distribuirse hasta los 20 m de profundidad.

### **Abundancia de esponjas**

La mayor abundancia de esponjas estuvo representada por seis especies, las cuales suman el 73% de la abundancia relativa en el presente estudio, éstas fueron: *Callyspongia californica*, *Haliclona sp1.*, *Haliclona sp2.*, *Mycale ramulosa*, *Cinachyra sp.* y *Haliclona caerulea*. Estas especies a excepción de *Cinachyra sp.* presentan morfologías incrustantes o acolchonadas que se acoplan a la forma del sustrato donde están ancladas. Similar a Núñez et al. (2012) esta predominancia podría ser explicada gracias a que este tipo de morfología les permite soportar mejor la sinergia de las corrientes a diferencia de especies con tipos de morfología tubulares o ramificadas.

Es necesario resaltar que para este estudio las especies que están más adaptadas a sitios con alta energía son *Haliclona sp1* y *C. californica* pues dominaron casi en su totalidad la abundancia de los sitios intermareales. Aunado a esto, su abundancia pudo verse incrementada porque se encontraron presentes tanto en sustrato rocoso, arenoso y calcáreo, dándoles así ventaja sobre otras especies que fueron encontradas en un solo tipo de sustrato.

*Haliclona sp2.*, *H. caerulea* y *Mycale ramulosa* se encontraron tanto sobre sustrato rocoso como calcáreo, esto puede explicar los valores de abundancia que alcanzaron, tomando en cuenta que su tipo de morfología contribuye al asentamiento de estas especies en el arrecife. Cabe mencionar también que se ubicaron expuestas o parcialmente expuestas al oleaje, lo cual facilitó su registro en campo.

Las especies con preferencia por sustrato arenoso fueron *Axinella nayaritensis*, *Raspailia hyle*, *Ciocalypta sp.* y *Coelocalypta sp.* Las primeras dos especies presentaron mayor abundancia, esto puede deberse a que, a pesar de tener morfología ramificada, sus esqueletos son sumamente densos en espículas, característica que les da mayor rigidez para anclarse y soportar el movimiento del agua.

La baja abundancia de *Cliona euryphylla* y *Terpios sp.* puede explicarse gracias a que fueron especies exclusivas del sustrato calcáreo, ubicadas parcialmente expuestas a la sinergia del oleaje, además la ecología de ambas especies las hace más difíciles de reconocer en campo, *C. euryphylla* por ser esponja perforadora y encontrarse dentro del sustrato calcáreo, y *Terpios sp.* por ser especie críptica.

### **Distribución espacial de esponjas**

La distribución de esponjas en el arrecife rocoso puede verse afectada por diferentes factores físico-químicos, entre los cuales la temperatura, la transparencia del agua y la rugosidad podrían estar teniendo mayor incidencia. Durante este estudio los sitios con mayor transparencia del agua y rugosidad, y menores valores de temperatura fueron los de 4 – 8 y 8 – 12 m de profundidad, lo cual coincide con el aumento de la riqueza de esponjas en 11 y 10 especies respectivamente. Estas condiciones no solo favorecieron la diversidad de esponjas sino también el aumento de su abundancia, indicando así que entre 4 – 12 m existen buenas condiciones ambientales para el desarrollo de las esponjas. Esta información concuerda con Núñez et al (2012), quienes explican que los mayores registros de riqueza y abundancia se dan en sitios donde los tensores ambientales se atenúan, por ejemplo, cuando disminuyen los niveles de sedimentación y existe mayor irregularidad en el fondo. Estas condiciones son favorables para el establecimiento de un mayor número de especies de esponjas.

En los sitios de 0 – 4 m de profundidad se registraron los menores valores de transparencia, baja rugosidad y mayores temperaturas, esto concuerda con el menor registro de riqueza para el estudio con solo tres especies, explicando así que *Haliclona sp1.* y *Callyspongia californica*, junto con *Mycale cecilia* (en menor abundancia) son las

especies mejor adaptadas para aprovechar al máximo los recursos disponibles en este conjunto de condiciones.

Se observó una disminución en cuanto a la riqueza de especies (7) en los sitios de 12 – 16 m de profundidad, sitios con valores intermedios de transparencia en el agua y temperatura, y menor rugosidad. La complejidad en el sustrato es un factor importante para las esponjas, pues la heterogeneidad de este parece ser favorable para la fijación de estas (Sara y Vacelet 1973). De tal manera que la disminución en la rugosidad del sustrato puede traer como consecuencia una menor cantidad de micro-hábitats y así mismo la disminución en la riqueza de especies.

