

# Parque Nacional REVILLAGIGEDO

## REPORTE TÉCNICO DE LA EXPEDICIÓN CIENTÍFICA



Gobierno de  
**México**

**Medio Ambiente**  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales



**CONANP**  
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS  
NATURALES PROTEGIDAS



PARQUE NACIONAL  
**Revillagigedo**

*Parque Nacional*  
**REVILLAGIGEDO**

**REPORTE TÉCNICO**  
DE LA EXPEDICIÓN CIENTÍFICA



Gobierno de  
**México**

**Medio Ambiente**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**CONANP**  
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS  
NATURALES PROTEGIDAS



PARQUE NACIONAL  
**Revillagigedo**

Reporte técnico de la expedición científica en el Parque Nacional Revillagigedo (PNR) durante abril, 2023

Coordinación de la expedición: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Parque Nacional Revillagigedo

Encargados de los proyectos.

Jaime Gómez-Gutiérrez<sup>1</sup> Héctor Villalobos Ortiz<sup>1</sup> Adrián Munguia-Vega<sup>2</sup> Elisa Serviere Zaragoza<sup>3</sup> Juan M. López Vivas<sup>4</sup> Carlos A. Sánchez Ortiz<sup>4</sup> Adair A. Gutiérrez Coria<sup>4</sup> Anidia Blanco Jarvio<sup>4</sup> María del Carmen González<sup>5</sup> Jenny Carolina Rodríguez Villalobos<sup>1,6</sup> Arturo Ayala Bocos<sup>6</sup> Yamil A. Carmona Ruiz<sup>7</sup> James T. Ketchum<sup>8</sup> Francisco Omar López Fuerte<sup>4</sup> Cristian Moisés Galván Villa<sup>9</sup> Omar Domínguez Domínguez<sup>10</sup> Benigno Martínez Guerrero<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

<sup>2</sup>University of Arizona

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur

<sup>5</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>6</sup>ECO: Ecosistemas y Conservación, Proazul Terrestre A.C.

<sup>7</sup>Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación A.C.

<sup>8</sup>Pelagios Kakunjá A.C., La Paz, México

<sup>9</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>10</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Fotografía de portada: Matty During

Planeación y gestión del proyecto:

Josué Melesio Tiscareño Villorín | Director encargado del PNR

Luz Eréndida Frías Hernández | Analista en procesos de participación, gestión y manejo del PNR

Coordinador de la expedición:

Osvaldo Hernández González | Líder de monitoreo biológico del PNR

Recopilación de la información:

Melissa Salgado Castejón | Coordinadora de Implementación de Tecnologías en AMPs

Coordinación editorial:

Luz Regina Landeros Gómez | Encargada de comunicación y educación del PNR

Diseño: Amanda González Moreno

Forma sugerida para citar este reporte:

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2025) Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo. (Eds). En Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación y CONANP.



## EXPEDICIÓN CIENTÍFICA 2023

# PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO



# CONTENIDOS

Participantes	ix
Agradecimientos	xi
Logos institucionales	xii
Descripción de la expedición	xiii
Capítulo I: Línea de base del plancton insular del Parque Nacional Revillagigedo	1
<i>Gómez-Gutiérrez et al.</i>	
Capítulo II: Línea base para la caracterización acústica del zooplancton y necton en el Parque Nacional Revillagigedo	45
<i>Villalobos Ortiz et al.</i>	
Capítulo III: Biodiversidad de eucariotas y peces marinos del Parque Nacional Revillagigedo mediante análisis de ADN ambiental	85
<i>Munguía-Véga et al.</i>	
Capítulo IV: Macroalgas en el Parque Nacional Revillagigedo	109
<i>Serviere Zaragoza, López Vivas et al.</i>	
Capítulo V: Biodiversidad de macroinvertebrados de arrecife	129
<i>Sánchez Ortiz et al.</i>	
Capítulo VI: Biodiversidad de gusanos planos marinos policládidos (Platyhelminthes, Polycladida)	145
<i>Gutiérrez Coria et al.</i>	
Capítulo VII: Diversidad de bacterias y potencial microbiológico asociada a esponjas marinas y corales abanicos de mar	159
<i>Blanco Jarvío et al.</i>	
Capítulo VIII: Diversidad de hongos marinos asociados a playas y corales abanicos de mar	165
<i>González et al.</i>	
Capítulo IX: Estado de salud de las colonias coralinas del Parque Nacional Revillagigedo: detección de amenazas	175
<i>Rodríguez Villalobos et al.</i>	
Capítulo X: Ecología de arrecifes rocosos del Parque Nacional Revillagigedo	203
<i>Carmona Ruiz et al.</i>	

Capítulo XI: Abundancia y diversidad de tiburones en el Parque Nacional Revillagigedo	213
<i>Ketchum et al.</i>	
Capítulo XII: Diatomeas epifitas del Parque Nacional Revillagigedo para la Generación de la línea base	229
<i>López Fuerte et al.</i>	
Capítulo XIII: Detección de especies exóticas marinas en el Parque Nacional Revillagigedo	239
<i>Galván Villa</i>	
Capítulo XIV: Lista sistemática de los peces óseos del Archipiélago de Revillagigedo	245
<i>Domínguez Domínguez</i>	
Capítulo XV: Mapeo de mangle botoncillo ( <i>Conocarpus erectus</i> ) y análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada	251
<i>Martínez Guerrero et al.</i>	
Referencias	259
Material complementario	275





## PARTICIPANTES

Al ser una expedición multidisciplinaria se contó con la participación de 22 científicos pertenecientes a 5 universidades y/o centros de investigación, 4 asociaciones civiles y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - dirección Parque Nacional Revillagigedo (Tabla I. Lista de participantes para la “Expedición Científica 2023 — Parque Nacional Revillagigedo”).

**TABLA I.** Lista de participantes para la “Expedición Científica 2023 — Parque Nacional Revillagigedo”

No.	Nombre y apellidos	Función en la expedición	Institución
1	Josué Melesio Tiscareño Villorín	Director del Parque Nacional Revillagigedo	CONANP
2	Oswaldo Hernández González	Líder de expedición	CONANP/PNUD
3	Nathaniel Rivera Reyes	Monitoreo de invertebrados	CONANP/PNUD
4	Penélope Berumen Solórzano	Monitoreo de Peces	CONANP/FAO
5	Carlos Paúl Vargas Cossio	Monitor	CONANP
6	Adrián Munguía-Vega	ADN ambiental	UA
7	Arturo Ayala Bocos	Salud Coralina	ECO
8	Adair Adolfo Gutiérrez Coria	Biodiversidad arrecifal	UABCS
9	Benigno Gustavo Guerrero Martínez	Monitoreo de peces	CBMC
10	Carlos Aguilera Calderón	Documentalista	Arte Vivo
11	Carlos Armando Sánchez Ortiz	Biodiversidad arrecifal	UABCS
12	Cristian Moisés Galván Villa	Especies exóticas	U de G
13	Deneb Saldierna Cálapiz	Monitoreo de Peces	Ciencias BCS
14	Fernando Manuel Duarte Ramos	Monitoreo de Peces	UABCS
15	Héctor Villalobos Ortiz	Acústica	CICIMAR-IPN
16	Hugo Sánchez Gómez	BRUVS	Pelagios Kakunjá

No.	Nombre y apellidos	Función en la expedición	Institución
17	Israel Moreno Barrientos	Macroalgas	UABCS
18	Jaime Gómez Gutiérrez	Plancton	CICIMAR-IPN
19	José Carlos Fernando San Esteban Belmar	Salud Coralina	CICIMAR-IPN
20	Melissa Salgado Castrejón	Monitoreo de invertebrados	CBMC
21	Omar Domínguez Domínguez	ADN de Peces	UMSNH
22	Omar López Fuerte	Macroalgas	UABCS

## AGRADECIMIENTOS

Todas las investigaciones fueron financiadas por el proyecto de Blue Nature Alliance/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas para fortalecer las capacidades del Parque Nacional Revillagigedo. Los análisis del plancton del laboratorio del Dr. Jaime Gómez Gutiérrez fueron financiados por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) a través de múltiples proyectos de investigación realizados durante 2023 (SIP-IPN: 20230492, SIP20231412, SIP20231782, 20240731, 20240492, 20240637), asignados al Dr. Jaime Gómez Gutiérrez, Dr. René Funes Rodríguez y Dr. Roxana De Silva-Dávila. Se agradece el apoyo del Posgrado del Instituto Politécnico Nacional a través del proyecto SIP-20231300 otorgado al Dr. Héctor Villalobos Ortiz. El Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación A.C. proporcionó recursos complementarios para llevar a cabo los análisis de laboratorio de ADN ambiental del Dr. Adrián Munguía Vega. Se agradece el apoyo de la embarcación "Quino el Guardian", Dora Sierra Palma y toda la tripulación.

Este reporte se ha logrado gracias a la colaboración de diferentes instituciones:

- Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación, A.C. (CBMC)
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR)
- Centro Interdisciplinario en Ciencias Aplicadas de Baja California Sur, A.C. (CIENCIAS BCS)
- Ecosistemas y Conservación: Proazul Terrestre, A.C. (ECO)
- Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN)
- Pelagios Kakunjá, A.C.
- Universidad Nacional Autónoma de Baja California Sur (UABCS)
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
- Universidad de Guadalajara (U de G)
- Universidad de Arizona (UA)

**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



## DESCRIPCIÓN DE LA EXPEDICIÓN

En el marco de la investigación científica en el Archipiélago de Revillagigedo, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), bajo la dirección del Parque Nacional Revillagigedo (PNR), promovió una expedición multidisciplinaria dedicada al estudio del medio marino. Esta expedición se llevó a cabo entre el 16 y el 25 de abril de 2023, con la participación de 18 científicos a bordo de un buque que recorrió todas las islas del archipiélago. Dada la considerable distancia entre las islas del PNR, los esfuerzos se centraron en Clarión, San Benedicto y Roca Partida. Además, un equipo más pequeño realizó actividades entre el 5 y el 15 de mayo de 2023 para complementar y expandir la base de datos existente.

### OBJETIVOS DE LA EXPEDICIÓN

- 1. Ampliar la base de conocimiento científico:**
  - a. Recopilar datos en diversas disciplinas para incrementar la comprensión general del ecosistema marino en el Parque Nacional Revillagigedo.
  - b. Investigar aspectos biológicos y ecológicos para obtener una visión más interdisciplinaria de la diversidad y funcionamiento del entorno.
- 2. Establecer una línea base para futuras investigaciones:**
  - a. Recolectar información detallada sobre la fauna, flora, condiciones ambientales que sirvan como referencia para estudios a largo plazo.
  - b. Proporcionar datos comparativos que faciliten el seguimiento de cambios a lo largo del tiempo en el archipiélago.
  - c. Utilizar datos previos como referencia para identificar patrones y cambios en el tiempo.
- 3. Concentrarse en islas específicas:**

- a. Dirigir los esfuerzos de investigación hacia las islas con menor exploración o conocimiento.
  - b. Obtener información detallada sobre estas islas para comprender mejor su papel en el ecosistema general del archipiélago.
4. **Proporcionar información crucial para la toma de decisiones futuras:**
- a. Generar datos científicos que puedan ser utilizados por las autoridades, especialmente la CONANP, para tomar decisiones informadas sobre la gestión y conservación del Parque Nacional Revillagigedo.
  - b. Utilizar los resultados de la expedición para proponer recomendaciones concretas destinadas a mejorar las estrategias de gestión y conservación del Parque Nacional Revillagigedo.

## COMPROMISO CON LA PRESERVACIÓN Y EL MANEJO SOSTENIBLE

Este esfuerzo representa el compromiso constante de la CONANP y los científicos involucrados con la preservación y el manejo sostenible del patrimonio natural, destacando la necesidad de exploración y análisis continuos para asegurar la protección efectiva del Parque Nacional Revillagigedo.

### LOGROS DE LA EXPEDICIÓN:

- **Establecimiento de Líneas Base para Investigaciones Futuras:** recolección de datos ambientales y biológicos detallados que servirán como referencia para estudios a largo plazo.
- **Monitoreo Arrecifal y de salud coralina:** se realizaron monitoreos detallados en las cuatro islas para evaluar la salud de los arrecifes y detectar especies invasoras mediante video transectos y ADN ambiental.
- **Recolección de Datos de Biodiversidad:** se recopilieron datos de peces, invertebrados y macroalgas, así como estudios pioneros con muestras de

plancton y análisis hidroacústicos en múltiples sitios. Se destaca el descubrimiento e identificación de nuevas especies.

- **Evaluación de Especies de Zooplancton:** identificación y cuantificación de taxones de zooplancton, incluyendo especies altamente abundantes como copépodos, misidáceos y huevos de peces.
- **Mapeo de Manglares:** en la isla Socorro, se llevaron a cabo actividades de mapeo de manglar para comprender mejor estos ecosistemas específicos.
- **Apoyo a la Gestión y Conservación:** los datos recopilados proporcionan una base científica sólida para la toma de decisiones informadas sobre la gestión y conservación del Parque Nacional Revillagigedo, incluyendo recomendaciones concretas para mejorar las estrategias actuales.

## PLAN DE TRABAJO

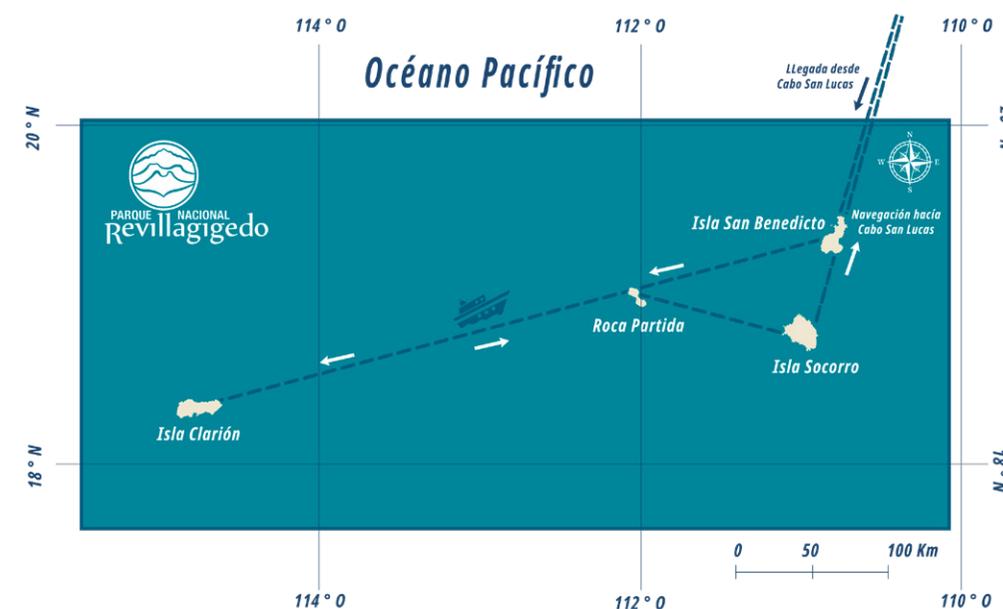


Figura 1. Ruta de la expedición 2023 en el Parque Nacional Revillagigedo.

La expedición del año 2023 se estructuró en dos fases, siendo la primera ejecutada a bordo del Liveaboard “Quino el Guardián”, con una duración de 9 días. El itinerario de ida, partiendo del puerto de San José del Cabo el 16 de abril, abarcó una extensa travesía que involucró múltiples sitios estratégicos (Tabla II). Descripción detallada del plan de trabajo de la expedición a bordo del Liveaboard “Quino el Guardián”. La embarcación exploró con detalle 15 sitios, en donde se llevaron a cabo distintas actividades de índole científica. La expedición culminó con el retorno al puerto el día 27 de abril.

La segunda parte se enfocó solamente en la isla Socorro con una duración de 10 días abarcando 7 sitios Tabla III. Descripción detallada del plan de trabajo para la segunda salida de la expedición enfocada únicamente en Isla Socorro. en donde solo se realizaron cuatro actividades, la primera el monitoreo ecológico, colecta de macroalgas, monitoreo de salud coralina y mapeo de manglar.

**TABLA II.** Descripción detallada del plan de trabajo de la expedición a bordo del Liveaboard “Quino el Guardián”.

Fecha	Isla	Sitio	Actividades	Latitud N	Longitud W	Hora
16 abril	Salida de puerto desde San José del Cabo			23.0627°	-109.6744°	6:00 PM
18 abril	Isla San Benedicto	El Fondeadero	Prueba de equipo y aclimatación	19.2982°	-110.80929°	7:00 AM
18 abril		El Boiler	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, Hidroacústica, Arrastre de plancton, BRUVS	19.3301°	-110.81393°	10:30 AM

Fecha	Isla	Sitio	Actividades	Latitud N	Longitud W	Hora
18 abril		Parte Norte	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, Hidroacústica, Arrastre de plancton, BRUVS	19.3354°	-110.8009°	2:30 PM
19 abril		El Cañón	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, Hidroacústica, Arrastre de plancton, BRUVS	19.2978°	-110.8046°	7:00 AM
19 abril		El Zoológico	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, Hidroacústica	19.2980°	-110.81376°	10:30 AM
19 abril		Las Cuevitas	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, Hidroacústica, Arrastre de plancton, BRUVS	19.3234°	-110.7910°	2:30 AM

Fecha	Isla	Sitio	Actividades	Latitud N	Longitud W	Hora
20 abril	Navegación con rumbo a Roca Partida e Hidroacústica (en ruta)					
21 abril	Navegación con rumbo a Isla Clarión e Hidroacústica (en ruta)					
22 abril	Isla Clarión	Islote sureste (Roca Cuervo)	Monitoreo arrecifal, monitoreo de salud coralina, video transecto para detección de especies invasoras, ADN ambiental, colecta de peces, invertebrados y macroalgas, acústica, arrastres de plancton, BRUVS	18.3543°	-114.68315°	7:00 AM
22 abril		Herradura Punta Faro	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, acústica, BRUVS	18.3405°	-114.7350°	10:30 AM
22 abril		Barbas de Bin Laden	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, acústica, BRUVS	18.3425°	-114.72631°	2:30 AM

Fecha	Isla	Sitio	Actividades	Latitud N	Longitud W	Hora
22 abril		Punta este	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, acústica, arrastres de plancton	18.3609°	-114.6798°	4:30 AM
23 abril		Caleta norte	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, acústica, arrastres de plancton, BRUVS	18.3706°	-114.6946°	7:00 AM
23 abril		Punta suroeste	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, acústica, arrastres de plancton	18.3386°	-114.7521°	10:30 PM
23 abril		Roca cuervo (monumento)	Monitoreo arrecifal, monitoreo de salud coralina, video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, colecta de peces, invertebrados y macroalgas, acústica	18.3446°	-114.6994°	2:30 PM

Fecha	Isla	Sitio	Actividades	Latitud N	Longitud W	Hora
23 abril	Navegación con rumbo a Roca Partida y acústica (en ruta)					
24 abril	Roca Partida	Roca Partida	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, Acústica	19.0088°	-112.0822°	2:00 PM
24 abril	Navegación a Socorro y acústica (en ruta)					
25 abril	Socorro	Punta tosca	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para Detección de especies invasoras, ADN ambiental, Colecta de peces, Invertebrados y macroalgas, Acústica, Arrastre de plancton, BRUVS	18.7799°	-111.0471°	7:00 AM
25 abril		Sector Naval	Reunión con las Autoridades del Sector Naval e Investigadores	18.7268°	-110.9526°	11:00 AM
25 abril	Navegación de regreso hacia San José del Cabo zarpando de Isla Socorro					

TABLA III. Descripción detallada del plan de trabajo para la segunda fase de la expedición enfocada únicamente en Isla Socorro.