A pesar de que el área de muestreo fue seleccionada por ser considerada un arrecife rocoso, se evidenció que los sitios presentan un mosaico de sustratos que van desde sólidos (roca y algas calcáreas) hasta parches arenosos, esto permite identificar gran riqueza y abundancia de esponjas que se encuentran bajo las mismas condiciones fisicoquímicas en diferentes sustratos.

Si bien es cierto que algunos factores físico-químicos dan respuesta a la distribución de esponjas en los arrecifes, surge la inquietud de incorporar variables biológicas en futuros estudios como: competencia por sustrato, depredación, interacciones con otros grupos taxonómicos para tener una perspectiva más amplia de la distribución de esponjas en el ANP Complejo Los Cóbanos.

## 8. CONCLUSIONES

El arrecife rocoso del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano presenta una alta riqueza de especies con 17 nuevos registros para el sitio; con este aporte también incrementan los registros de biodiversidad para El Salvador.

Se reporta por primera vez para Centro América la presencia de cuatro especies: *Higginsia sp.*, *Axinella nayaritensis*, *Raspailia hyle* y *Suberea etiennei*.

Se registra por primera vez para el Pacífico Tropical Oriental la presencia de tres especies: *Cinachyra sp.*, *Ciocalypta sp.* y *Coelocalypta sp.*

Los factores físico químicos que más influyen en la distribución de esponjas en el ANP Complejo Los Cóbano son turbidez, rugosidad y temperatura.

Las especies *Callyspongia californica* y *Haliclona sp1.* representaron la mayor abundancia y mayor distribución en el ANP Complejo Los Cóbano, además de ser las especies mejor adaptadas a condiciones severas como alta turbidez, altas temperaturas y poca rugosidad del sustrato.

Las especies con morfologías incrustantes o acolchonadas presentan mayores valores de abundancia en el arrecife rocoso.

Los rangos de profundidad de 4 – 8 y 8 – 12 m de profundidad reunieron el conjunto de condiciones favorables para el registro de mayor número de especies y abundancia de esponjas en el ANP Complejo Los Cóbano.

## 9. RECOMENDACIONES

- Intensificar los esfuerzos de estudio para esponjas en el arrecife rocoso del ANP Complejo Los Cóbano, pues aún queda mucha área del sitio sin estudiar y esto puede contribuir al aumento de registros de biodiversidad.
- Realizar estudios taxonómicos, ecológicos y biológicos de esponjas en diferentes ecosistemas como playas rocosas, acantilados, manglares, etc., incrementaría el registro de biodiversidad para el país, además ayudaría a mejorar la comprensión que se tiene sobre los ecosistemas en que se encuentran
- Se recomienda el estudio a nivel molecular para confirmación de especies y así poder realizar descripciones más completas de los ejemplares analizados.
- Debido a la complejidad de la taxonomía del grupo se recomienda a futuros investigadores tener formación previa para facilitar la identificación de esponjas *in situ* y en el laboratorio.
- Enfocar especial atención al sustrato calcáreo aportado por algas calcáreas, éstas fueron muy recurrentes como sustrato de fijación en esponjas durante el estudio, y podrían estar causando gran impacto en la erosión y reincorporación de partículas del arrecife. Las algas calcáreas pueden ser estudiadas a partir de análisis de cobertura béntica y con base en ello podríamos comprender mejor el funcionamiento del arrecife y cómo interactúan no solo con esponjas sino también con otros grupos taxonómicos.
- Fomentar el estudio de esponjas perforadoras dentro del arrecife rocoso para conocer los posibles impactos que estén causando en el sustrato coralino aportado por algas y corales formadores de arrecifes.
- Implementar un programa de monitoreo que estudie la composición y estructura de las comunidades de esponjas para conocer la dinámica y salud de los ecosistemas, que además de registrar factores físico químicos también incluya variables biológicas que puedan afectar a las esponjas como depredación, enfermedades y relaciones con otros grupos taxonómicos.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Camacho JM., JL. Carballo, JA. Cruz-Barraza. 2013. Acarnidae (Porifera: Demospongiae: Poecilosclerida) from the Mexican Pacific Ocean with the description of six new species. *Scientia Marina* 77(4): 677-696.
- Aguilar-Camacho JM., JL. Carballo, JA. Cruz-Barraza. 2018. *Tedania* (Porifera: Demospongiae: Poecilosclerida) from the Mexican Pacific with the description of two new species, *Journal of Natural History*, 52:19-20, 1311-1332.
- Aguilar-Camacho JM, JL. Carballo. 2013. Raspailiidae (Porifera: Demospongiae: Axinellida) from the Mexican Pacific Ocean with the description of seven new species. *Journal of Natural History*. 47(25-28): 1663-1706.
- Álvarez B., JNA. Hooper. 2002. Family Axinellidae Carter, 1875. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Araya JF., K. Rützler. 2016. First record of *Terpios fugax* Duchassaing and Michelotti, 1864 (Demospongiae: Suberitidae) in the Eastern Pacific Ocean. *New Zealand Journal of Zoology*. 44(1): 86-90.
- Bell JJ. 2008. The functional roles of marine sponges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79: 341-353.
- Bergquist PR., S. Cook. 2002a. Order Verongida Bergquist, 1978. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Blanchette CA., MC. Miner, PT. Raimondi, D. Lohse, K. Heady, BR. Broitman. 2008. Biogeographical patterns of rocky intertidal communities along the Pacific coast of North America. *J. Biogeogr.* 35:1593–1607.
- Boury-Snault N., K. Rützler. 1997. Thesaurus of sponge morphology. *Smithsonian Contributions to Zoology*. (596):1-55.