Fecha	Isla	Sitio	Actividades	Latitud	Longitud
05 mayo	Isla Socorro	Vargas Lozano	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Video transecto para detección de especies invasoras	18.721764°	-110.943662°
05 mayo		El Barquito	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Colecta de macroalgas	18.729315°	-110.957745°
08 mayo		La Braulia	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina	18.725788°	-110.939949°
08 mayo		El Acuario	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Colecta de macroalgas	18.752312°	-111.004996°
14 mayo		Punta Norte (Playa norte)	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina, Mapeo de manglar	18.863964°	-110.982236°
14 mayo		Cabo Pearce	Monitoreo arrecifal, Monitoreo de salud coralina	18.777305°	-110.910117°
23 mayo		Playa Blanca	Mapeo de manglar	18.18.814°	-110.95727°

## CAPÍTULO 1

# LÍNEA DE BASE DEL PLANCTON INSULAR DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO



---

### DIRECTOR DE PROYECTO:

Jaime Gómez-Gutiérrez<sup>1</sup>

### COLABORADORES:

Héctor Villalobos-Ortiz<sup>1</sup>, Franklin García-Fernández<sup>1</sup>, Aída Martínez-López<sup>1</sup>, Ricardo J. Saldierna-Martínez<sup>1</sup>, René Funes-Rodríguez<sup>1</sup>, Claudia A. Silva-Segundo<sup>1,2</sup>, Ricardo J. Palomares-García<sup>1</sup>, Alejandro T. Hinojosa-Medina<sup>1</sup>, Bertha E. Lavaniegos<sup>3</sup>, Ángel Silveyra-Bustamante<sup>3</sup>, María Moreno-Alcántara<sup>4</sup>, Roxana De Silva-Dávila<sup>1</sup>, Horacio Lozano-Cobo<sup>5</sup>, Virginia Martínez-Quintero<sup>5</sup>, Rogelio González-Armas<sup>1</sup>, Martín E. Hernández-Rivas<sup>1</sup>, Osvaldo Hernández-Gonzalez<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Ave. IPN s/n, La Paz, Baja California Sur, CP 23096, México

<sup>2</sup>Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, CP 23080, México

<sup>3</sup>Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Baja California, México

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Laboratorio de Oceanografía Biológica, Edificio CE-MIC-01, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo" s/n, CP 63000, Tepic, Nayarit, México

<sup>5</sup>Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, CP 09340, Ciudad de México, México

<sup>6</sup>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Parque Nacional Revillagigedo, La Paz, Baja California Sur, CP 23094, México

## RESUMEN

La línea base de la estructura de la comunidad del plancton insular del Parque Nacional Revillagigedo (PNR) fue investigada en abril del 2023 para comprender la trofodinámica de este ecosistema oceánico tropical que sustenta una diversa y saludable megafauna que propicia una económicamente rentable industria ecoturística. El fitoplancton insular en el PNR, recolectado con red de 20 micras  $\mu\text{m}$  y botellas Niskin, se caracterizó por el predominio de pequeñas especies de dinoflagelados desnudos (cuantitativo) y baja abundancia de especies de mayor tamaño celular. Una característica distintiva fue la presencia de taxones de diatomeas en cadenas poco silicificadas con la notable presencia de taxones como *Rhizosolenia*, *Amphisolenia* y *Ornithocercus* que realizan simbiosis con cianobacterias. Estas asociaciones simbióticas sugieren condiciones favorables para la fijación de nitrógeno, una adaptación favorable en hábitats con condiciones oligotróficas tropicales. Las comunidades de microfitoplancton difieren entre islas. Los dinoflagelados fueron las especies más abundantes en las estaciones localizadas al oeste y las diatomeas al este de las Islas Revillagigedo. Se recolectaron 28 grupos taxonómicos de zooplancton con redes de 300, 500 y 1000  $\mu\text{m}$  identificando un total de 233 taxones al nivel taxonómico más preciso para Siphonophorae, Trachymedusae, Anthoathecata, Limnomedusae, Narcomedusae, Ctenophora, Copepoda, Euphausiacea, Decapoda, Amphipoda, Mysida, Isopoda, Pterotracheoidea, Pteropoda, Nudibranchia, Cephalopoda, Thaliacea, Chaetognatha y huevos y larvas de peces. La comunidad insular de zooplancton de las cuatro Islas Revillagigedo se caracterizó por una predominancia de copépodos, huevos de peces y mísidos. Sin embargo, en las redes de malla de 500 y 1000  $\mu\text{m}$  se colectó una baja abundancia relativa de copépodos y una alta abundancia relativa de huevos de peces y del misida *Mysidium* (*Mysidium*) *cf. rickettsi* Harrison y Bowman, 1987. *M. cf. rickettsi* fue la especie individual más abundante reportada en el hábitat insular de Revillagigedo en abril de 2023. Las grandes agregaciones de *M. cf. rickettsi* probablemente sustentan parte de la megafauna zooplanctófaga (mantas y tiburones ballena) así como la fauna bentónica y demersal que habita permanente

o temporalmente las islas. La estructura de la comunidad insular de zooplancton de Revillagigedo es considerablemente distinta a la del zooplancton (recolectado utilizando la misma metodología de muestreo y la red de zooplancton) encontrado a lo largo de la costa continental del noroeste de México, donde los copépodos típicamente representan entre el 60-80% de la estructura de la comunidad de zooplancton y en Revillagigedo < 30% de la abundancia relativa. El isópodo del hábitat bentónico *Eurydice caudata* Richardson, 1899, raramente colectado en muestras diurnas, fue numéricamente dominante en muestras nocturnas en la columna de agua, representando un importante microdepredador de organismos zooplanctónicos particularmente vulnerables como larvas de peces y eufáusidos. Las Islas Revillagigedo tienen una inusual abundancia de zooplancton insular en comparación con el zooplancton oceánico en el Pacífico tropical oriental y los hábitats costeros ubicados en el noroeste de México continental. Uno de los resultados más sobresalientes del presente estudio fue la elevada abundancia relativa de huevos de peces registrada en las Islas Revillagigedo, que representa el 21% de la abundancia total de zooplancton, no observada en ninguna otra localidad en estudios previos realizados en la región noroeste de México. Proponemos la hipótesis de que un ecosistema saludable con alta biomasa de bancos de peces está directamente asociado con la abundancia relativa de huevos de peces en la abundancia total de zooplancton, lo que sugiere que la abundancia relativa de huevos en la abundancia total de zooplancton es un índice ecosistémico valioso para inferir la salud del ecosistema.

## INTRODUCCIÓN

Las Islas Revillagigedo forman parte del Parque Nacional marino más grande de México y el Pacífico Nororiental (148,088 km<sup>2</sup>) ubicado en la región oceánica norte del Pacífico Oriental Tropical (POT). Las islas se localizan entre 698 y 1096 km al oeste de la costa del estado de Colima en México. Los estudios pioneros de plancton insular se enfocaron en la diversidad y abundancia de diatomeas bentónicas en las islas San Benedicto y Socorro (Siqueiros-Beltrones et al., 2021, 2022).

Siqueiros-Beltrones et al. (2021) identificaron 167 taxones agregados al listado de especies del ensamble de diatomeas marinas bentónicas del Archipiélago de Revillagigedo, sumando el total a 397 taxones en general, incluidos 52 taxones que son posiblemente nuevos registros para la costa del Pacífico mexicano. Entre los géneros más conspicuos se encuentran *Mastogloia* con cinco nuevos taxones y siendo el género más diverso (55 taxones), seguido de *Cocconeis* (27), *Nitzschia* (24), *Amphora* (23), *Navicula* (19), *Diploneis* (17) y *Grammatophora* (15) (Siqueiros-Beltrones et al., 2021). Siqueiros-Beltrones et al. (2022) informaron posteriormente 23 nuevos registros de taxones de *Mastogloia* recolectados de talos de macroalgas rojas y marrones (bentónicas) que se suman a la florística de diatomeas epifitas, sumando un total de 51 taxones de *Mastogloia*. Se reportaron dos especies de dinoflagelados (*Prorocentrum panamense* y *Ostreopsis lenticularis*) en las cuatro Islas Revillagigedo (Gárate-Lizárraga y González-Armas, 2017; Gárate-Lizárraga et al., 2018). Verdi et al. (1994) identificaron en un estudio cualitativo la presencia de géneros de tintínidos como *Codonellopsis*, *Eutintinnus*, *Parafavella* y *Salpingella*, así como dinoflagelados de los géneros *Ceratium* y *Prorocentrum*. El presente estudio es la primera estimación de la diversidad de diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias fitoplanctónicas reportadas cuantificando además la abundancia y diversidad de tintínidos en las cuatro Islas Revillagigedo.

El zooplancton ha sido considerablemente bien estudiado en la Pacífico Oriental Tropical a través de numerosos cruceros oceanográficos inicialmente derivados del programa pionero EASTROPAC en la década de 1960 (Blackburn et al., 1970; Beers et al., 1971, Longhurst, 1976; Fernández-Álamo y Färber-Lorda, 2006, Décima et al., 2016), pero prácticamente inexplorado en la región insular de cada isla de Revillagigedo (Stewart et al., 2016). Se ha investigado la estructura de la comunidad de zooplancton alrededor de varias islas oceánicas de la Pacífico Oriental Tropical como el Archipiélago de las Islas Marías (Gómez-Gutiérrez et al., 2014), Islas Cocos (Esquivel-Garrote y Morales-Ramírez, 2020a,b) e Islas Galápagos (Figueroa, 2010, 2021) donde los hábitats son "oasis" con estructuras de comunidades de zooplancton distintivas a las observadas en aguas oceánicas del Pacífico Oriental Tropical (Saltzman y Wishner, 1997a,b; Gutiérrez-Bravo et al., 2022; Décima et al., 2016). Be-

nett y Schaefer (1960) revelaron que los volúmenes de zooplancton cerca de la isla Clarión eran considerablemente bajos en comparación con otras áreas del Pacífico Tropical Oriental. Este estudio también registró copépodos, anélidos pelágicos, larvas nauplio y huevos de peces. Fernández-Álamo y Färber-Lorda (2006) realizaron una revisión bibliográfica exhaustiva de los patrones espaciales y temporales del zooplancton en el Pacífico Tropical Oriental, así como las interacciones con los factores oceanográficos que afectan su distribución, abundancia y dinámica trófica en aguas oceánicas. Existen también, algunos registros aislados de cnidarios en el zooplancton de las Islas Revillagigedo (Estrada-González et al., 2023).

La distribución vertical del zooplancton en relación con la capa mínima de oxígeno ha sido ampliamente investigada en relación con la hipótesis de compresión del hábitat que establece que la capa mínima de oxígeno poco profunda es un estrato que deja un hábitat óxico estrecho en los primeros 40-100 m de la columna de agua (Longhurst, 1976; Wishner et al., 2013; Färber-Lorda y Färber-Data 2023). Se trata de un proceso ecológicamente relevante en el contexto del cambio climático global y de la expansión latitudinal de la capa mínima de oxígeno en latitudes medias (Saltzman y Wishner, 1997a, b; Stramma et al., 2018; Gutiérrez-Bravo et al., 2022).

El Pacífico Tropical Oriental es un ecosistema con baja concentración promedio de oxígeno disuelto (con somera capa mínima de oxígeno <20  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  entre 60-200 m profundidad) y alta temperatura (promedio  $29.7 \pm 1.3^\circ\text{C}$ ) que ha causado notables adaptaciones morfológicas y fisiológicas en especies endémicas de especies holo planctónicas como los copépodos *Eucalanus inermis*, *Pontellina nieca* y *Pleuromamma johnsoni* y eufáusidos *Euphausia eximia*, *E. distinguenda*, *E. lamelligera* y *Hansarsia gracilis* que se han adaptado a las condiciones de deficiencia de oxígeno disuelto y alta temperatura que ocurrieron después del levantamiento del istmo de Panamá que separó la circulación oceánica entre el Atlántico y el Pacífico (Brinton 1979; Fernández-Álamo y Färber-Lorda 2006). El zooplancton en las regiones costeras neríticas del continente es más abundante y diverso que en el archipiélago de las Islas Marías (Gómez-Gutiérrez et al., 2014; Franco-Gordo et al., 2015; Ambriz-Arreola et al., 2017, 2018) y probablemente incluso considerablemente más

abundante y diverso que el zooplancton en las islas oceánicas de Revillagigedo. Shih (1979) propuso que la rica biodiversidad de especies endémicas en el Pacífico Oriental Tropical podría estar estrechamente relacionada con la complejidad oceanográfica e hidrográfica de la región. Esta singularidad biogeográfica apoya la idea de que el Pacífico Tropical Oriental constituye una región biogeográficamente distintiva dentro del Océano Pacífico. Existen algunos registros de zooplancton en las Islas Revillagigedo de cnidarios (Estrada-González et al., 2023) y observaciones *in situ* de mantas alimentándose de agregaciones de copépodos, eufáusidos y misidáceos no identificados (Stewart et al., 2016, 2019). Sin embargo, la estructura de la comunidad de zooplancton en hábitats insulares de Revillagigedo, donde se acumula una gran megafauna y biodiversidad, aún no ha sido estudiada en detalle y se desconoce qué especies predominan numéricamente en las rutas de carbono de la red trófica insular. Cabe destacar que la biología y ecología trófica de las Islas Revillagigedo es prácticamente desconocida, aunque ya existe una investigación de los riesgos asociados a la contaminación por microplásticos para el zooplancton (Pelamatti et al., 2021).

Una industria rentable de ecoturismo de buceo se ha desarrollado en las Islas Revillagigedo (Ruíz-Sakamoto, 2015), donde el turismo se maravilla con una gran megafauna (mantarrayas, tiburones ballena, tiburones, tortugas marinas y ballenas barbadas) y densos bancos de peces teleósteos. Sin embargo, actualmente se desconoce qué es lo que energéticamente sustenta a esta carismática megafauna y qué tan diverso y productivo es el hábitat insular de las Islas Revillagigedo. En la presente investigación probamos la hipótesis de que la estructura de la comunidad de zooplancton insular es considerablemente distinta y con menor abundancia total en proporción de sus componentes taxonómicos de especies del zooplancton recolectados en hábitats costeros localizados a lo largo del noroeste de México debido al aislamiento geográfico de las islas oceánicas de Revillagigedo (además frecuentemente perturbadas por los huracanes de verano).

Considerando el nivel ecosistémico saludable actual de las Islas Revillagigedo se espera una elevada abundancia relativa de huevos y larvas propiciado por la

protección de no pesca de este parque nacional desde 2017 a la actualidad. Los objetivos de la presente investigación fueron: 1) reportar el primer listado taxonómico y abundancia fitoplancton, tintínidos, micro-, meso- y macrozooplancton en hábitats insulares de las cuatro islas de Revillagigedo muestreadas con cuatro redes distintas de zooplancton (de fitoplancton y tintínidos (20  $\mu\text{m}$ ) y, mesozooplancton 300, 500 y macrozooplancton 1000  $\mu\text{m}$  de luz de malla) y 2) comparar la estructura de la comunidad de mesozooplancton de Revillagigedo con otras comunidades de zooplancton ubicadas a lo largo de la costa de la región del noroeste de México. Esta comparación es un indicador ecosistémico cual es la diversidad y productividad existente en las Islas de Revillagigedo (en una época del año que se espera estacionalmente hablando su mayor abundancia) en comparación con los ecosistemas costeros continentales ubicados a lo largo de las regiones de la península de Baja California, el Golfo de California y el Pacífico Central mexicano. También se explora qué especies de zooplancton, por su elevada abundancia relativa y frecuencia de aparición encontradas en las cuatro Islas Revillagigedo podrían sustentar a la megafauna con hábitos alimentarios zooplanctófagos presentes en estas islas oceánicas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Trabajo de campo

El muestreo de condiciones ambientales, fitoplancton y zooplancton se realizó a bordo del Liveaboard "Quino el Guardián" entre el 16 y 27 de abril, 2023 en el hábitat insular de las cuatro islas del Parque Nacional Revillagigedo (San Benedicto, Clarión, Roca Partida y Socorro). La ubicación de los 10 sitios de muestreo se determinó con un GPS (Figura 2). Los perfiles verticales de temperatura y salinidad del agua de mar se registraron con un CTD SonTek CastAway en la mayoría de los sitios de muestreo para construir un diagrama temperatura-salinidad (T-S) para inferir qué masas de agua de mar estaban presentes en las Islas Revillagigedo siguiendo los criterios de intervalo de temperatura-salinidad de las masas de agua marinas

del noroeste de México (Portela et al., 2016). Se recolectó un total de 20 muestras de fitoplancton (10 con red de 20  $\mu\text{m}$  y 10 con Botella Niskin de 5 L) y 30 muestras de zooplancton (con redes de 300, 500 y 1000  $\mu\text{m}$ ) en las cuatro islas del Parque Nacional Revillagigedo para tener una representación amplia de la diversidad planctónica dependiente de talla y capacidades de evasión a la red de los organismos muestreados. Cada red de zooplancton fue remolcada con un cabo desde la popa de la panga durante 10 min cerca de la superficie ( $\leq 5$  m de profundidad) con la embarcación ligeramente en forma curva para mantener la red fuera de la turbulencia causada por el motor de la panga (Ventura-Domínguez et al., 2022).

### FITOPLANCTON Y MICROZOOPLANCTON

Se recolectaron muestras de agua superficial del mar en 10 estaciones de muestreo de botellas Niskin para determinar la abundancia y composición específica del fitoplancton y el grupo de microzooplancton de los tintínidos. Además, se recolectaron 10 muestras no cuantitativas adicionales de fitoplancton remolcando una red de malla de 20  $\mu\text{m}$  (60 cm de diámetro) durante 10 min. La cuantificación de nanoplancton (2-20  $\mu\text{m}$ ) y microfitoplancton (>20  $\mu\text{m}$ ) se realizó utilizando muestras de agua fijadas al 1% con una solución de Lugol, siguiendo el método de Utermöhl (Hasle, 1978). Los taxones de las muestras de fitoplancton se contaron e identificaron utilizando un microscopio invertido (CKX41, Olympus) equipado con objetivos de 10 $\times$ , 20 $\times$  y 40 $\times$  y contraste de fase. Este procedimiento se realizó a 40 $\times$ , revisando el total de las muestras de fitoplancton. La identificación de especies de fitoplancton se realizó utilizando trabajos de Cupp (1943), Round et al. (1990), Schiller (1937a, b), Sundström (1986), Taylor (1976), Tomas (1996). La revisión de nombres taxonómicos actualizados se realizó consultando las bases de datos World Register of Marine Species ([www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org)) y AlgaeBase (Listing of World Algae's, [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)). Los tintínidos se identificaron con la clave de identificación estándar de Zhang et al. (2012) y consultando varios artículos científicos sobre este grupo taxonómico.