- Caballero-George C., J. Bolaños, E. Ochoa, JL. Carballo, JA. Cruz, E. Arnold. 2010. Protocol to isolate sponge-associated fungi from tropical waters and an examination of their cardioprotective potential. *Curr Trends Biotech Pharm* 4:881–899
- Carballo JL., JA. Cruz-Barraza. 2000. A revision of the genus *Mycale* (Poecilosclerida: Mycalidae) from the Mexican Pacific Ocean. *Contributions to Zoology* 79(4):165-191.
- Carballo JL., E. Bautista-Guerrero, JA. Cruz-Barraza. 2018. Description and molecular phylogeny of *Axinella nayaritensis* n. sp. (Porifera: Axinellida) from East Pacific and remarks about the polyphyly of the genus *Axinella*.
- Carballo JL., E. Bautista-Guerrero, H. Nava, JA. Cruz-Barraza. 2010. Cambio climático y ecosistemas costeros. Bases fundamentales para la conservación de los arrecifes de coral del Pacífico Este. En Hernández-Zanuy A., PM. Alcolado (Eds). *La Biodiversidad en ecosistemas marinos y costeros del litoral de Iberoamerica y el Cambio Climático: I. Memorias del primer taller de la Red CYTED BIODIMAR*. La Habana, Julio 2010. Pag 183-193.
- Carballo JL., JA. Cruz-Barraza, P. Gómez. 2004. Taxonomy and description of clionaid sponges (Hadromerida, Clionaidae) from the Pacific Ocean of Mexico. *Zoological Journal of the Linnean Society* 141:353-397.
- Carballo JL., JA. Cruz-Barraza, H. Nava, E. Bautista-Guerrero. 2008a. Esponjas perforadoras de sustratos calcáreos. Importancia en los ecosistemas arrecifales del Pacífico este. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 183 p.
- Carballo JL., JA. Cruz-Barraza, H. Nava, E. Bautista-Guerrero. 2008b. Esponjas perforadoras de sustratos calcáreos. Importancia en los ecosistemas arrecifales del Pacífico este. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 183 p.