Figura 2. Localización de los sitios de muestreo de CTD, fitoplancton y zooplancton realizados durante abril de 2023 en las cuatro Islas Revillagigedo (islas no mostradas a escala de tamaño).

### MESOOZOOPLANCTON Y MACROZOOPLANCTON

Las muestras de zooplancton se recolectaron en 10 sitios de muestreo en las cuatro islas a bordo de un bote inflable rígido (8,5 m de longitud impulsado por un motor fuera de borda) utilizando tres redes de zooplancton distintas cada una con un diámetro de boca estándar de 60 cm, redes cónicas de 2,1 m de longitud de 300, 500  $\mu\text{m}$  para mesozooplancton y red de malla de 1000  $\mu\text{m}$  para macrozooplancton. Todas las muestras cuantitativas de zooplancton con red de plancton se realizaron durante horas diurnas (7:00-18:00 h). Además, el zooplancton se filmó in situ durante las actividades diurnas de buceo utilizando una cámara digital Go-Pro 7 para observar las agregaciones de zooplancton y el comportamiento social bajo condiciones naturales. Las muestras de la malla de 300  $\mu\text{m}$  se preservaron en solución de formol diluido al 5% neutralizado con borato de sodio saturado. Las

muestras de zooplancton de 500 y 1000  $\mu\text{m}$  se preservaron utilizando etanol no desnaturalizado al 96%. Se hizo un recambio del etanol cuando se midió el biovolumen en CICIMAR-IPN. Cada red de zooplancton se equipó con un flujómetro digital calibrado (General Oceanics, R2030) para calcular su respectivo volumen de agua de mar filtrada ( $\text{m}^3$ ) en cada arrastre de plancton. Se recolectaron tres muestras no cuantitativas de zooplancton durante la noche en la plataforma de popa del Liveaboard "Quino El Guardián" utilizando una red de acuario de mano de 300  $\mu\text{m}$  de luz de malla ayudado con una lámpara de luz multiespectral LED de 120W para atraer el zooplancton con foto tactismo positivo. El zooplancton fue fotografiado y filmado en video a bordo utilizando un estereoscopio Carl Zeiss Stemi 2000 equipado con una cámara digital AxioCam Carl Zeiss. Este método de muestreo no cuantitativo proporcionó la primera información sobre las especies numéricamente dominantes durante el día y la noche en el hábitat insular de las Islas Revillagigedo.

#### Trabajo de laboratorio

El volumen de zooplancton se midió de las muestras colectadas con las mallas de 300, 500 y 1000  $\mu\text{m}$  en laboratorio en el CICIMAR-IPN (después de la preservación química) utilizando el método de volumen de desplazamiento estándar (Beers, 1976). El etanol de las muestras (malla de 500 y 1000  $\mu\text{m}$ ) se reemplazó por completo después de medir el volumen de zooplancton. El volumen desplazado del zooplancton se estandarizó a mililitros de zooplancton por 1000  $\text{m}^3$  ( $\text{mL}/1000 \text{m}^3$ ) (Smith y Richardson, 1977). Se obtuvieron muestras de zooplancton de dos submuestras distintas replicadas de 10-60 mL (sin reemplazo) con una pipeta Hensen-Stempel calibrada de 10 mL (Wildco, EE. UU.) para identificar y cuantificar la abundancia de los principales grupos taxonómicos de zooplancton más abundantes para inferir la abundancia relativa de cada grupo taxonómico en todo el conjunto de zooplancton. Se contaron e identificaron grupos taxonómicos de baja abundancia como larvas de peces, paralarvas e isópodos en muestras diurnas a partir de toda la muestra de zooplancton (sin submuestreo). El volumen filtrado se utilizó posteriormente para

calcular la abundancia estandarizada por grandes grupos taxonómicos y para cada especie identificada siguiendo métodos estándar (Smith y Richardson, 1977).

Los organismos zooplanctónicos se identificaron inicialmente a grandes grupos taxonómicos (de nivel de Filo a Orden) siguiendo los criterios taxonómicos y filogenéticos de Newell y Newell (1970), Tood et al. (2006), Martin et al. (2014). El estatus de cada taxa fue verificado en la base de datos World Register of Marine Species (WORMS; <https://www.marinespecies.org/>). La abundancia de los principales grupos taxonómicos de zooplancton se calcularon siempre a partir de toda la muestra para ictioplancton y cefalópodos, y ocasionalmente para algunos grupos taxonómicos de baja abundancia o a partir de una alicuota, y posteriormente se estandarizaron a número de individuos por 1000  $\text{m}^3$  ( $\text{inds.}/1000 \text{m}^3$ ) utilizando el volumen de agua de mar filtrada calculado de su respectiva estación de muestreo. Los recuentos de organismos se llevaron a cabo utilizando el estereoscopio Carl Zeiss SV11 y Stemi 2000. Los especímenes se identificaron a nivel de especie de acuerdo con claves de identificación estándar para Siphonophora (Pugh, 1999; Palma, 1974; Nishlyama et al., 2016; Totton y Bargmann, 1965); Thaliacea (Yount, 1954; Godeaux, 1998; Esnal, 1999); Hidrozoos (Bigelow, 1909; Russell, 1953; Bouillon, 1999); Ctenophora (Mills y Haddock, 2007); Copépoda (Palomares-García et al., 1998; Razouls et al., 2005-2012, <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en/>), Euphausiacea (Baker et al., 1990; Brinton et al., 2000), Mysida (Tattersall, 1951; II, 1964; Mauchline, 1980; Harrison y Bowman, 1987; Deprez et al., 2005; Página web de NeMys <http://nemys.ugent.be/>; Murano y Fukuoka, 2008), Decapoda (Williamson, 1957a, 1957b, 1960, 1962, 1967, 1983; MacDonald et al., 1957; Pike y Williamson, 1972; Fichman y Williamson, 1978; Albornoz y Wertmann, 1997; Anosov, 2000; Dos Santos y Lindley, 2001; Puls, 2001; Dos Santos y González-Gordillo, 2004), Pterotracheoidea (Seapy, 1990, 2019; Moreno-Alcántara, 2019; Wall-Palmer et al., 2019), Pteropoda (van der Spoel, 1976, 1996; Janssen et al., 2019), Nudibranchia (Churchill et al., 2014), anfípodos hiperídeos (Vinogradov et al., 1996; Zeidler, 2004), Cephalopoda paralarvae (Sweeney et al., 1992, De Silva-Dávila 2013), Chaetognatha (Alvariño, 1963; Casanova, 1999; Conway

et al., 2003) e ictioplancton (Moser, 1996; Richards, 1996; Colección Científica de Huevos y Larvas de Peces del Pacífico del CICIMAR-IPN). Para determinar los sitios de reproducción de los peces desovantes en la zona insular del Parque Nacional Revillagigedo se cuantificaron los huevos con desarrollo embrionario temprano de acuerdo con la clasificación propuesta por Ahlstrom (1943) para *Sardinops sagax*, y para cuantificar sitios de reproducción se utilizó el criterio de abundancia de huevos Ahlstrom (1954). Diferentes grupos taxonómicos de zooplancton numéricamente dominantes fueron identificados al nivel más preciso posible por expertos de distintas instituciones de México con amplia experiencia taxonómica.

### Estructura de la comunidad de zooplancton

Se comparó la abundancia estandarizada relativa con la frecuencia relativa de cada taxón para visualizarlos como gráficos de Olmstead-Tukey para inferir la estructura de la comunidad insular de las Islas Revillagigedo. Este análisis muestra qué grupos taxonómicos o especies son altamente frecuentes y abundantes y que especies probablemente desempeñan una función ecológica relevante en la trofodinámica de los hábitats insulares de las Islas Revillagigedo. Se comparó la abundancia de la estructura comunitaria (inds./1000 m<sup>3</sup>) por grandes grupos taxonómicos colectados exclusivamente con red de zooplancton de 300 µm de las Islas Revillagigedo (abril 2023) con la estructura comunitaria de zooplancton registrada en el noroeste de México de 11 diferentes programas de investigación (ordenados latitudinalmente) en Bahía de Los Ángeles, Baja California (mayo de 2003 y octubre de 2004) (Lavaniegos et al., 2012); Guásima, Sonora (Álvarez-Tello et al., 2015); Bahía Concepción, Baja California Sur (mayo y octubre de 1991) (Palomares-García et al., 2002), Loreto (Puerto Escondido), BCS (marzo 2012-2016) (Gómez-Gutiérrez et al., datos no publicados); Navachiste, Sinaloa (De Silva-Dávila et al., 2006), Bahía Magdalena, BCS (1997-2001) (Hernández-Trujillo et al., 2010), Bahía de La Paz, BCS (2003-2004) (Hernández-Trujillo et al., datos no publicados) y (1990, 1992-1993, muestreados con red Bongo a 60 m de superficie) (Lavaniegos y González-Navarro, 1999), Parque

Nacional Cabo Pulmo (2014-2017) (Gómez-Gutiérrez et al., datos no publicados), Archipiélago Islas Marías (13-21 de noviembre de 2010) (Gómez-Gutiérrez et al., 2014) y Barra de Navidad, Jalisco (2011) (Franco-Gordo et al., 2015). Este análisis comparativo coloca en perspectiva la abundancia de zooplancton de los hábitats insulares del archipiélago de Revillagigedo e Islas Marías con varios hábitats costeros en el Pacífico continental mexicano.

### Ordenación ecológica del zooplancton

La abundancia de cada grupo taxonómico de zooplancton y por especie se transformaron a  $\log_{10}(x+1)$  para disminuir la variabilidad de la abundancia para posteriores análisis estadísticos (McCune et al., 2002). Para detectar similitudes espaciales en la estructura de la comunidad de zooplancton, comparando la abundancia por grupo taxonómicos y de cada especie, entre las islas para cada tamaño de redes de zooplancton se realizó un Análisis de Conglomerados Jerárquico de dos vías utilizando el método de enlace de Bray Curtis y la distancia Beta Flexible (valor seleccionado -0.250) (utilizando una codificación matricial de abundancia relativa por especie) calculada con el software PC-ORD (ver. 6; <http://home.centurytel.net/~mjm/pcord-win.htm>) (McCune et al., 2002).

## RESULTADOS

### Masas de agua de mar

El diagrama T-S de las masas de agua de mar identificadas a partir de los datos de CTD durante abril de 2023 en el hábitat insular de las Islas Revillagigedo mostró principalmente la presencia de las masas de agua de la Corriente de California y la masa de agua Transicional en todas las islas, excepto la Isla Socorro, debido a su registro de perfil poco profundo donde se observó la masa de agua Tropical Superficial solamente en la isla San Benedicto (Figura 3). El hábitat insular en abril de 2023 osciló entre 16-26°C y las salinidades entre 33.8-34.65 (Figura 3).

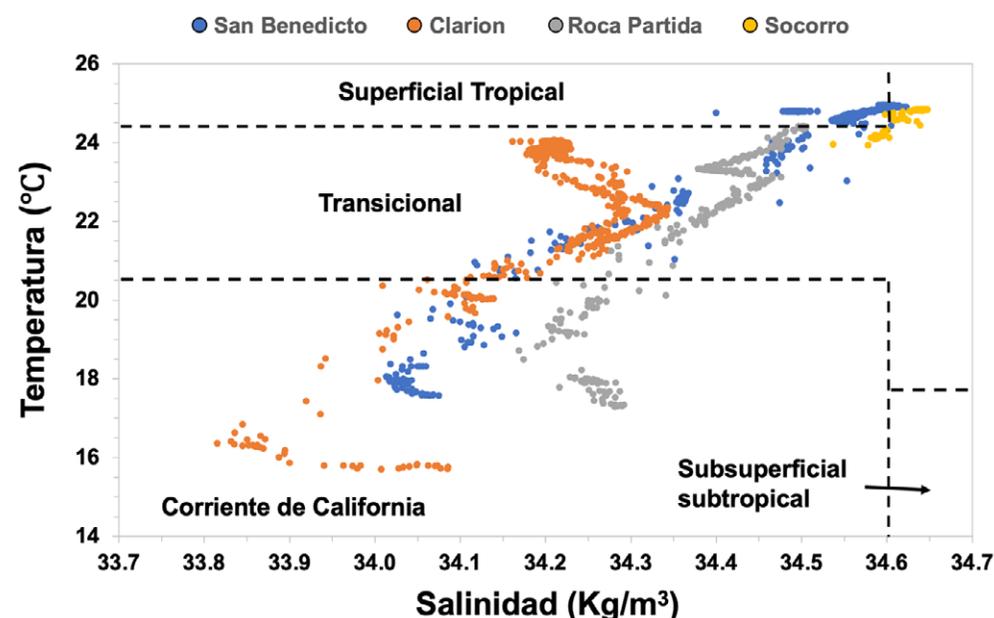


Figura 3. Diagrama de temperatura-salinidad (diagrama T-S) registrado en abril 2023 con CTD en los sitios de muestreo de zooplancton en las cuatro islas de Revillagigedo. Los límites de las masas de agua de mar se muestran de acuerdo con los criterios de Portela et al. (2016).

#### Estructura de la comunidad del fitoplancton

Se identificó un total de 177 taxones que incluyen especies, variedades y formas recolectados con la red de 20  $\mu\text{m}$  y la botella Niskin. Los Dinoflagelados fueron el grupo taxonómico con mayor riqueza (111 taxones), representando el 63% de la abundancia total de fitoplancton (Figura 4). Este porcentaje consistió en 10 taxones de dinoflagelados desnudos y 101 taxones de dinoflagelados tecados distribuidos en 17 familias y 33 géneros.

Se identificó un total de 63 taxones de diatomeas, de los cuales 37 son diatomeas con formas céntricas (Clase Coscinodiscophyceae) y 26 son formas pennadas (Clases Fragilariophyceae y Bacillariophyceae). Estos taxones están incluidos en 26 familias y 38 géneros. Las cianobacterias fueron el componente menos diverso y menos abundante (2%) colectado con el método de muestreo utilizado que incluyó 3 taxones de 2 familias (Figura 4). Este componente posiblemente fue submues-

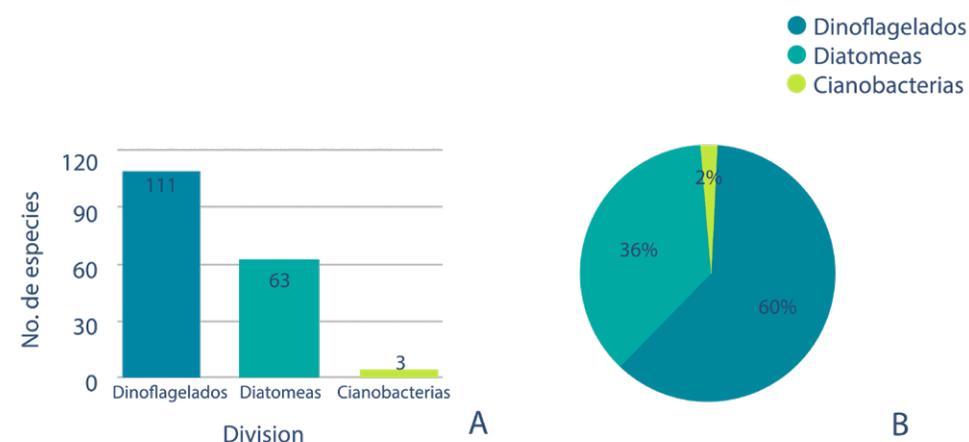


Figura 4. Grupos taxonómicos de fitoplancton recolectados durante abril de 2023 en el hábitat insular de las islas del Parque Nacional Revillagigedo. A) riqueza de especies y B) abundancia relativa (%) por grupo taxonómico.

treado debido a su pequeño tamaño celular.

La abundancia de los nanoflagelados ( $6.8 \times 10^4 - 6.6 \times 10^5 \text{ L}^{-1}$ ) fue tres órdenes de magnitud mayores que los valores encontrados para el microfitoplancton (dinoflagelados y diatomeas;  $20-5.4 \times 10^2 \text{ células L}^{-1}$ ) (Figura 5A,B). Las mayores abundancias de nanoplancton se encontraron en las islas San Benedicto (estaciones SB4, SB3) y Clarion (CL4) (Figura 5A). El microfitoplancton dominó numéricamente en las estaciones SB1, SB2, CL2 (Figura 5B). La abundancia de los dinoflagelados fue prácticamente indetectable ( $2,3 \times 10^2 \text{ células L}^{-1}$ ) encontrando sus mayores densidades en las estaciones CL3, RP1, CL1, CL4 y S01 (Figura 5B). Los tintínidos tuvieron abundancias considerablemente menores (indetectables y  $2.5 \times 10^1 \text{ tintínidos L}^{-1}$ ) que el microfitoplancton, sus concentraciones más altas fueron observadas en las estaciones CL3 y RP1 (Figura 5C). La composición taxonómica de diatomeas identificadas a nivel de género mostró sus mayores densidades en la estación SB2 y CL1 con predominio del género *Licmophora* (Figura 5D). El mayor número y abundancia de géneros de dinoflagelados se encontró en las estaciones CL3, RP1, CL1 y CL4 (Figura 5E). Los tintínidos estuvieron ausentes en tres estaciones de muestreo y *Tintinnopsis*