- Carballo JL., SA. Naranjo, JC. García Gómez. 1996. The use of marine sponges as stress indicators in marine ecosystems at Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula). *Marine Ecology Progress Series* 135:109-122.
- Carballo JL. 2001. On the genus *Coelocalypta* (Porifera: Demospongiae) and other related fistulose halichondrid genera. *Cah. Biol. Mar* 42: 255-262.
- Carballo JL., P. Gómez, JA. Cruz-Barraza. 2014. Biodiversidad de Porífera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (85):143-153
- Carvalho MDS., JL. Carraro, C. Lerner, E. Hajdu. 2003. First record of *Ciocalypta* (Demospongiae: Halichondrida) from Brazil, southwestern Atlantic, with the description of a new species. *Zootaxa*, 302: 1-8.
- Castro P., ME. Huber. 2003. *Marine Biology* 4th Edition, McGraw-Hill. 468 p.
- Chiriboga Á., D. Ruiz, S. Banks. 2015. CDF Checklist of Galapagos sponges. En: Bungartz F., H. Herrera, P. Jaramillo, N. Tirado, G. Jiménez-Uzcátegui, D. Ruiz, A. Guézou, F. Ziemmeck (eds). *Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist*. Charles Darwin Foundation, Puerto Ayora, Galapagos.
- Cortés J., IC. Enochs, J. Sibaja-Cordero, L. Hernández, JJ. Alvarado, O. Breedy, JA. Cruz-Barraza, O. Esquivel-Garrote, C. Fernández-García, A. Hermsillo, et al. 2017. Marine Biodiversity of Eastern Tropical Pacific Coral Reefs. En: Glynn PW et al (eds.) *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific, Coral Reefs of the World* 8. Springer Scienza+Business Media Dordrecht.
- Cortés J. 2009. Stony corals. In: Wehrtmann IS, Cortés J (eds) *Marine biodiversity of Costa Rica, Central America*. Springer+Business Media, Berlin, Text pp 169–173.
- Cruz-Barraza JA., JL. Carballo. 2006. A new species of *Haliclona* (Demospongiae: Haposclerida) living in association with *Geodia media* Bowerbank (Mexican Pacific coast). *Zootaxa* 1343: 43-54.
- Cruz-Barraza JA., JL. Carballo. 2008. Taxonomy of Sponges (Porifera) Associated with corals from the Mexican Pacific Ocean. *Zoological Studies* 47(6): 741-758.

- De Laubenfels MW. 1935. Some sponges of lower California (Mexico). The American Museum of Natural History, New York City, N° 779.
- De Laubenfels MW. 1954. The sponges of the West-Central Pacific. Oregon State College Corvallis. 336 pp.
- De Weerd WH. 2002. Family Chalinidae Gray, 1867. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Debrenne F., A. Zhuravlev, PD. Kruse. 2002. Class Archaeocyatha Bornemann, 1884. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Desqueyroux-Faúndez R., C. Valentine. 2002. Family Callyspongiidae De Laubenfels, 1936. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Díaz MC., RWM. van Soest, K. Rützler, H. Guzmán. 2005. *Aplysina chiriquiensis*, a new pedunculate sponge from the Gulf of Chiriquí, Panamá, Eastern Pacific (Aplysinidae, Verongida). Zootaxa 1012: 1-12.
- Downey R., H. Griffiths, K. Linse, D. Janussen. 2012. Diversity and Distribution Patterns in High South Latitud Sponges. PLoS ONE 7(7): e41672
- Gazave E., P. Lapébie, AV. Ereskovsky, J. Vacelet, E. Renard, P. Cárdenas, C. Borchiellini. 2012. No longer Demospongiae: Homoscleromorpha formal nomination as a fourth class of Porifera. Hydrobiologia 687:3-10.
- Gómez P., JL. Carballo, LE. Vásquez, JA. Cruz. 2002. New records of the sponge fauna (Porifera: Demospongiae) of the Pacific coast of Mexico (Eastern Pacific Ocean). Proceedings of the Biological Society of Washington. 115 (1): 223-237.
- Hooper JNA., RWM van Soest. 2002. Systema Porifera. A Guide to the Classification of Sponges. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

- Hooper JNA, H. Lehnert, S. Zea. 1999. Revision of *Aulospongius* and other Raspailiidae with rhabdostyles (Porifera: Demospongiae). *Memoirs of the Queensland Museum* 43 (2): 649-707. Brisbane.
- Hooper JNA. 2002. Family Raspailiidae Hentschel, 1923. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de El Salvador (ICMARES). 2006. Línea base de las condiciones biofísicas y socioeconómicas del Sistema Arrecifal de Los Cóbanos. Universidad de El Salvador, San Salvador. 150 pp.
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de El Salvador (ICMARES). 2008. Propuesta de "Plan de manejo para el Área Natural Protegida Arrecife Los Cóbanos". Universidad de El Salvador, San Salvador. 201 pp.
- Lehnert H., H. Fischer. 1999. Distribution patterns of sponges and corals down to 107m off North Jamaica. *Memoirs of the Queensland Museum*. Brisbane Queensland Museum 44: 307-316.
- Lizarazo N. 2018. Esponjas asociadas al ecosistema rocoso (riscales y morros) del Pacífico Norte Chocoano, Colombia. Tesis para optar al grado de Biólogo Marino. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, Colombia. 100 pp.
- Luckhurst B., K. Luckhurst. 1978. Analysis of the influence of substrate variable on coral reef fish communities. *Mar. Biol.* 49: 317-323.
- Núñez M., Rodríguez-Quintal JG., MC. Díaz. 2010. Distribución de esponjas (Porifera) a lo largo de un gradiente de profundidad en un arrecife coralino, Parque Nacional San Esteban, Carabobo, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 58 (3): 175 – 187.
- MARN. 2005. Estado del conocimiento de la Biodiversidad en El Salvador. San Salvador, El Salvador. 157 p.
- MARN. 2009. Propuesta de Plan de Manejo del Área Natural Protegida Complejo Los Cóbanos. 360 p.

- MARN. 2014. Invertebrados Marinos de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 96 p.
- Maynard CJ. 1898. Nature Studies No. II. Province II: Sponges. West Newton.
- Pacheco C., JL. Carballo, J. Cortés, J. Segovia, A. Trejo. 2018. Excavating sponges from the Pacific of Central America, descriptions and faunistic record. *Zootaxa* 4370 (5): 451-491.
- Philippe H., R. Derelle, P. Lopez, K. Pick, C. Borchiellini, N. Boury-Esnault, J. Vacelet, E. Deniel, E. Houliston, E. Quéinnec, C. Da Silva, P. Wincker, H. Le Guyader, S. Leys, DJ. Jackson, F. Schreiber, D. Erpenbeck, B. Morgenstern, G. Woörheide, M. Manuel. 2009. Phylogenomics revives traditional views on deep animal relationships. *Current Biology* (19): 706–712.
- Pile AJ., MR. Patterson, M. Savarese, VI. Chernykh, VA. Fialkov. 1997. Trophic effects of sponge feeding within Lake Baikal's littoral zone. Sponge abundance, diet, feeding efficiency and carbon flux. *Limnology and Oceanography* 42(1): 178-184.
- Przelskawski R., S. Ahyong, M. Byrne, G. Wörheides, P. Hutchings. 2008. Beyond corals and fish: the effects of climate change on noncoral benthic invertebrates of tropical reefs. *Global Change Biology*. 14:(2773-2795).
- Rodríguez PRD., G. Muricy. 2007. A new species of *Cinachyra* (Demospongiae: Tetillidae) collected by Project REVIZEE off Espírito Santo State, SE Brazil. Pp. 547-553. En: Custódio MR., G. Lôbo-Hajdu, E. Hajdu, G. Muricy (eds). *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*. Museu Nacional, Rio de Janeiro, Brazil: 694 pp.
- Rützler K. 1978. Sponges in coral reefs. *Coral Reefs: Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology*.
- Rützler K. 1982. The encyclopedia of beaches and coastal environments. *Encyclopedia of earth sciences Vol XV*. Hutchinson Ross Publishing Company. Stroudsburg, Pennsylvania.

- Rützler K. 1995. Low-tide exposure of sponges in a Caribbean mangrove community. *P. S. Z. N. I Mar. Ecol.*, 16: 165-179.
- Rützler K. 2004. Sponges on coral reefs: a community shaped by competitive cooperation. *Boll. Must. Inst. Biol. Univ. Genova.* 68: 85-148.
- Rützler K. 2002. Family Clionidae D'Orbigny, 1851. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges.* Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Sara M., M. Vacelet. 1973. Ecologie des Demosponges, 462-576. In P.P. Grassé (ed.), *Traite de Zoologie. Anatomie, Systematique, Biologie.* Masson & Cie., Paris, Francia.
- Soest Van RWM., N. Boury-Esnault, JNA. Hooper, K. Rützler, NJ. de Voogd, B. Alvarez de Glasby, E. Hajdu, AB. Pisera, R. Manconi, C. Schoenberg, M. Klautau, B. Picton, M. Kelly, J. Vacelet, M. Dohrmann, MC. Díaz, P. Cárdenas, JL. Carballo, P. Rios Lopez. 2017. World Porifera database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/porifera> on 2017-09-01
- Soest Van RWM., N. Boury-Esnault, J. Vacelet, M. Dohrmann, D. Erpenbeck, N. De Voogd, N. Santodomingo, B. Vanhoorne, M. Kelly, JNA. Hooper. 2012. Global Diversity of Sponges (Porifera). *PLoS ONE* 7(4): e35105
- Soest Van RWM. 1994. Demospongiae distribution patterns, 213-223. En: Soest RWM van, Kempenn TMG van, Braekman JC. (Eds.) *Sponges in Time and Space: Biology, chemistry, paleontology.* A.A. Balkema, Rotterdam, 515 p.
- Sterrer W. 1986. Marine fauna and flora of Bermuda: A systematic guide to the identification of marine organisms. A Wiley-Interscience Publication.
- Vacelet J. 1999. Outlook to the future of sponges. *Memoirs of the Queensland Museum* 44: 27-32.
- Vacelet J. 2000. Foreword! Avant-propos. *Zoosystema* 22(2): 183-185.