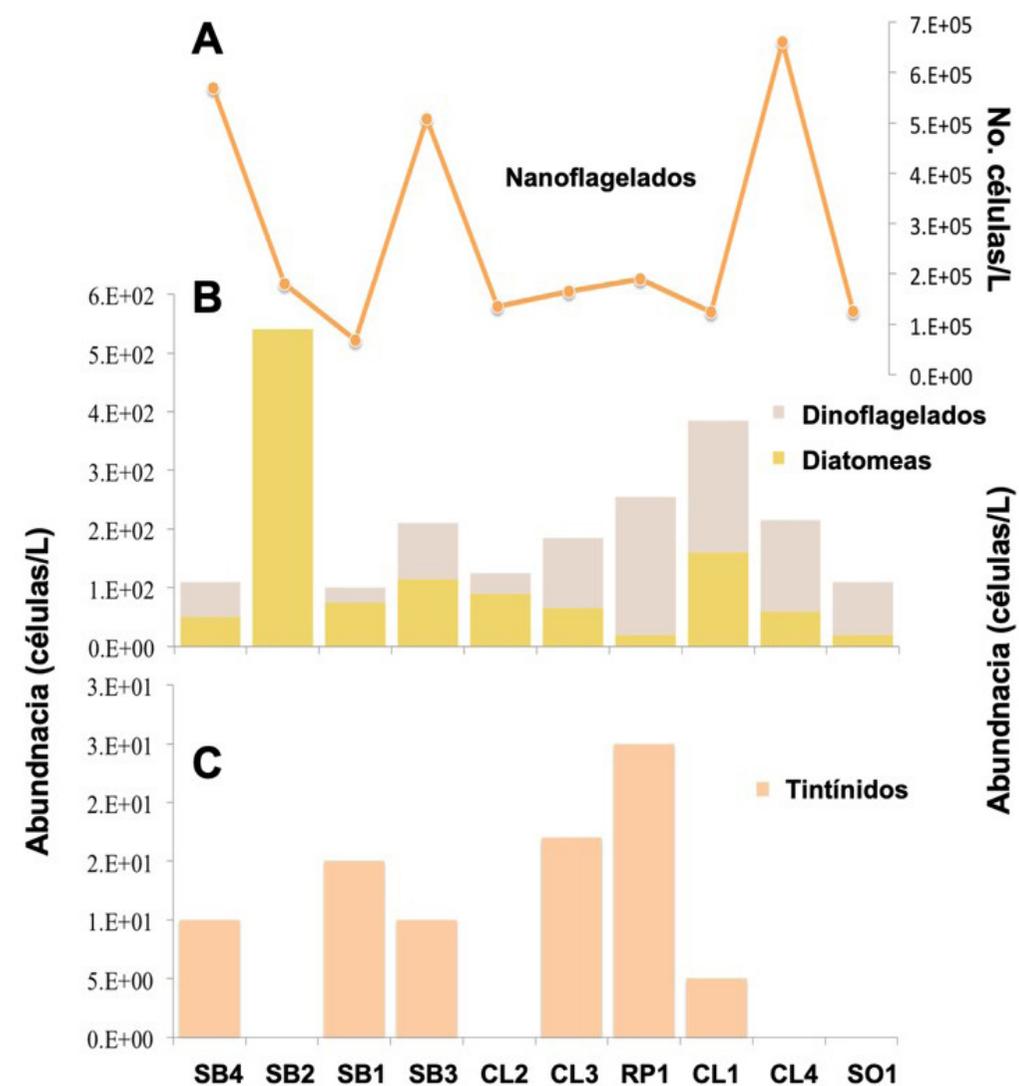
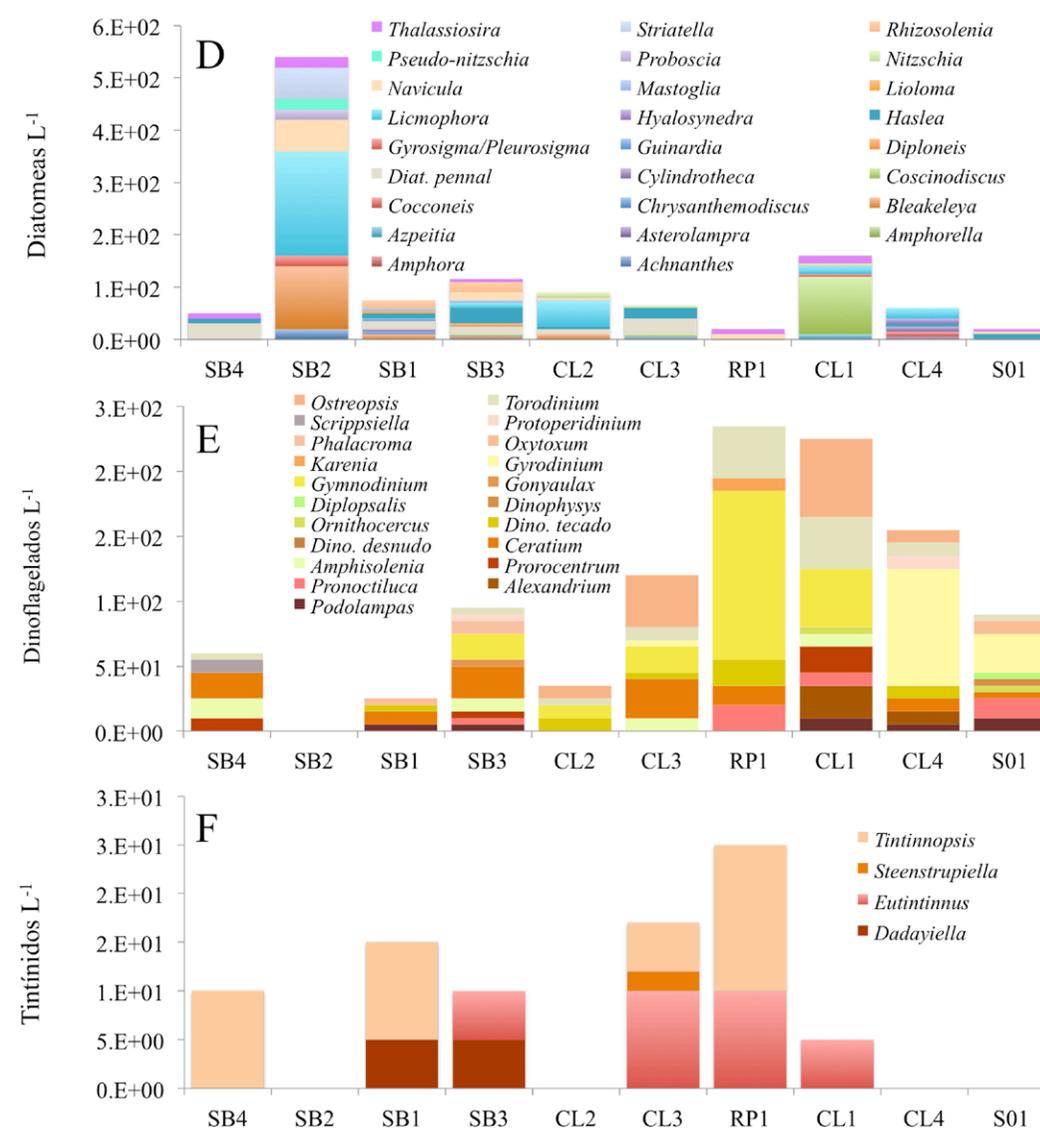


Figura 5. Sitios de muestreos por isla de Revillagigedo. Abundancia de grupos taxonómicos de fitoplancton y tintínidos recolectados durante abril de 2023 en el hábitat insular del Parque Nacional Revillagigedo. **A)** nanoflagelados; **B)** dinoflagelados y diatomeas; **C)** Tintínidos; y abundancia de géneros numéricamente dominantes de (página opuesta) **D)** diatomeas, **E)** dinoflagelados y **F)** Tintínidos.

y *Eutintinnus* fueron los géneros con mayor abundancia relativa, particularmente en la isla Roca Partida (Figura 5F).



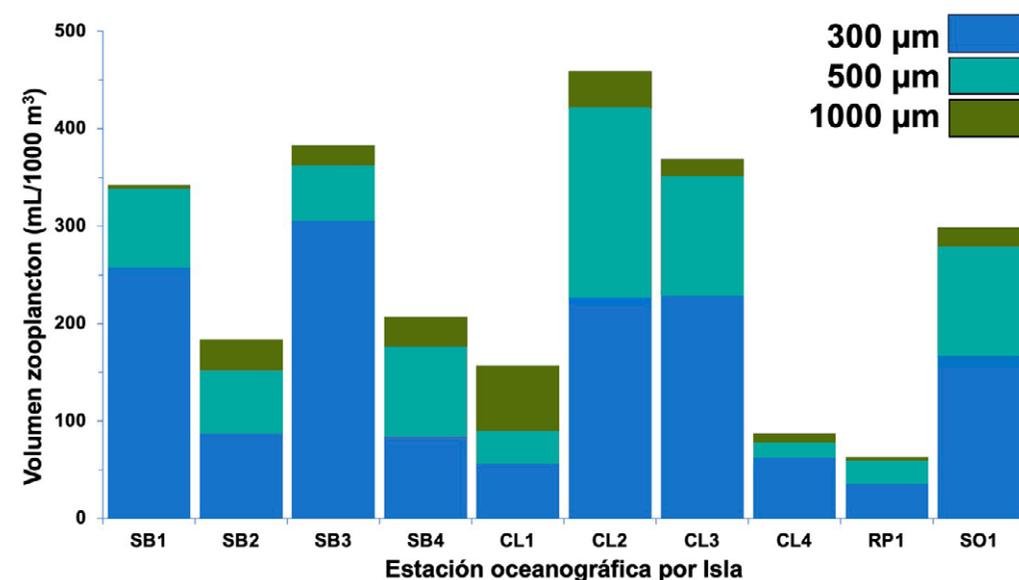


Figura 6. Volumen de zooplancton por redes con distinto tamaño de malla recolectado en abril de 2023 en el hábitat insular del Parque Nacional Revillagigedo.

### Volumen y abundancia del zooplancton

El volumen de zooplancton en Revillagigedo fue típicamente bajo (4-304 ml/1000 m<sup>3</sup>) típico de los hábitats oceánicos tropicales oligotróficos. Como era de esperar, los volúmenes de zooplancton más elevados se recolectaron con el tamaño de red de malla de plancton más pequeño (300 µm), disminuyendo progresivamente el volumen de zooplancton a medida que la red de malla de plancton aumentó de 500 a 1000 µm de luz de malla (Figura 6).

### Estructura de la comunidad de zooplancton

28 grandes grupos taxonómicos de zooplancton fueron recolectados en las cuatro islas integrando las muestras de los tres tamaños de red de zooplancton (Figura 7). Los taxones más diversos fueron copépodos (49 taxones), seguidos de huevos y larvas de peces, y anfípodos (cada uno con 42 taxones) y siphonophora (23 taxones). El resto de los principales grupos taxonómicos tuvieron menos de 12 taxones

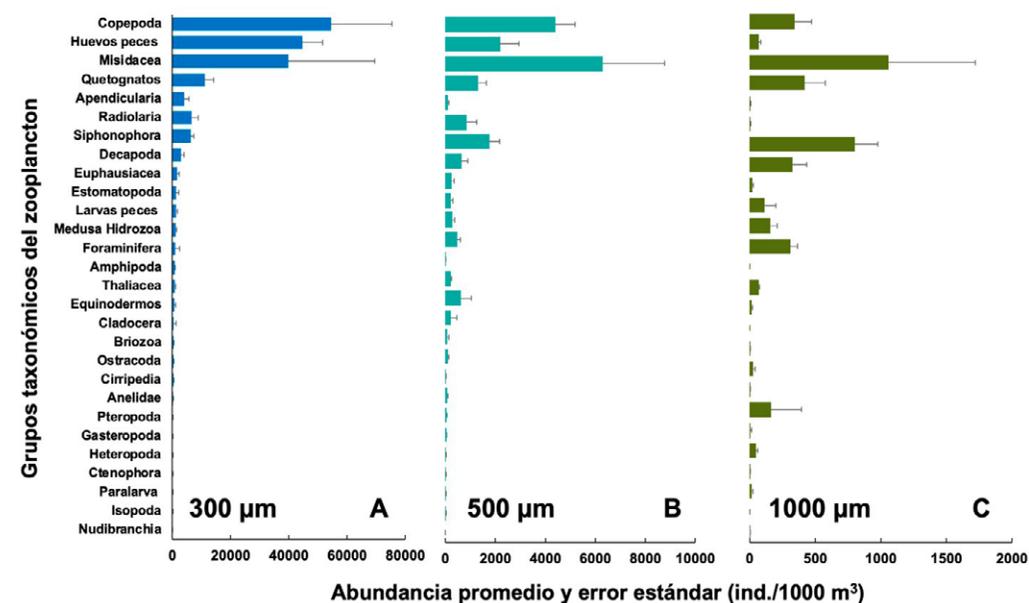


Figura 7. Abundancia media y error estándar de la abundancia de los 28 grupos taxonómicos de zooplancton por tamaño de malla recolectados en las Islas Revillagigedo en abril de 2023. A) 300 µm, B) 500 µm y C) 1000 µm.

identificados. Al igual que la tendencia del volumen de zooplancton, observamos que la abundancia total de zooplancton fue considerablemente mayor en la red de malla de 300 µm que en las redes de 500 a 1000 µm (Figura 7A-C).

La abundancia de copépodos, huevos de peces, Appendicularia y radiolaria fue considerablemente más abundante en la red de malla de 300 µm que en las colectadas con malla de 500 y 1000 µm (Figura 7A-C). Mysida, Chaetognatha, Siphonophorae, Euphausiacea, larvas de peces, Hydrozoa y Foraminíferos tuvieron mayor abundancia en comparación con otros grupos en la red de malla de zooplancton más pequeña a las más grandes (Figura 6. Volumen de zooplancton por redes con distinto tamaño de malla recolectado en abril de 2023 en el hábitat insular del Parque Nacional Revillagigedo. A-C).

En la Tabla S3 se muestra la lista sistemática de los 233 taxones zooplanctónicos identificados al nivel taxonómico más preciso posible recolectados en las Islas Revillagigedo. La estructura de la comunidad de zooplancton de los hábitats insulares

de las Islas Revillagigedo tuvo una abundancia relativa de copépodos inusualmente baja (28.9%), y una abundancia relativa inusualmente alta de huevos de peces (22.9%) y mísidos (23%) en todo el conjunto de zooplancton que integró alrededor del 79% de la abundancia total de zooplancton insular (Figuras 7 y 8). En las redes de 500 y 1000  $\mu\text{m}$  los quetognatos también tuvieron una elevada abundancia relativa. Esto significa que, además de los copépodos, los mísidos emergen como especies relevantes en la trama trófica de las Islas Revillagigedo, y la biomasa masiva de bancos de peces presentes en las islas está respaldada por la gran proporción de huevos de peces presentes en la mayoría de las muestras de zooplancton recolectadas (Figura 7, Figura 8). Los gráficos de Olmstead-Tukey mostraron que los copépodos, los misidáceos y los huevos de peces tuvieron consistentemente la mayor frecuencia de muestreo y abundancia relativa independientemente del tamaño de la malla del zooplancton, aunque los quetognatos y sifonóforos fueron altamente frecuentes y abundantes en las dos mallas más grandes (Figura 8A-C).

La estructura de la comunidad de zooplancton en Islas Revillagigedo (abril de 2023) es bastante inusual porque los copépodos en las cuatro islas representan < 30%, considerablemente por debajo del rango típico del 60-80% de abundancia relativa total observado en los ensamblajes de zooplancton de todos los hábitats costeros del noroeste de México (todos ellos muestreados durante el día cerca de la superficie con una red de malla de 300  $\mu\text{m}$ ) (Figura 9A-C). El Archipiélago de las Islas Marías y las Islas Revillagigedo tuvieron la menor abundancia total de zooplancton registrada en la región noroeste de México, representando dos hábitats oligotróficos tropicales donde, paradójicamente, parece haber una biomasa de zooplancton lo suficientemente grande como para sustentar una gran megafauna zooplanctófaga residente del Parque Nacional Revillagigedo, como mantarrayas, tiburones ballena y posiblemente ballena jorobada (Figura 9).

El análisis de agrupamientos de dos vías de los 28 grupos taxonómicos de zooplancton mostró una clara abundancia de comunidades distintas entre el zooplancton recolectado con distintos tamaños de malla con un corte del 18% (Figura 10A).

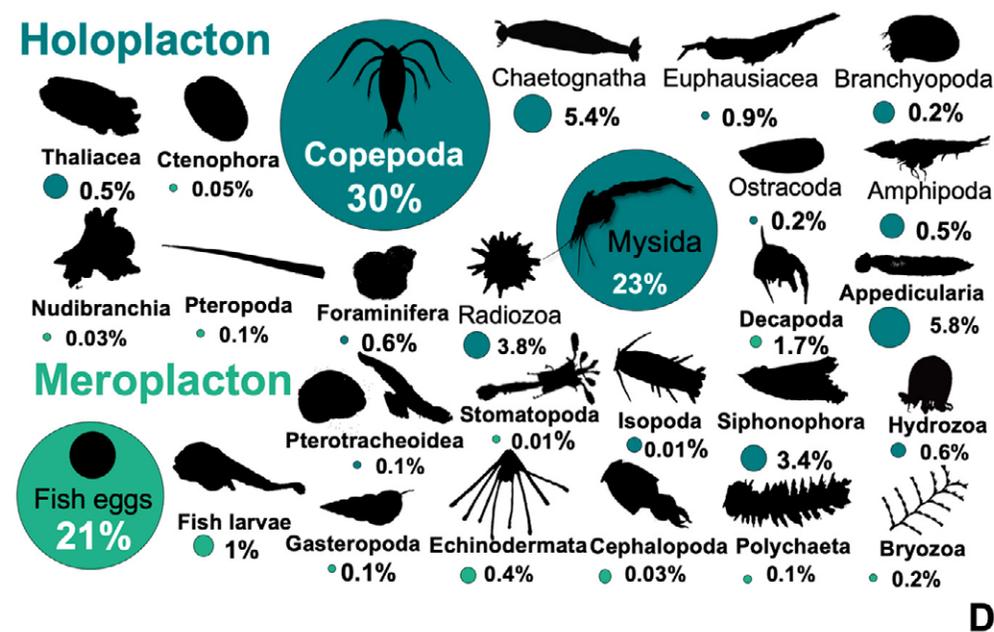
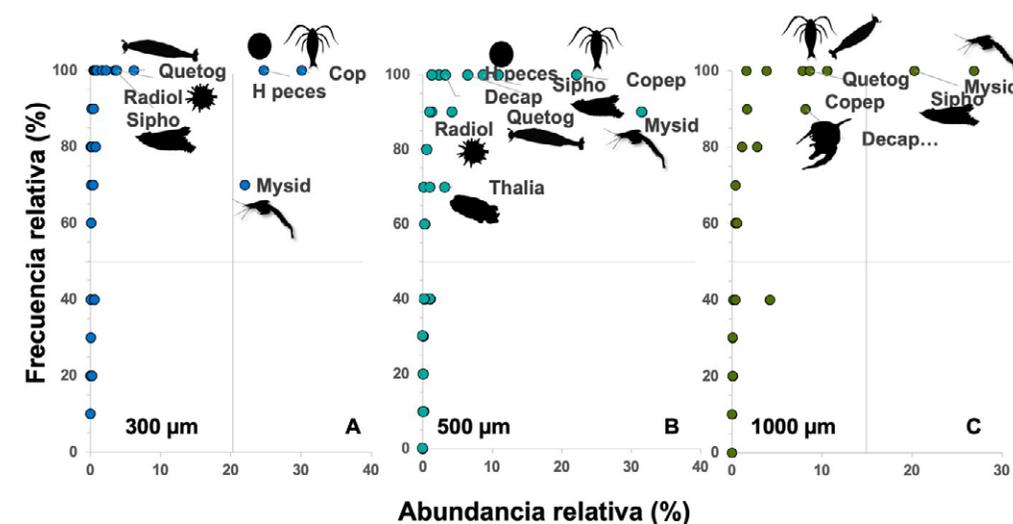


Figura 8. A-C) Gráficos de Olmstead-Tukey para los 28 grupos taxonómicos de zooplancton colectados en las cuatro islas de Revillagigedo durante abril de 2023 para cada una de las redes de distinto tamaño de luz de malla. A) 300  $\mu\text{m}$ , B) 500  $\mu\text{m}$  y C) 1000  $\mu\text{m}$ . D) Abundancia relativa global de los grupos taxonómicos de zooplancton en las Islas Revillagigedo.

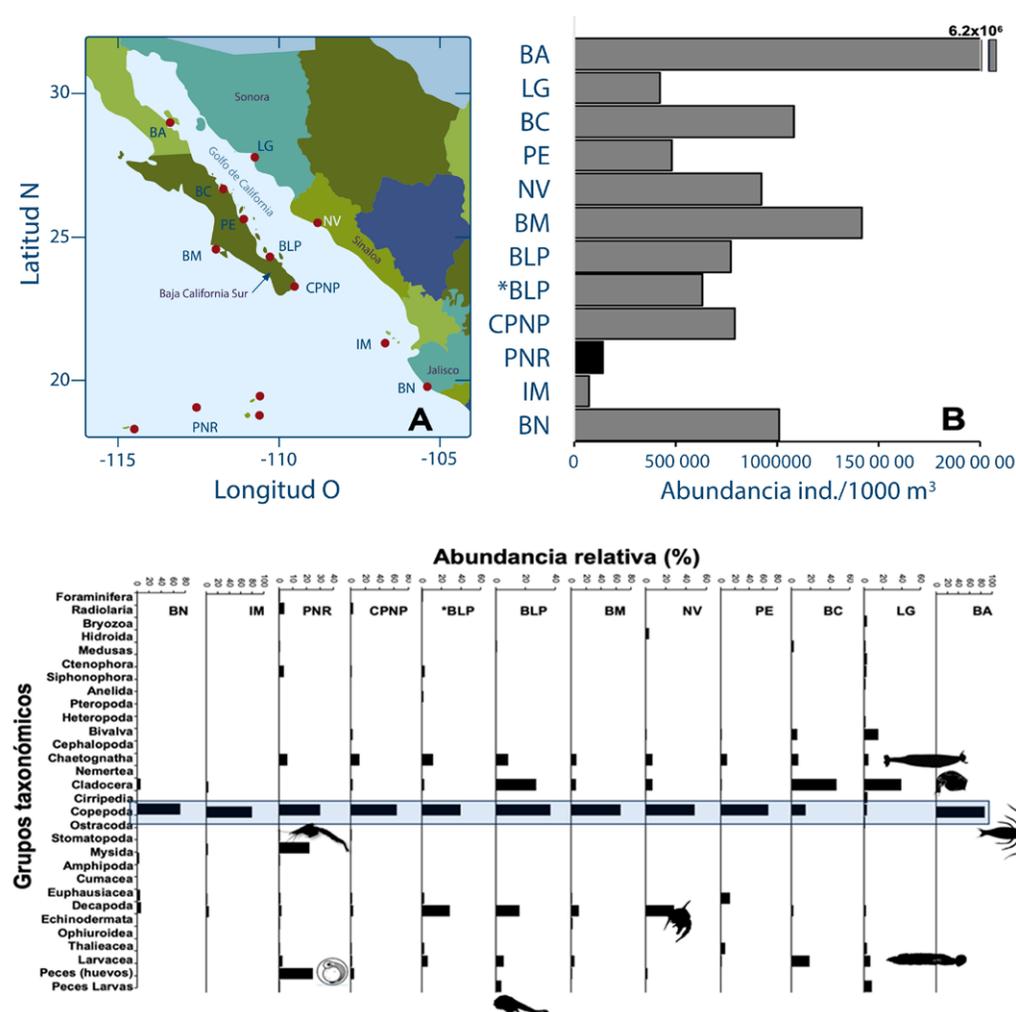


Figura 9. **A)** Ubicación de series temporales de zooplancton colectadas con un arrastre de zooplancton diurno cerca de la superficie con malla de 300  $\mu\text{m}$  en la región noroeste de México, **B)** Comparación de abundancia total de zooplancton (ind./1000  $\text{m}^3$ ) en la región noroeste de México. **C)** Abundancia relativa de grupos taxonómicos de zooplancton colectados en el noroeste de México. Las fuentes de datos de cada uno de los datos de zooplancton se explican en metodología: **BN** = Barra de Navidad; **IM** = Archipiélago de las Islas Marías; **PNR** = Parque Nacional Revillagigedo (presente estudio); **CPNP** = Parque Nacional Cabo Pulmo; **BLP** = Bahía de La Paz (\* = Bongo net); **BM** = Bahía Magdalena, **NV** = Navachiste; **PE** = Puerto Escondido; **BC** = Bahía Concepción; **LG** = Laguna Guásima; **BA** = Bahía Asunción.

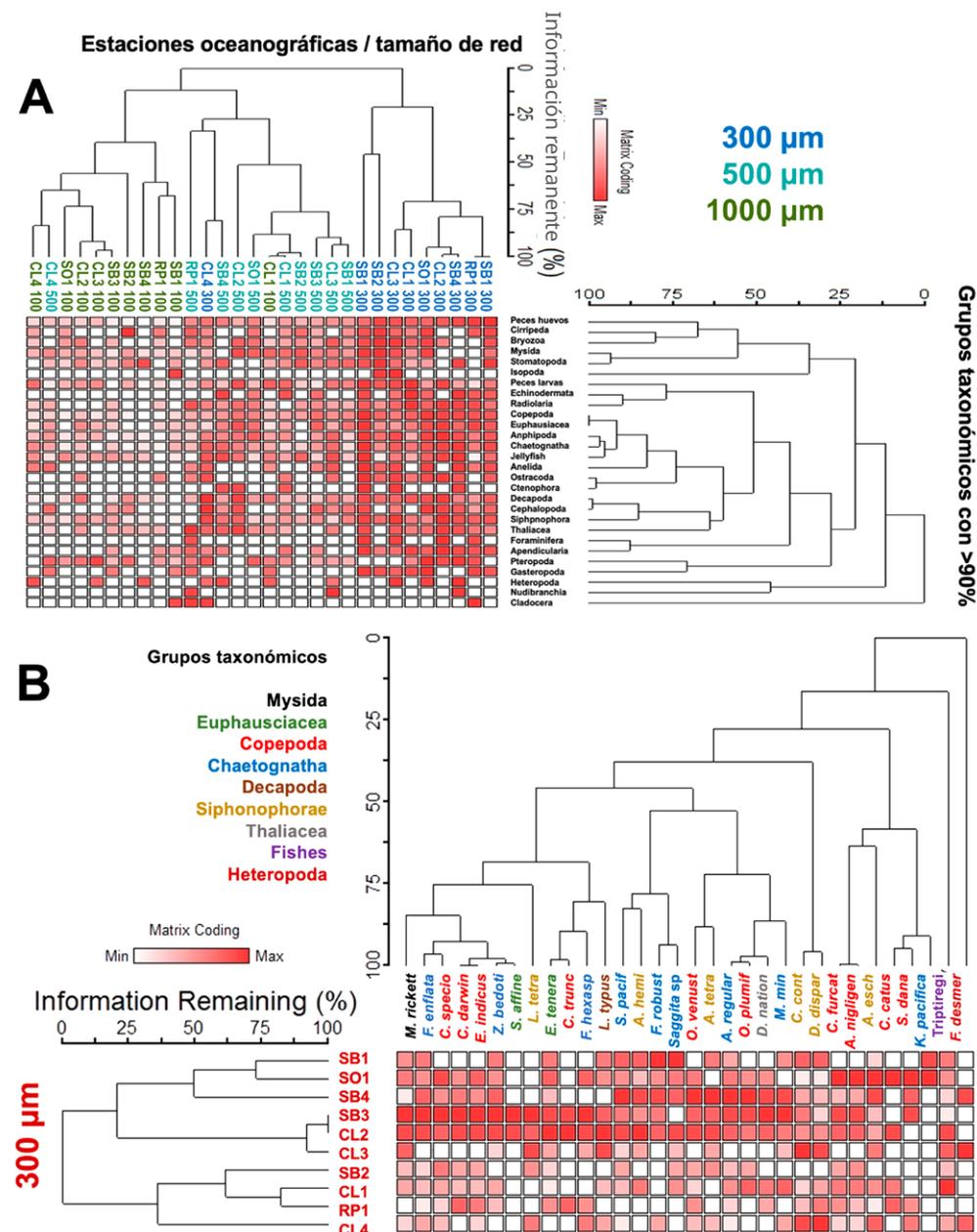


Figura 10. Análisis de agrupamiento de dos vías de **A)** 28 grupos taxonómicos de zooplancton por red de tamaño de malla y **B)** 32 especies de zooplancton numéricamente dominantes que integran el 90% de la abundancia total recolectada en las Islas Revillagigedo con la red de malla de 300  $\mu\text{m}$ .

Los huevos de peces tuvieron una distribución y abundancia similar a la de los Ctenophora, Bryozoa, Mysida y Stomatopoda (Figura 10A). Copepoda, Euphausiacea, Amphipoda y Chaetognatha tuvieron un patrón de distribución similar (Figura 10A). Una especie de mysida *Mysidium (mysidium) cf rickettsi*, 10 especies de copépodos y 9 especies de chaetognatos se encuentran entre las especies de zooplancton numéricamente dominantes en el hábitat insular de las Islas Revillagigedo (Figura 10B). No se ha observado una estructura clara y distintiva de la comunidad de zooplancton en cada isla (Figura 10A, B).

### SIPHONOPHORA

Se identificaron 23 especies de Siphonophora que en conjunto representan el 3,4% de la abundancia total de zooplancton colectado en el hábitat insular de Revillagigedo. *Chelophyes contorta* (25,6%), *Diphyes dispar* (22%) y *Abylopsis tetragona* (20,6%) fueron las especies de Siphonophora más abundantes, integrando el 68,2% de todas las especies de Siphonophora recolectadas en abril 2023. La red de 300 µm fue la red con mayor diversidad porque nueve de las 19 especies colectadas con esta red fueron únicas (no colectadas en las redes de malla de 500 y 1000 µm), pero la mayor abundancia se recolectó con la red de malla de 1000 µm.

### HYDROZOA

Se identificaron diez especies de hidrozoos en las Islas Revillagigedo que representan el 0.6% de la abundancia total de zooplancton. *Aglaure hemistoma* (42,9%), *Liriope tetraphylla* (31,3%) y *Geryona proboscidalis* (16,4%) fueron las especies de Hydrozoa más abundantes recolectadas en las cuatro islas. La red de 500 µm solo tuvo tres especies: *A. hemistoma*, *Cunina* spp. y *Sarsia* spp.

### THALIACEA

Se identificaron ocho especies de taliáceos en las Islas Revillagigedo que en conjunto son el 0.5% de la abundancia total de zooplancton. *Thalia democratica* (35,6%),

*Dolioletta gegenbauri* (30,0%) y *Doliolum nationalis* (20,4%) integraron el 86% de todas las especies de taliáceas recolectadas en las tres redes. *Salpa fusiformis* solo se colectó en la red de 500 µm malla y *Thalia cicar* en la red de malla de 1000 µm.

### CTENOPHORA

Dos especímenes de Ctenóforos (*Pleurobrancia* spp. y *Beroe* spp.) fueron colectados con la malla de 300 µm en la Isla Revillagigedo (contabilizando el 0.05% de la abundancia total de zooplancton).

### MYSIDA

Se colectaron tres especies de Mysida en el hábitat insular de la isla Revillagigedo. La especie de misidáceos más abundante fue, sorprendentemente, la especie nerítica tropical-subtropical *Mysidium cf rickettsii* (89-99.9% en los tres tamaños de malla de red). Durante el buceo SCUBA se observó esta especie en comportamiento social formando agregaciones, enjambres y cardúmenes en hábitats rocosos como se observa comúnmente en los misidos neríticos. *M. cf rickettsii* fue la especie más abundante reportada en el hábitat insular de Revillagigedo en abril de 2023. *Siriella gracilis* es una especie nerítica tropical y además se colectó una especie no identificada aún. *Siriella gracilis* el mysida no identificado. representaron < 1% de la abundancia total de Mysida, siendo mayor su abundancia relativa en la red de malla de 300 que en la de 1000 y 500 µm de luz de malla.

### AMPHIPODA

Los anfípodos fueron altamente diversos, con 42 especies, pero con baja abundancia relativa (0.5%) de la abundancia total del zooplancton. El mayor número de especies en Revillagigedo se colectó en la red de malla de 1000 µm, seguido por la red de malla de 500 µm y el menor número en la red de malla de 300 µm (30, 22 y 19 especies respectivamente). La mayoría de los especímenes encontrados eran de tamaño corporal pequeño (1-3 mm de longitud). Las especies más comunes fueron

de la familia Lestrigonidae (*Lestrigonus bengalensis*, *Lestrigonus schizogenerios*, *Themistella fusca*, *Phronimopsis spinifera*), una especie de la familia Oxycephalidae (*Oxycephalus clausi*) y una especie de la familia Brachyscelidae (*Brachyscelus globiceps*).

## PARALARVAS DE CEFALÓPODOS

Varias especies de pulpos y calamares gigantes en fase adulta son objeto de pesquerías comerciales a lo largo de la costa de la región noroeste de México. Los pulpos representaron el 33.5% y los calamares el 66.5% de la abundancia total de paralarvas de cefalópodos. En las Islas Revillagigedo se colectaron un total de 45 especímenes de paralarvas de seis familias: Ancistrocheiridae, Enoploteuthidae, Ommastrephidae, Onychoteuthidae, Argonautidae y Octopodidae (Figura 11 A-D). Las paralarvas fueron recolectadas con mayor abundancia en la red de 300  $\mu\text{m}$  (219.8 ind./1000  $\text{m}^3$ ) que en las redes de 500 y 1000  $\mu\text{m}$  (133.3 y 19.2 ind./1000  $\text{m}^3$   $\mu\text{m}$ , respectivamente), (Figura 11 A). Las paralarvas fueron relativamente más abundantes en las islas Clarión y San Benedicto que en Roca Partida y Socorro (Figura 11 B). Se registraron un total de 10 taxones a nivel de especie, un espécimen identificado solo a nivel de familia y un complejo de especies. El Complejo SD incluye paralarvas de las especies *Sthenoteuthis oualaniensis* y *Dosidicus gigas* morfológicamente indistinguibles en tallas cercanas a la eclosión (<3.0-4.0 mm de longitud del manto, LM mm) debido a que en estas tallas aún no tienen las características diagnósticas morfológicas para diferenciarlas entre sí. Este complejo SD fue el taxón más abundante, representando el 45% de la abundancia relativa de las paralarvas de cefalópodos, y fue el único taxón presente en las cuatro islas del PNR (Figura 11 C,D). Esto indica que estos están ampliamente distribuidos en el Pacífico Oriental Tropical.

## CHAETOGNATHA

Solo se registraron 15 especies de chaetognatos, una especie no identificada del género *Sagitta* y 3 especies no identificadas del género *Spadella* en el hábitat in-

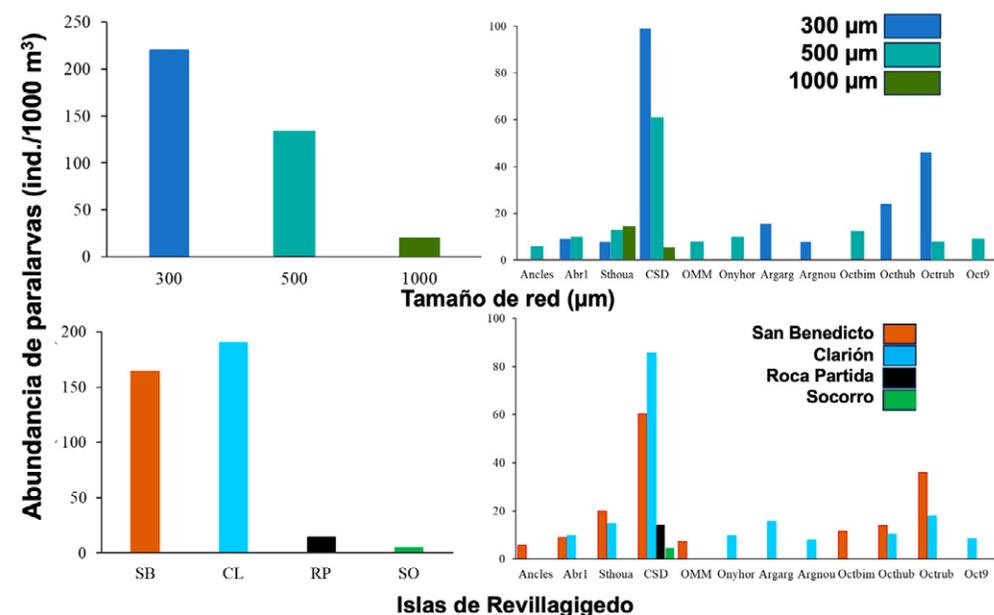


Figura 11. Abundancia total de paralarvas colectadas en el hábitat insular de las Islas Revillagigedo colectadas durante abril de 2023: A) por malla de red de zooplancton y B) por isla del Parque Nacional Revillagigedo, México. SB= San Benedicto, CL= Clarión, RP= Roca Partida y SO= Socorro. Abundancia de taxones de paralarvas por C) tamaño de luz de malla de red de zooplancton y D) Islas Revillagigedo. Ancles = *Ancistrocheirus lesueuri*, Abr1 = *Abraliopsis* sp. 1, Sthoua= *Sthenoteuthis oualaniensis*, CSD = Complejo SD, OMM= Ommastrephidae, Onyhor= *Onychoteuthis horstkottei*, Argarg = *Argonauta argo*, Argnou = *Argonauta nouryi*, Octbim = *Octopus bimaculatus*, Octhub = *Octopus hubbsorum*, Octrub = *Octopus cf rubescens* y *Octopus* sp. 9.

sular de las Islas Revillagigedo, lo que representa el 5.4% de la abundancia total de zooplancton. *Serratosagitta pacifica* fue la especie más abundante y *Pterosagitta draco* se encontró con la menor abundancia. *Flaccisagitta enflata* fue la especie más frecuente (en todas las estaciones) y *Krohnitta pacifica* se encontró solo en dos estaciones de muestreo. Las especies del género *Spadella* son epibentónicas y tres especies aún no identificadas.