- Valderrama D., S. Zea. 2003. Esquemas de distribución de esponjas arrecifales (Porifera) del noroccidente del Golfo de Urubá, Caribe Sur, Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost 32: 37-56.
- Van Soest R., KL. Kaiser, R. van Syoc. 2011. Sponges from Clipperton Island, East Pacific. Zootaxa 2839: 1-46.
- Soest Van RWM., E. Hajdu. 2002. Family Mycalidae Lundbeck, 1905. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Soest Van RWM., K. Rützler. 2002. Family Tetillidae Sollas, 1886 En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Soest Van RWM. 2002. Family Tedaniidae Ridley y Dendy, 1886. En: Hooper JNA, van Soest RWM (Eds.) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Voogd De N., DFR. Cleary. 2008. An analysis of sponge diversity and distribution at three taxonomic levels in the Thousand Islands/Jakarta Bay reef complex, West-Java, Indonesia. Marine Ecology 29: 205-215
- Vos de L., K. Rützler, N. Boury-Esnault, C. Donadey, J. Vacelet. 1991. Atlas of Sponge Morphology.
- Wilkinson CR. 1987. Interocean differences in size and nutrition of coral reef sponge populations. Science 236: 1654–1657.
- Wilson HV. 1904. Memoirs of the Museum of Comparative Zoology: The sponges. Reports on an exploration off the west coasts of México, Central and South America, and off the Galapagos Islands. Harvard College.
- Wulff JL. 2006. Ecological interactions of marine sponges. Can. J. Zool. doi:10.1139/z06-019.

Wulff JL. 2012. Ecological Interactions and the Distribution, Abundance and Diversity of Sponges. Smithsonian Institution.

Zea S. 1993. Cover of sponges and other sessile organisms in rocky and coral reef habitats of Santa Marta, Colombian Caribbean Sea. *Caribb. J. Sci.*, 29 (1-2): 75-88.

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Glosario.

**Acantostilo:** Estilo con presencia de espinas.

**Actina:** Rayo de una espícula. Las verdaderas actinas tienen un centro y presentan un eje o canal axial confluyente a otras actinas en el centro. Sufijo que implica la morfología de la espícula. Análogo al sufijo axón.

**Actinocito:** Célula contráctil alargada a menudo agrupada en una estructura parecida a un esfínter alrededor del ósculo, caracterizado por numerosos filamentos de actina dentro de su citoplasma.

**Anatriena:** Una triena donde las puntas se curvan al revés.

**Anisoquela:** Quela con terminaciones desiguales.

**Anisoxa:** Oxa con terminaciones desiguales.

**Arqueocito:** Célula del mesohilo que tiene la capacidad de transformarse en otros tipos celulares.

**Coanocito:** Célula con un flagelo que está rodeado por un collar de microvellosidades citoplasmáticas. Células encargadas de la circulación de agua a través del sistema acuífero.

**Coanosoma:** Región interna de una esponja que incluye las cámaras de coanocitos.

**Colágeno:** Fibras de proteínas que en las esponjas conforman parte de la estructura esquelética

**Conuloso:** Superficie con numerosas proyecciones en forma de cono que emergen desde el esqueleto.

**Córtex:** Región superficial de una esponja reforzada por un esqueleto especial orgánico o inorgánico.

**Corteza:** Área densa que rodea la médula de las fibras.

**Demospongiae:** Esponjas que poseen espículas silíceas y un esqueleto de fibras de espongina, o al menos una de estas características.