## HUEVOS Y LARVAS DE PECES

Los huevos de peces fueron considerablemente más abundantes que las larvas de peces en la región insular de las cuatro islas de Revillagigedo. La cuantificación de huevos y larvas de peces mostró que las familias más abundantes fueron Tripterygiidae, Dactyloscopidae y Chaenopsidae. Estas familias incluyen especies crípticas asociadas al entorno rocoso del hábitat insular (especies de interés ecológico). Los huevos y larvas de especies de interés económico se encontraron en baja abundancia incluyendo especies de las familias Serranidae (*Serranus*), Scaridae (*Scarus*), Lutjanidae (*Lutjanus*) cuyas especies están asociadas a hábitats de arrecifes rocosos y/o coralinos. Las especies de las familias Scombridae (*Thunnus albacares*), Carangidae (*Gnathanodon*) y Coryphaenidae (*Coryphaena hippurus*) son especies epipelágicas que realizan movimientos migratorios considerables. Las larvas de pez linterna de la familia Myctophidae (*Benthosema panamense*, *Bolinichthys longipes*, *Diaphus pacificus*, *Hygophum atratum*, *Lampanyctus parvicauda*) y Phosichthyidae (*Vinciguerria lucetia*) son especies cuyos adultos habitan en ambientes batipelágicos y mesopelágicos de aguas oceánicas que rodean las islas, por lo que sus huevos o larvas tienen interacciones en la zona oceánica-pelágica alrededor de las islas. Los 42 taxones registrados en el Parque Nacional Revillagigedo son especies de afinidad tropical y subtropical y todas ya habían sido encontradas en un estudio previo en Isla Socorro y zona oceánica entre las islas (Hernández-Rivas et al. (2014, 2019).

La etapa y/o abundancia de huevos de peces evidenció la actividad reproductiva de especies de peces de importancia económica y ecológica que desovan en la columna de agua en el hábitat insular de las cuatro Islas Revillagigedo. Entre los peces con amplia cobertura geográfica y reproducción (Isla San Benedicto, Isla Socorro e Isla Clarión) se encuentran el pez arco iris (*T. lucasanum*), el atún (*Auxis* sp.) y el pez loro (*Scarus* sp. 2 y *Scarus* sp. 3). Entre los peces con cobertura geográfica y reproducción media se encuentran el pez dorado (*C. hippurus*) para la isla San Benedicto y la isla Clarión, el pargo (*Lutjanus* sp. 1) para la isla Roca Partida y la isla Clarión, el pez linterna (*V. lucetia*) para San Benedicto y Roca Partida. Los peces con cobertura

geográfica y reproducción restringidas fueron el jurel dorado (*G. speciosus*) para la isla Socorro, el pargo (*Lutjanus* sp. 2) y el pez trompeta (*F. comersonii*) para la isla Clarión.

## DISCUSIÓN

### Estructura de la comunidad de zooplancton

El hábitat insular de las Islas Revillagigedo tuvo una condición oligotrófica (bajo volumen de zooplancton) y una de las menores abundancias totales de zooplancton registradas en la región del Pacífico mexicano debido a su condición oceánica, incluso en un mes (abril) que se espera sea la máxima abundancia estacional (Figura 9A-C). El patrón más significativo en el hábitat insular de la isla Revillagigedo fue la abundancia relativamente baja de copépodos (30%) y la alta abundancia de huevos de peces de múltiples especies (21%) y misidáceos (23%). Los crustáceos dominaron numéricamente el ensamble de zooplancton en el hábitat insular de Islas Marías (92.3%) [Copépoda (79.2%), larvas de Decapoda (4.7%), Cladocera (3.7%), Mysidacea (2.7%) y Euphausiacea (2.0%)]; los otros 15 grupos taxonómicos (7.7% combinados) representaron cada uno menos del 1.5% de la abundancia relativa (Gómez-Gutiérrez et al., 2014). Curiosamente, el misidáceo *Mysidium cf rickettsi*, numéricamente dominante en hábitat insular de las Islas Revillagigedo, fue reportado previamente en alta abundancia en Guaymas, La Ventana, el Parque Nacional Cabo Pulmo y el Archipiélago de las Islas Marías (Steinbeck y Ricketts, 1941; Harrison y Bowman, 1987; Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Gómez-Gutiérrez et al., 2014; Ventura-Domínguez et al., 2022; Brusca, 2020). Es intrigante que la especie de misidáceo nerítico *M. rickettsi*, el copépodo *Acartia negligens*, fueron colectados en las cuatro islas de Revillagigedo separadas entre sí por >100 km de distancia y >460 km de distancia de Cabo San Lucas y 698-1096 km de la costa de Manzanillo, Colima. El proceso de colonización planctónica de las especies neríticas de estas islas volcánicas oceánicas debe ser investigado en el futuro, ya que se infirió indirectamente para el Archipiélago de las Islas Marías debido a las altas precipitaciones anómalas que aumentan el

abanico de los ríos descargados en el continente de México (Martínez-Flores et al., 2011; Gómez-Gutiérrez et al., 2014). *Mysidium cf rickettsi* forma densas agregaciones sociales, enjambres y cardúmenes en las Islas Revillagigedo, como se ha observado en el Parque Nacional Cabo Pulmo, donde representa el >99.5% de las cinco especies de mísidos colectadas allí (Ventura-Domínguez et al., 2022; Gómez-Gutiérrez, datos sin publicar). En el Parque Nacional Revillagigedo, *M. cf rickettsi* representó 89% de la abundancia en la red de malla de 1000  $\mu\text{m}$  y 99,9% en la red de malla de 300 y 500  $\mu\text{m}$  de todos los misidáceos recolectados en el presente estudio. Creemos que *M. cf rickettsi* y el krill *Euphausia tenera* (esta última la especie de krill más abundante observada en el presente estudio) son especies clave de la red trófica en las Islas Revillagigedo porque pueden ser las presas más frecuentes y numéricamente dominantes de los depredadores filtradores como la mantarraya *Mobula birostris* (Walbaum, 1792) y el tiburón ballena *Rhincodon typus* (Stewart et al., 2016). La taxonomía de las especies del género *Mysidium* es compleja y recientemente se describieron dos nuevas especies *Mysidium pumae* Ortiz, Hendrickx y Winfield, 2017 (Ortiz et al., 2017) y *Mysidium winfieldi* Hendrickx y Hernández-Payán, 2023 (Hendrickx et al., 2023). Sin embargo, un microscopio electrónico de barrido en curso y un estudio genético podrán probar si 1) *M. cf rickettsi* y *M. winfieldi* recolectados en el Parque Nacional Cabo Pulmo son especies distintas, 2) si los especímenes recolectados en el Parque Nacional Cabo Pulmo y en las Islas Revillagigedo son de la misma especie (se debe investigar un mecanismo de dispersión e invasión) considerando que son especies encontradas en hábitats someros de arrecifes rocosos y coralinos o 3) si son una especie distinta y, por lo tanto, se deben investigar los procesos de especiación en estas islas oceánicas para este componente ecológicamente relevante de la estructura de la comunidad de zooplancton.

Interesantemente también se recolectaron cefalópodos de hábitat nerítico *Octopus bimaculatus* y *O. hubbsorum* de importancia comercial en las islas San Benedicto y Clarión. Las especies de pulpos bentónicos han adoptado dos estrategias principales de sus ciclos de vida. La primera es la producción de relativamente pocos

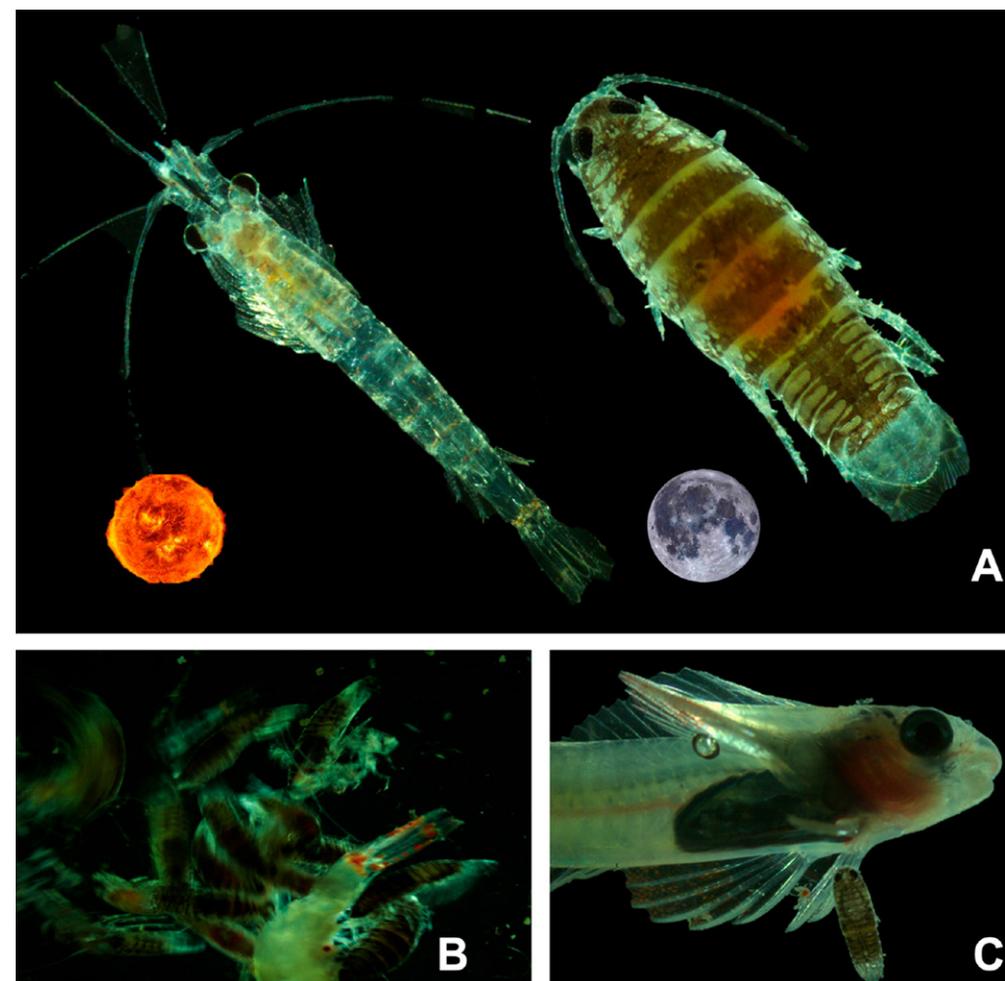


Figura 12. **A)** La presencia de *Mysidium cf rickettsi* (omnívoro) y *Eurydice caudata* (microdepredador carnívoro) es el contraste día-noche más notable como especies de zooplancton numéricamente dominantes en el hábitat insular de las Islas Revillagigedo. **B-C)** Miríadas de isópodos *Eurydice caudata* microdepredan a cualquier especie de zooplancton durante la noche.

huevos, con gran cantidad de vitelo, de los que eclosionan juveniles bien desarrollados con morfología similar a la de un adulto y que inmediatamente después de la eclosión adoptan el hábitat bentónico de sus progenitores. La segunda estrategia consiste en la producción de numerosos huevos pequeños que primero eclosionan en paralarvas planctónica que se desarrollan en la columna de agua y que, luego de

una fase planctónica se asientan en el bentos y adoptan el comportamiento de sus congéneres (Young y Harman 1988). La recolección y presencia de estas especies de pulpo en las islas del Parque Nacional Revillagigedo está relacionada con la segunda estrategia, en la que las paralarvas eclosionadas permanecen en el plancton entre uno a dos meses antes del asentamiento, siendo transportadas pasivamente hacia otros lugares. Esta estrategia permite que las especies se dispersen y colonizen hábitats diferentes al de origen del desove.

Otro aspecto ecológico intrigante de las Islas Revillagigedo fue que en prácticamente todas las muestras de zooplancton diurno, *M. cf rickettsi* era numéricamente dominante, pero sólo tres especímenes del isópodo *Eurydice caudata* fueron recolectados en las 30 muestras de zooplancton diurnas. Sin embargo, cuatro muestras no cuantitativas de zooplancton recolectada cerca de la superficie durante la noche en abril de 2023 (utilizando una lámpara y recogidas con una red de mano) tenían miles de *E. caudata* (y considerablemente menos abundantes, cangrejos megalopa, Estomatopoda y Euphausiacea y larvas de peces). Las grandes abundancias de *Eurydice caudata* implican la presencia de voraces microdepredadores de larvas de peces y krill. Proponemos la hipótesis de que *E. caudata* podría ser un isópodo bentónico que probablemente habita en la arena y debajo de las rocas durante el día, pero durante la noche migra a la columna de agua y hasta la superficie para alimentarse de zooplancton con una estrategia de alimentación de microdepredación (Figura 12). Esta fue la única especie de isópodo reportado en la isla de Revillagigedo en un estudio de revisión previo de isópodos distribuidos en la región del Pacífico de México (Espinosa-Pérez y Hendrickx, 2006).

En el presente estudio demostramos que utilizando un conjunto completo de datos de abundancia de zooplancton recolectados con una red de malla de 300 µm cerca de la superficie durante el día (Lavaniegos y González-Navarro, 1999; Palomares-García et al., 2002; De Silva-Dávila et al., 2006; Hernández-Trujillo et al., 2010; Lavaniegos et al., 2012; Gómez-Gutiérrez et al., 2014; Álvarez-Tello et al., 2015; Franco-Gordo et al., 2015) que el hábitat insular de las Islas Revillagigedo tuvo la

segunda más baja abundancia de zooplancton registrada en el noroeste de México. En comparación, el archipiélago de las Islas Marías tuvo la menor abundancia total de zooplancton en el noroeste de México, probablemente debido a que la abundancia estimada en este archipiélago ubicado cerca del talud continental fue recolectada en noviembre 2010 (en la época de transición de la estación cálida-fría, siendo la temporada cálida menos productiva del año) mientras que en las Islas Revillagigedo se muestreo durante abril de 2023 (al final de la estación fría). Se evidenció un claro patrón latitudinal de mayor abundancia en las latitudes septentrionales templado-tropical (Bahía Asunción y Bahía Concepción), disminuyendo hacia el sur y en un gradiente costa-océano, siendo las islas del archipiélago Islas Marías y Revillagigedo las regiones menos productivas por su condición oligotrófica, oceánica y tropical. Barra de Navidad es un hábitat tropical, pero es altamente productiva en zooplancton debido a los eventos de surgencia costera forzados por vientos en Cabo Corrientes que promueven grandes abundancias de zooplancton en esa región (Ambriz-Arreola et al., 2012, 2018; Franco-Gordo et al., 2015). Los hábitats insulares del archipiélago de Revillagigedo e Islas Marías mostraron baja abundancia de zooplancton. Sin embargo, paradójicamente, las Islas Revillagigedo tienen una elevada biomasa de megafauna depredadores de zooplancton y bancos de peces de arrecifes rocosos y coralinos (Stewart et al., 2016; Aburto-Oropeza et al., 2017) indicadores que tienen una buena salud ecosistémica comparable al del Parque Nacional Cabo Pulmo, pero considerablemente mayor que en otras regiones inclusivas con mayor abundancia total de zooplancton pero con poca salud ecosistémica por la ausencia de megafauna y presencia de peces teleósteos de tallas pequeñas causadas por sobrepesca (Aburto-Oropeza et al., 2011, 2015). Proponemos a hipótesis que la elevada proporción de huevos de peces en relación con el total de la comunidad de zooplancton (con 28 taxones en las Islas Revillagigedo) es un indicador comparable de buena salud ecosistémica al de la elevada biomasa de peces y presencia de macrodepredadores (Stewart et al., 2016; Aburto-Oropeza et al., 2017).

## SIPHONOPHORA

Las Islas Revillagigedo mostraron una alta diversidad de sifonóforos (23 especies) pero una baja abundancia relativa (3.4%); pero por su talla siguen siendo conspicuos depredadores del zooplancton. Las especies de siphonophora tropical-ecuatorial *Chelophyes contorta* y *Diphyes dispar* fueron abundantes (Gasca y Suárez, 1991). La alta diversidad del género *Lensia*, la presencia de *Agalma* spp. y la elevada abundancia de especies del género *Abylopsis* indican la naturaleza cercana a la superficie del presente estudio (Gasca y Suárez, 1991). Sin embargo, *C. appendiculata* indica la influencia de las masas de agua subárticas y subtropicales de la Corriente de California en el hábitat insular de Revillagigedo (Alvariño, 1967) que fue evidente del diagrama T-S con el predominio de agua de la Corriente de California (Figura 3). Los límites de las masas de agua de mar se muestran de acuerdo con los criterios de Portela et al. (2016). Una revisión mundial de Siphonophora en el Pacífico indica que *C. appendiculata* tiene una distribución epipelágica (Alvariño, 1971).

## HYDROZOA

La comunidad de hidrozoos también estuvo dominada por especies tropicales como *A. hemistoma* y *G. proboscidalis*. *L. tetraphylla* es una especie común y ampliamente distribuida en el Pacífico (Segura-Puertas, 1984), particularmente en regiones altamente productivas (Noyan, 2014). Russell (1953) mencionó que las especies del género *Solmaris* tienden a distribuirse en aguas cercanas a la superficie, favoreciendo la recolección y relativa alta abundancia registrada en el presente estudio. Segura-Puertas (1984) reportó a *Lizzia ferrari* como una medusa oceánica con afinidad tropical y nerítica. En una revisión exhaustiva de Medusozoos en el noroeste de México se reportó una sola colonia, pólipo, sin gonóforos en la isla Socorro, Revillagigedo (profundidad 22.3 m; 21 de marzo de 2021; localizada sobre el alga *Asparagopsis taxiformis* y algas no identificadas) (Estrada-González et al., 2023) que demuestra el enorme desconocimiento de los hidrozoos en la región de Revillagigedo.

## THALIACEA

El género *Thalia* fue el género numéricamente predominante en los hábitats insulares de Revillagigedo. Las especies del género *Thalia* han sido reportadas como comunes y abundantes en el Pacífico, principalmente en zonas tropicales (Yount, 1958; Hereu et al., 2006) también se ha reportado a *Doliolum nationalis* como una especie abundante de afinidad tropical (Blackburn, 1979). Sin embargo, la diversidad de thaliáceos fue baja en comparación con Esnal (1976) que reportó 23 especies en el Pacífico Tropical, donde también reportó a *Thalia* como el género más abundante en la región.

## CTENOPHORA

Sólo dos especímenes de diferentes géneros (*Pleurobranchia* y *Beroe*) estuvieron presentes en el estudio en baja abundancia, posiblemente asociado con el método de colecta (superficial y diurno) y preservación (formol 5% y etanol 96%). La abundancia de ctenóforos en la isla Revillagigedo fue muy probablemente subestimada, debido a la metodología de colecta de zooplancton o método de fijación utilizado en el presente estudio. Puente-Tapia et al. (2020) documentaron cuatro especies de ctenóforos en los mares centrales de México, compuestas por los géneros *Beroe*, *Pleurobranchia* y *Leucothea*. *Hormiphora* como se ha identificado en la isla oceánica de Hawái (Matthews, 1920) y probablemente se pueda observar en Revillagigedo en futuros estudios.

## COPEPODA

Los copépodos fueron diversos en las Islas Revillagigedo, pero curiosamente con una abundancia relativa considerablemente baja (30%) de la abundancia total de zooplancton en comparación con otras regiones neríticas del noroeste de México donde típicamente representan entre el 60-90% de la abundancia total de zooplancton (Figura 9C). Las Islas Revillagigedo están bastante separadas entre sí y literalmente se encuentran en una región oceánica tropical con condiciones mesotrófi-

cas a oligotróficas. Los hábitats insulares fueron dominados numéricamente por seis especies de copépodos (*Clausocalanus furcatus*, *Oncaea venusta*, *Cosmocalanus (Darwini) darwini*, *Oithona plumifera*, *Euchaeta indica* y *Acartia (Acartia) negligens*) de las 50 especies recolectadas que representaron en conjunto el 78% de la abundancia total de copépodos. Estas especies numéricamente dominantes fueron distintas a las observadas en el Archipiélago de las Islas Mariás (*Calanopia minor*, *Clausocalanus jobei*, *Acracalanus gibbers* y *Cauthocalanus pauper*) (Gómez-Gutiérrez et al., 2014) en Cabo Corrientes, donde *Subeucalanus subcrassus* y *Centropages furcatus* contribuyeron con el 62% de la abundancia total de copépodos (Kozak et al., 2014) y en el Golfo de California durante la estación fría las especies más abundantes y frecuentes fueron (*Pleuromamma gracilis*, *Calanus pacificus*, *Rhincalanus nasutus* y *Scolecithrix danae*) (Palomares-García et al., 2013), *Calanus pacificus*, *Rhincalanus nasutus*, *Pleuromamma gracilis*, *Clausocalanus jobei* y *Aetideus armatus* (Velázquez-Ornelas y Hendrickx, 2023). Es evidente que la fauna dominante en abundancia de copépodos en las Islas Revillagigedo es distinta a la fauna de copépodos costeros del resto del noroeste de México.

## EUPHAUSIIDAE

Las especies de Eufáusidos colectadas en el hábitat insular de Revillagigedo fueron tropicales en su mayoría de afinidad oceánica (excepto *Euphausia distinguenda* que es considerada una especie nerítica), dominada numéricamente por la especie *Euphausia tenera*. Como era de esperarse, se observaron especies endémicas del Pacífico Tropical Oriental (*E. eximia*, *E. distinguenda* y *H. gracilis* principalmente en etapas larvales y juveniles, con algunos pocos individuos adultos) (Brinton, 1962). Curiosamente, *Euphausia lamelligera*, una especie tropical nerítica (Ambriz-Arreola et al., 2012, 2018), no fue registrada en ninguna de las cuatro Islas Revillagigedo. Esta estructura comunitaria dominada numéricamente por *Euphausia tenera* es considerablemente distinta a la estructura comunitaria dominada numéricamente por *Nyctiphanes simplex* y *E. eximia* a lo largo de la costa oeste de la península de Baja

California (Gómez-Gutiérrez, 1995; Gómez-Gutiérrez et al., 1995, 1999), *Nyctiphanes simplex* y *H. difficilis* en la región central y norte del Golfo de California (Mundhenke, 1969; Brinton y Townsend, 1980; Lavaniegos et al., 1989; De-Silva-Dávila y Palomares-García, 2002; Ambriz-Arreola et al., 2017); *Nyctiphanes simplex* y *E. distinguenda* en la región sur del Golfo de California (Gómez-Gutiérrez y Hernández-Trujillo, 1994; Färber-Lorda et al., 2010; Ventura-Domínguez et al., 2022) y *E. distinguenda* y *E. lamelligera* en el archipiélago de las Islas Mariás (Gómez-Gutiérrez et al., 2014) y en la región de Cabo Corrientes (Brinton, 1979; Ambriz-Arreola et al., 2012, 2018). Como era de esperar, la abundancia general de eufáusidos recolectados con las tres redes de zooplancton fue baja debido al hábitat oligotrófico oceánico y al método de muestreo diurno cerca de la superficie (Ventura-Domínguez et al., 2022). Con la red de mano se recogieron muestras nocturnas de eufáusidos adultos de mayor talla corporal. Se espera que se colecte una mayor abundancia de eufáusidos durante la noche debido a su comportamiento de migración vertical diurna (Ambriz-Arreola et al., 2017). El comportamiento social natural de los eufáusidos y misidáceos los convierte en una elevada biomasa de presas para los depredadores filtradores de zooplancton en ambientes oligotróficos (Ritz, 1994; Mondragón-Neri et al., 2023) siendo presas relevantes para varias especies depredadoras como las mantas filtradoras (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Sampson, et al., 2010).

## AMPHIPODA

Los anfípodos fueron el cuarto grupo taxonómico de crustáceos más abundante en el ecosistema pelágico, después de los copépodos, misidáceos y los eufáusidos (Bowman y Gruner, 1973). La baja abundancia encontrada en el hábitat insular de Revillagigedo (una región tropical) fue consistente con una tendencia latitudinal decreciente hacia las zonas tropicales y la abundancia máxima en las regiones templadas y polares (Vinogradov et al., 1996). Sin embargo, la abundancia y diversidad encontradas en la presente investigación podrían ser subestimadas, debido al método de muestreo diurno y superficial, un hábitat evitado por varias especies de

anfípodos (Brusca, 1967; Taniguchi et al., 2023). Debido a sus hábitos carnívoros, no dependen tanto de procesos de enriquecimiento de nutrientes (i.e. surgencias, mezcla por viento y tormentas) para obtener su alimento como los organismos herbívoros. La migración vertical también se ha documentado en varias especies y, por lo tanto, no se habría capturado durante estos muestreos diurnos cercanos a la superficie.

Repelin (1978) analizó anfípodos hipéridos colectados en un transecto a lo largo del ecuador que se extendía desde el Pacífico central hasta Nueva Guinea. *Lestrignus schizogeneios*, *Oxycephalus clausi* y *Phronimopsis spinifera* fueron especies reportadas en la región del Pacífico central (135-155°W) y también se encontraron en el hábitat insular de Revillagigedo. Sin embargo, se colectaron con diferentes tipos de redes y en estratos subsuperficiales y *P. spinifera* fue registrada a partir del contenido estomacal de algunos peces. Ninguna de las especies mencionadas se encontraba entre las más abundantes en el Pacífico central. Se encontró una mayor coincidencia con el estudio de Gasca et al. (2012) para la región costera de Colima-Jalisco, en la que reportaron *Lestrignus bengalensis* y *L. schizogeneios* como especies abundantes, siendo *L. bengalensis* una especie indicadora de condiciones cálidas. En la Corriente de California, *L. schizogeneios* es también una de las especies numéricamente dominantes, mientras que *L. bengalensis* es escasa (Lavaniegos y Hereu, 2009). Las otras especies que fueron comunes en la región insular de Revillagigedo fueron *L. bengalensis*, *Themistella fusca* y *Brachyscelus globiceps*. Estas especies no fueron registradas en el Pacífico central por Repelin (1978). Cabe mencionar que se utilizaron diferentes tipos de tamaños de malla de zooplancton, lo que aumentó las probabilidades de aumentar la riqueza de especies de anfípodos colectadas en las islas de Revillagigedo.

## PTEROTRACHEOIDEA

Los moluscos holoplanctónicos frecuentemente pasan inadvertidos de los estudios de zooplancton debido a su relativa baja abundancia y/o impedimento taxonómico

para identificarlas de manera adecuada. En general, las especies de Pteropoda son generalmente más abundantes que las de Pterotracheoidea, mientras que los Nudibranchia holoplanctónicos son típicamente escasos (Angulo-Campillo, 2009; Burridge et al., 2017). Sin embargo, en las islas de Revillagigedo la diversidad de Pterotracheoidea fue mayor (13 especies) que la de Pteropoda (4 especies). Esto podría deberse a que los moluscos holoplanctónicos, especialmente los que conforman Pterotracheoidea, son considerados en su mayoría como organismos oceánicos, pero algunas especies pueden encontrarse en aguas neríticas, mientras que las especies de Pteropoda (*Creseis acicula*, *C. virgula* y *Limacina trochiformis*) encontradas en las islas de Revillagigedo a menudo se registran en aguas neríticas (Angulo-Campillo-2009; Wall-Palmer et al., 2016; Moreno-Alcántara et al., 2020). La especie de Pterotracheoidea *Atlanta vanderspoeli* representa un nuevo registro para el Pacífico Norte, ya que fue descrita recientemente, y solo había evidencia de su presencia en el Océano Pacífico Ecuatorial y Sur (Wall-Palmer et al., 2019). Se conoce que el resto de los moluscos holoplanctónicos tienen afinidades tropicales y subtropicales y se han registrado en la costa occidental de la península de Baja California (McGowan, 1967; Sánchez-Hidalgo y Anda, 1989; Churchill et al., 2014; Moreno-Alcántara et al., 2020) y el Golfo de California (Angulo-Campillo et al., 2011) a partir de cruceros oceanográficos.

## LARVAS DE CEFALÓPODOS

Las paralarvas de cefalópodos son un grupo taxonómico frecuente pero numéricamente escaso en muestras de zooplancton. Cerca del 88,7% de las estaciones muestreadas en el Golfo de California durante seis cruceros oceanográficos realizados entre 2004 y 2007 registraron entre 1 y 20 paralarvas (De Silva-Dávila, 2013), valores consistentes con las bajas abundancias registradas en las islas de Revillagigedo. Todos los taxones de paralarvas registrados en las islas de Revillagigedo, excepto *Octopus* sp. 9, ya habían sido registrados en otras regiones del Pacífico mexicano (De Silva-Dávila et al., 2018). En el Parque Nacional Cabo Pulmo, ubicado

suroeste del Golfo de California, la mayor riqueza de paralarvas registrada en una serie temporal semanal de zooplancton (2014-2017) ocurrió durante las primaveras (Martínez-Soler et al., 2021) y los taxones más abundantes y frecuentes fueron *Argonauta nouryi*, *Argonauta argo*, Complejo SD, *Abraliopsis* sp. 1 y *Octopus hubbsorum*. Entre estos taxones destaca el Complejo SD, que incluye al calamar gigante *Dosidicus gigas* de la familia Ommastrephidae con distribución boreal, subtropical y ecuatorial en ambos hemisferios (Staaf et al., 2010). Esta especie tropical-subtropical de hábitat nerítico-oceánico es el objetivo de una de las pesquerías de invertebrados más grandes del mundo. Durante el periodo 1995-2010 sus capturas registraron oscilaciones interanuales que, en 1996, 1997 y 2002 superaron las 105,000 t. A partir de 2011, la tendencia de captura ha sido negativa (DOF, 2018). La abundancia y presencia de paralarvas del Complejo SD en las islas de Revillagigedo refleja las abundancias frecuentemente dominantes en la colecta de paralarvas en el Pacífico Mexicano.

Las paralarvas de pulpo totalizaron el 33% de la abundancia relativa total de paralarvas recolectadas en las islas de Revillagigedo, lo cual es una sorpresa. Martínez-Soler (2020) y Martínez-Soler et al. (2021) recolectaron paralarvas con una red superficial de 333 µm de luz de malla en una estación costera con influencia oceánica y establecieron que en el Parque Nacional de Cabo Pulmo, con excepción de *Argonauta nouryi*, la abundancia relativa del resto de los octópodos solo alcanzó el 13.6% del total de las colecciones en los cuatro años muestreados, mientras que De Silva-Dávila (2013) demostró que las paralarvas colectadas con red bongo (arrastre oblicuo) de 505 µm de luz de malla, tuvieron abundancias relativas de <1%-15% en el Golfo de California (2004-2007). Esto indica que el componente octópoda en las islas de Revillagigedo es relativamente abundante lo que posiblemente indique una abundante fauna de pulpos en las islas. Esto es particularmente interesante porque dos de las especies son de importancia comercial (*Octopus hubbsorum* y *Octopus bimaculatus*) representando el 10% de la abundancia relativa de paralarvas en las islas de Revillagigedo. *Octopus rubescens*, cuya abundancia relativa alcanzó el

15% del total, es un pulpo pequeño (≈100 mm) actualmente sin uso comercial. Esta alta abundancia relativa está relacionada con su ciclo de vida, ya que los huevos se ponen con frecuencia en primavera y se infiere que las paralarvas permanecen en el plancton durante 1 a 2 meses (Jereb et al., 2010).

Se colectó una comunidad relativamente pobre número de especies de paralarvas, pero con algunas especies cuyos adultos tienen valor económico representado por las paralarvas de calamar del Complejo SD, y por las paralarvas de pulpo de las especies *Octopus hubbsorum* y *Octopus bimaculatus*, esta última de hábitat costero. Sin embargo, la colecta de zooplancton en solo 10 estaciones de muestreo que no están distribuidas uniformemente y en un período de tiempo tan breve, no permite determinar si esta comunidad es completa en términos de riqueza y diversidad, si es permanente, o si tiene cambios temporales e interinsulares.

## CHAETOGNATHA

Los chaetognatos fueron el cuarto grupo zooplanctónico más abundante en el presente estudio y todas las especies de chaetognatos han sido previamente registradas como especies epiplanctónicas del Océano Pacífico (Alvariño, 1964, 1967, Casanova, 1999). La diversidad de chaetognatos registrada en el hábitat insular de la isla Revillagigedo en abril de 2023 fue baja (15 spp. mas 4 especies identificadas a nivel de género), lo que representa solo el 34% de la diversidad total reportada para la costa del Pacífico mexicano (35 spp.) (Franco-Gordo y Plascencia-Palomera, 2014; Lozano-Cobo et al., 2018). *Serratosagitta pacifica* fue la especie de chaetognato más abundante en las Islas Revillagigedo (y entre las más abundantes de toda la comunidad zooplanctónica), contrastando con los estudios previos del Pacífico Central mexicano, donde esta especie es una especie relativamente poco abundante (Ruiz-Boijseauneau et al., 2004; Lozano-Cobo et al., 2018). Alvariño (1969) reportó que *S. pacifica* habita principalmente en zonas ecuatoriales, pero puede distribuirse por la región sur del Golfo de California. *Flaccisagitta enflata* es típicamente la especie más abundante en la costa del Pacífico mexicano (Ruiz-Boijseauneau et al., 2004;

Lozano-Cobo et al., 2018) y al Pacífico Ecuatorial Central (Terazaki, 1996), asociado positivamente con la temperatura (Cota-Meza et al., 2015). *S. pacifica* y *F. enflata* han sido registradas con un patrón similar de distribución en el Océano Pacífico, pero con diferente abundancia alternada entre ellas que sugiere exclusión competitiva (Bieri, 1959). Por lo tanto, posiblemente los resultados del presente estudio muestran una sucesión en abundancia entre estas dos especies, si *F. enflata* no es abundante, *Serratosagitta pacifica* estaría presente en las Islas Revillagigedo en alguna otra época del año.

## HUEVOS Y LARVAS DE PECES

Uno de los resultados más interesantes del presente estudio fue la alta abundancia relativa de huevos de peces en la totalidad de la comunidad de zooplancton registrada en las Islas Revillagigedo, que representó el 21% de la abundancia total de zooplancton (junto con una alta frecuencia relativa), no observada en ninguno de los otros estudios previos realizados en la región noroeste de México (Figura 9C). Una hipótesis interesante es que un ecosistema con alta biomasa de bancos de peces estaría directamente asociado con la abundancia relativa de huevos de peces en la abundancia total de zooplancton. Revillagigedo, el Parque Nacional Cabo Pulmo y el Archipiélago de las Islas Marías (antes de 2019) tenían el índice de ecosistemas de salud más alto en el noroeste de México (Aburto-Oropeza et al., 2015). Las larvas de los 42 taxones morfológicamente identificados, *Atherinella eriarcha*, *Cheilopogon furcatus*, *Cosmocampus arctus*, *Pseudupeneus grandisquamis*, *Scopelogadus bispinosus*, *Thunnus albacares* y *Canthigaster punctatissima* no fueron registrados previamente en la compilación de la lista de ictioplancton del Golfo de California y el Pacífico Tropical Oriental (Avendaño-Ibarra et al., 2014). Se encontraron especies de importancia comercial como el atún (Scombridae), el pargo rojo (Lutjanidae), el jurel (Carangidae), el pez loro (Scaridae), las cabrillas (Serranidae) y los dorados (Coryphaenidae). Los sitios de reproducción de especies con cobertura amplia y media presentaron un gradiente longitudinal en la intensidad de desove de mayor

a menor en orientación este-oeste, lo que se atribuye al acoplamiento con aguas superficiales tropicales en las islas San Benedicto y Socorro. Aunque durante abril de 2023 predominaron las aguas modificadas de la Corriente de California y de Transición, la afinidad de las especies de las larvas de peces fue mayoritariamente tropical y subtropical. La mayoría de los taxones de larvas de peces se identificaron a nivel de género, familia o morfotipo debido a la carencia de claves de identificación de esta región tropical y oceánica. Por lo tanto, se requiere integrar información morfológica y genética para resolver la comunidad de ictioplancton de esta región con mayor resolución taxonómica para poder hacer inferencias ecológicas significativas. Los huevos y larvas de peces en las islas de Revillagigedo fueron dominadas numéricamente por especies de las familias Tripterygiidae, Dactyloscopidae y Chaenopsidae similar a lo encontrado en el Parque Nacional Cabo Pulmo (Ahern et al., 2018). Por lo tanto, las larvas de peces en las islas de Revillagigedo son más similares a las del Archipiélago de las Islas Marías (con altas familias de peces con mayor número de especies: Dactyloscopidae (19 taxones), Labrisomidae (16), Tripterygiidae (8), Haemulidae, Chaenopsidae y Gobiesocidae (7 taxones cada uno) (Gómez-Gutiérrez et al., 2014) que las larvas típicas de peces colectadas durante amplios cruceros oceanográficos en la región noroeste de México (incluyendo el Golfo de California) donde las especies dominan numéricamente de las familias Myctophidae, Phosichthyidae, Engraulidae y Clupeidae (Avendaño-Ibarra et al., 2014; Aceves-Medina et al., 2003, 2004).

## CONCLUSIÓN

El zooplancton insular de las cuatro islas de Revillagigedo es diverso, con baja abundancia y volumen de zooplancton en comparación con zonas costeras del noroeste de México continental pero ligeramente más abundante que lo reportado en el Archipiélago de Islas Marías. La estructura de la comunidad insular de zooplancton tiene una proporción relativa inusualmente baja de copépodos (30%) y una elevada proporción de huevos y larvas de peces (21%) y una alta abundancia relativa de un

misidáceo, *Mysidium cf rickettsi* (23%), que junto con los eufáusidos probablemente desempeñan un papel clave en la trofodinámica de grandes depredadores (como tiburones ballena, mantas y ballenas barbadas) que habitan en esta región tropical oceánica. Se propone la idea que el elevado porcentaje de huevos de peces en la comunidad de zooplancton puede ser un indicador natural de la condición de salud ecosistémica adecuada. Complementario a otros criterios, este indicador debe de ser corroborado en las Islas de Revillagigedo y en regiones del noroeste de México. Este indicador debe ser corroborado en otras regiones del noroeste de México. El componente Octopoda (pulpo paralarvae) en las muestras de zooplancton en las islas de Revillagigedo fue particularmente abundante si se compara con las series temporales de zooplancton realizadas en el Parque Nacional Cabo Pulmo y en el Golfo de California. Sin embargo, debido al bajo esfuerzo de muestreo de plancton realizado hasta ahora en las islas de Revillagigedo se recomienda muestrear al menos en las cuatro estaciones del año y con igual número de estaciones de muestreo en cada isla, para mejorar la definición de la línea base ecológica del Archipiélago de las Islas Revillagigedo.