**Dendrítica:** Esqueleto que consiste en fibras o tractos simples que se ramifican, pero rara vez se anastomosan.

**Ectosoma:** Región superficial de la esponja que no incluye las cámaras de coanocitos.

**Esclera:** Sinónimo de espícula.

**Esclerocita:** Célula involucrada en la secreción de espículas.

**Espícula:** Componente del esqueleto mineral compuesta principalmente de sílice o carbonato de calcio.

**Espiráster:** Microsclera en forma de bastón espirado con espinas alrededor.

**Espongina:** Sustancia esquelética en Demospongiae compuesta de microfibrillas de colágeno de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  de diámetro

**Espongocito:** Célula encargada de la secreción de fibras de espongina.

**Esqueleto axial:** Tipo de organización esquelética en la que algunos componentes se condensan para formar una región central o eje.

**Esqueleto extra axial:** Esqueleto estructuralmente distinto que surge de una región axial.

**Estilo:** Espícula monoaxónica terminada en punta y con una cabeza redondeada,

**Estrongilo:** Megasclera diactinal con puntas redondeadas.

**Fibra:** Columna (hebra, hilo) de espongina que forma un esqueleto reticulado o dendrítico, con o sin espículas naturales o material foráneo.

**Fístula:** Protuberancia en forma de tubo que emerge de la superficie de la esponja.

**Isoquela:** Quela con terminaciones similares.

**Mesohilo:** Capa ubicada entre el pinacodermo y el endodermo de la esponja organizada laxamente, en la cual, se pueden encontrar fibras de soporte, espículas del esqueleto y una variedad de células ameboides de gran importancia en la digestión, secreción del esqueleto, producción de gametos y el transporte de nutrientes y desechos.

**Médula:** Área central de una fibra compuesta por rizos más o menos difusos de colágeno o de un material de colágeno granular grueso.

**Megasclera:** Espícula de gran tamaño.

**Metazoo:** Organismo pluricelular heterótrofo con células eucariotas que conforman tejidos, órganos y sistemas.

**Micalostilo:** estilo típico del género *Mycale*.

**Microcantoxa:** Oxa microespinada.

**Microsclera:** Pequeña espícula frecuentemente ornamentada.

**Monoaxónica:** Espícula simple no radiada con una sola actina.

**Multiespicular:** Fibra o haz formado por un conjunto de espículas (6 o más) alineadas una detrás de otra.

**Ósculo:** Apertura a través de la cual el agua sale de una esponja.

**Ostia:** Abertura en el exopinacodermo a través del cual el agua entra en la esponja.

**Oxa:** Espícula monoaxónica con ambos extremos terminados en punta.

**Papila:** Estructura del sistema acuífero donde se moviliza el agua, sustancias y partículas alimenticias y los elementos reproductivos.

**Prodiene:** Diene en la que las puntas están dirigidas o curvadas hacia adelante.

**Protriene:** Triene en la que las puntas están dirigidas o curvadas hacia adelante.

**Rafidio:** Microsclera muy delgada similar a un cabello, frecuentemente con tricodragmas.

**Sésil:** Término usado para referirse a un organismo acuático que crece adherido, agarrado o arraigado en su sustrato, del que no se separa y sobre el que no se desplaza.

**Sigma:** Microsclera en forma de C o S.

**Sigmasfira:** Microsclera microespinada en forma de sigma contorsionada.

**Tetraxónica:** Espícula con cuatro actinas.

**Tilostilo:** Estilo con un tilo (protuberancia globular) en uno de los extremos.

**Tilote:** Megasclera diactinal con terminaciones globulares.

**Toxa:** Microsclera en forma de arco.

**Triaxónica:** Espícula con tres actinas.

**Triena:** Megasclera tetractinal con un rayo desigual a los demás, generalmente es mucho más largo que los otros tres.

**Quela:** Microsclera con eje curvo y ala curvada en cada extremo.

**Anexo 2. Hoja de colecta de datos para parámetros físico-químicos y abundancia de esponjas.**

Fecha:	Transecto:			
Sitio:	Turbidez horizontal:			
H. inicio:	Rugosidad			
H. final:	T°			
Profundidad:	Salinidad			
Turbidez vertical:	pH			

Código	Especie	Color	Textura	Tipo de sustrato				Exposición			Posición	
				Roca	Arena	Otro org.	Organismo	Exp	P. exp.	No exp.	H	V