Gómez-Gutiérrez, J., Villalobos-Ortiz, H., García-Fernández, E., Martínez-López, A., Saldierna-Martínez, R. J., Funes-Rodríguez, R., Silva-Segundo, C., Palomares-García, J. R., Hinojosa-Medina, A., Lavaniegos, B., Silveyra-Bustamante, A. A., Moreno-Alcántara, M., De Silva-Dávila, R., Lozano-Cobo, H., Martínez-Quintero, V., González-Armas, R., Hernández-Rivas, M. E., & Hernández, O. (2025). Línea base del plancton insular del Parque Nacional Revillagigedo. *En CONANP, Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 1–44).

## CAPÍTULO II

# LÍNEA BASE PARA LA CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DEL ZOOPLANCTON Y NECTON EN EL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

### DIRECTOR DE PROYECTO:

Héctor Villalobos Ortiz<sup>1</sup>

### COLABORADORES:

Jaime Gómez Gutiérrez<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Pesquerías y Biología Marina

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Plancton y Ecología Marina

## RESUMEN

En abril de 2023 se realizó la primera prospección acústica en la zona insular de las islas del Parque Nacional de Revillagigedo con una ecosonda científica Simrad EK80 portátil provista de un transductor ES38-18/200-18C con frecuencias de 38 kHz (haz dividido) y 200 kHz (haz sencillo). La intención fue cuantificar la distribución y abundancia de zooplancton y peces en la zona epipelágica de las Islas San Benedicto, Clarión y Roca Partida. Esta prospección acústica pionera demostró como las islas concentran gran parte de la biomasa disminuyendo paulatinamente con la profundidad del fondo marino y que la biomasa de peces en abril 2023 fue cuatro órdenes de magnitud mayor que la del zooplancton. Esto resulta paradójico por que indica que una elevada biomasa de peces habita en un ecosistema insular tropical oligotrófico con baja densidad de zooplancton, que se encuentra cerca de la base de la trama alimentaria. La biomasa de peces típicamente se concentró entre 50-100 m formando notables concentraciones en cardúmenes y bancos, mientras que el zooplancton tuvo típicamente distribuciones homogéneas verticalmente en los primeros 100 m de profundidad. Los histogramas de la fuerza de blanco de los ecos individuales detectados en cada una de las tres islas mostraron modas diferentes entre ellas, sugiriendo distintas distribuciones de talla de los peces presentes en cada isla, probablemente debido a composiciones de especies diferentes. Este estudio demostró la elevada biomasa que ocurre en la zona insular de San Benedicto, Clarión y Roca Partida en comparación al ecosistema oceánico entre las islas. Es evidente la relevante función de efecto de isla para mantener una alta biomasa de peces en un ecosistema esencialmente oligotrófico en la base de la trama alimentaria de este ecosistema tropical. El Parque Nacional Revillagigedo por su enorme área de protección es sin duda una región prioritaria de demostrar su efectividad para dar cumplimiento a los compromisos de conservación de México en la década del Océano de la UNESCO. La estimación de la biomasa presente en las islas mediante métodos acústicos, puede ser una evidencia científica relevante para monitorear la eficiencia de los esfuerzos de conservación realizados por México en el futuro ante el compromiso de la meta 30x30 de la década del Océano mencionada antes.

## INTRODUCCIÓN

El muestreo acústico desde aproximadamente la década de 1960 una herramienta de estudio estándar para estimar la distribución, abundancia, y comportamiento en movimientos y grados de agrupación de los organismos pelágicos (necton y zooplancton) en amplias regiones del océano prácticamente imposibles de inferir con otros métodos de muestreo como redes y videocámaras (Simmonds y MacLennan, 2005; Demer et al., 2015). Dunlap (1968, 1971) realizó los primeros estudios de las capas de dispersión profunda en el Pacífico Oriental Tropical, reportando una biomasa considerablemente mayor dentro de las capas de dispersión profunda que fuera de estas, estando compuestas principalmente por especies de la familia Mictophidae, Gonostomatidae, Sternoptycidae, larvas de peces, eufáusidos, camarones pelágicos, tunicados, sifonóforos y calamares distribuidas en cuatro profundidades discretas (50-250, 300, 400 y 500 m). Las capas de dispersión profunda y la migración vertical diaria son características típicas de las comunidades pelágicas que se han observado ampliamente en los océanos globales. Las características ecológicas de la comunidad pelágica son esenciales para comprender la trama alimentaria pelágica, estimación de biomasa de recursos naturales que se desean conservar o la regeneración de los recursos pesqueros pelágicos (Song et al., 2022).

La región del Pacífico Oriental Tropical tiene una somera capa de oxígeno mínimo que limita la distribución vertical de los organismos (Fiedler y Talley, 2006; Stramma et al., 2008). Los primeros estudios de fitoplancton, zooplancton y micronecton en el Pacífico Oriental Tropical fueron realizados durante el programa EASTROPAC en la década de 1960 (Blackburn et al., 1970). Los organismos pelágicos con metabolismo aeróbico tienden a distribuirse por encima de la capa mínima de oxígeno, por lo que en el Pacífico Oriental tropical se produce un efecto de compresión de hábitat (Färber-Lorda y Färber-Data, 2023). Tanto la concentración promedio de oxígeno disuelto en la capa epipelágica y mesopelágica como la concentración de clorofila-a (Chl-a) son factores significativos que influyen en la profundidad

del límite superior y la profundidad de migración de la biomasa de los organismos pelágicos, mientras que la profundidad de la masa central de organismos pelágicos solo fue influenciada por la concentración de Chl-*a* (Song et al., 2022). La profundidad de la zona mesopelágica se incrementa de  $422.6 \pm 80.8$  m en el Pacífico Este a  $571.2 \pm 85.5$  m en el Pacífico Oeste.

Las tecnologías hidroacústicas se utilizan ampliamente en la investigación pesquera en México (González-Maynez et al. 2024, López-Serrano et al. 2024), pero pocos estudios las han utilizado para examinar los efectos de las Áreas Marinas Protegidas (AMP). Egerton et al. (2018) demostraron que la acústica es una herramienta útil para examinar los efectos de las áreas marinas protegidas y el tipo de hábitat en las comunidades de peces marinos, particularmente comparando la biomasa de peces dentro y fuera del Parque Nacional de Cabo Pulmo. A partir de un estudio en El Bajo de Espíritu Santo, B.C.S., Villalobos et al. (2021) concluyen que el uso combinado de métodos acústicos y ópticos (fotografías y videograbaciones) constituyen un enfoque práctico para obtener la línea base y monitorear AMPs. Aunque existen algunos estudios aislados de la capa de dispersión profunda (organismos pelágicos) en el Pacífico Oriental Tropical, esta no se ha realizado en la zona insular del Archipiélago de Revillagigedo, donde evidentemente se concentran enormes cardúmenes de peces y la megafauna asociada a esta famosa área de buceo ecoturístico.

El presente estudio es la primera prospección acústica realizada en la zona insular de las Islas Revillagigedo donde se concentran abundantes cardúmenes de peces y detectando también el zooplancton que representa la biomasa que sustenta parte de la base de la trama alimentaria de las islas. La hipótesis es que existe una relación directa de la biomasa integrada en función del tamaño de la isla, de esta forma se espera mayor biomasa en las islas San Benedicto, seguida de Isla Clarión y al final Roca Partida que es la isla más pequeña del Parque Nacional Revillagigedo.

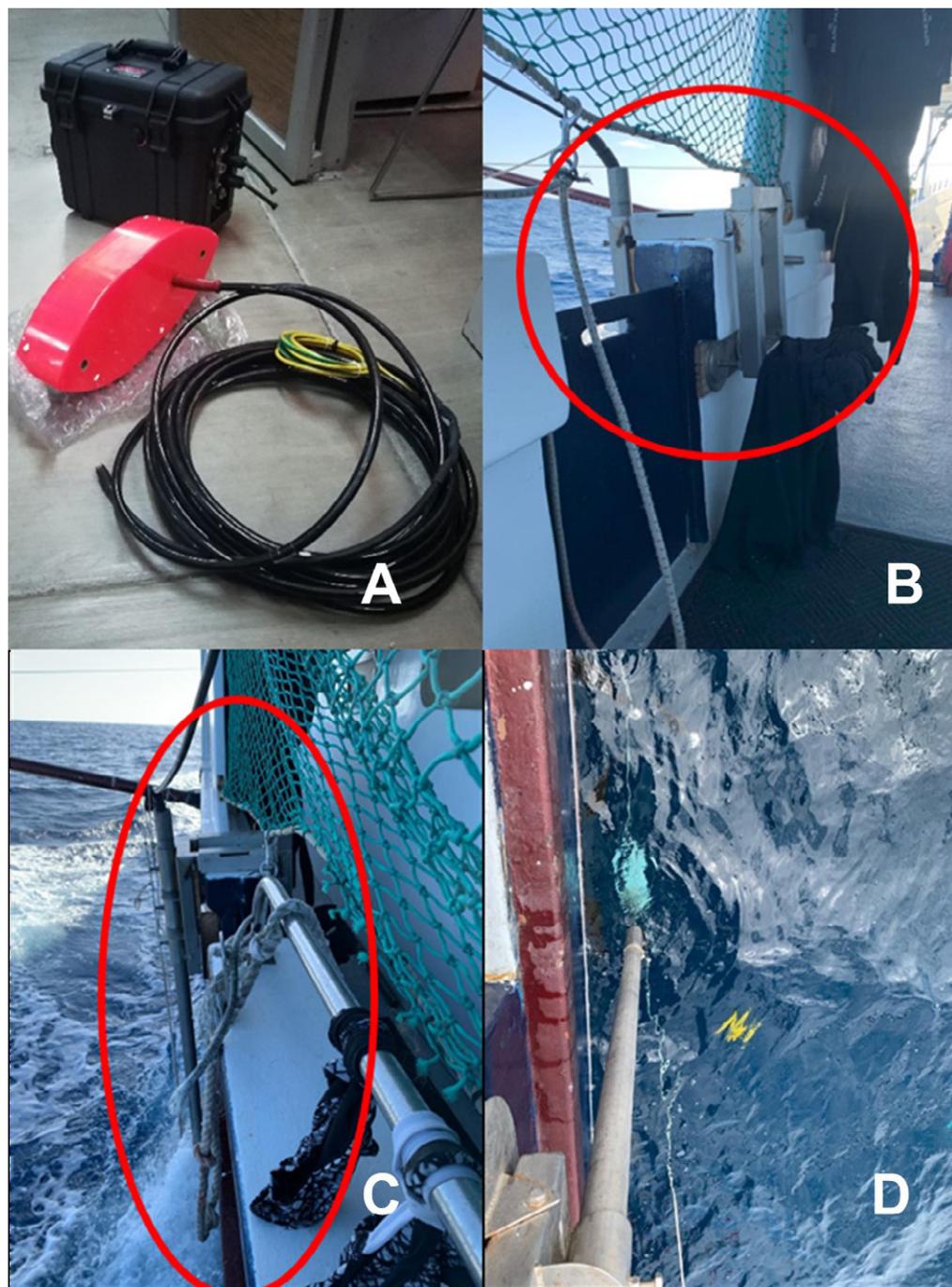
## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó una ecosonda científica Simrad EK80 portátil provista de un transductor (mod. ES38-18/200-18C) con dos frecuencias: 38 kHz (haz dividido) y 200 kHz (haz sencillo) que permiten la detección tanto de organismos grandes (necton), como de talla pequeña en el intervalo de tamaños del mesozooplankton al micronecton. El transductor se instaló en un tubo de acero inoxidable de 3.5 m de largo montado mediante una prensa por el costado de babor del Liveaboard “Quino el Guardián”, aproximadamente en el punto medio de este, quedando a 1.5 m por debajo de la superficie del agua (Figura 13). El extremo sumergido se sujetó con dos cabos de seda, una de ellas aseguradas hacia la proa y la otra hacia la popa, esto para disminuir las vibraciones y como medida de seguridad. La ecosonda tiene conectado un GPS para obtener la información de posición geográfica (latitud y longitud) de los registros acústicos realizados en cada isla y entre islas. La prospección acústica de zooplancton y necton se realizó de manera continua entre el 18-25 de abril de 2023.

## DISEÑO DE LA PROSPECCIÓN ACÚSTICA

Para la prospección acústica se definieron transectos en forma de estrella alrededor de Isla San Benedicto e Isla Clarión (Figura 14). En el primer caso, la isobata de 200 m se usó como guía para ubicar los puntos más alejados de la línea de costa, esto con la finalidad de cubrir la plataforma alrededor de la isla, donde se encuentran las regiones con mayor biomasa de zooplancton y necton. La isobata de 200 m se obtuvo de una batimetría de las islas San Benedicto y Socorro proporcionada por la CONANP Revillagigedo, sin embargo, existe falla de información del lado oeste y norte de la isla. Los puntos más cercanos a la línea de costa se definieron arbitrariamente, dejando al capitán del barco la decisión de qué tanto podía acercarse a la costa en función de su conocimiento empírico de la zona. En el caso de Isla Clarión, el derrotero se trazó con ayuda de la base GEBCO 2022 (por las siglas de *The General Bathymetric Chart of the Oceans*<sup>1</sup>). Sin embargo, existen importantes errores en el

1 [https://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data/](https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/)



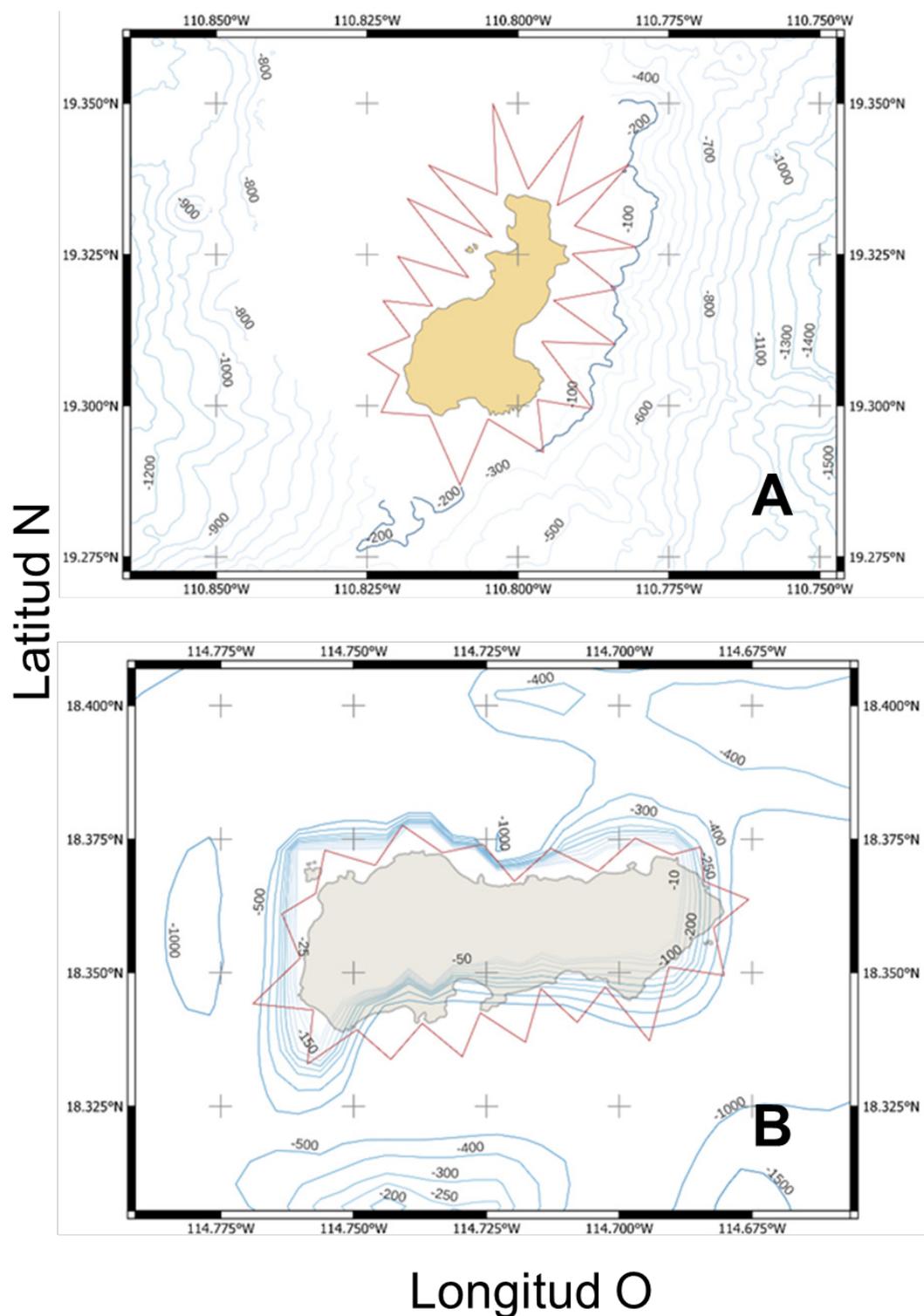
geoposicionamiento de dicha base con respecto al contorno de la isla (Figura 14B). De esta forma, los puntos que definieron los transectos se consideraron aproximados, dejando nuevamente al capitán del barco la decisión de ajustarlos durante la prospección acústica. Para Isla Roca Partida se propuso un plan flexible, consistente en transectos paralelos orientados en la dirección de navegación más conveniente para el barco (N-S y S-N; o E-O y O-E), pero el resultado final conseguido por el capitán fue diferente a lo esperado, como se muestra más adelante.

La velocidad de prospección acústica se mantuvo aproximadamente constante a 6 nudos ( $11.1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) y se realizó principalmente durante el día, aprovechando los tiempos en superficie de los buzos, durante los traslados entre puntos de buceo, y en ocasiones durante los buceos. La ecosonda se operó en modo de onda continua (CW, por sus siglas en inglés), emitiendo un pulso de sonido cada segundo con una potencia de 500 W para la frecuencia de 38 kHz y 200 W para la frecuencia de 200 kHz. La duración del pulso fue de 0.512 ms y el intervalo de muestreo de 0.02 ms para ambas frecuencias. En los trayectos entre las islas se continuó el registro de datos acústicos limitando la grabación a los primeros 500 m de profundidad, usando un intervalo entre pulsos de 2 s y manteniendo una velocidad promedio de navegación de 8 nudos ( $14.8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

### POSPROCESAMIENTO DE DATOS ACÚSTICOS

Los archivos de datos crudos generados por la ecosonda se procesaron en el software ESP3 (v1.46; Ldroit et al., 2020). Este proceso consistió en calcular, a partir de la potencia recibida por el transductor, la fuerza de retrodispersión por volumen (*volume backscattering strength*,  $S_v$ ; dB re  $1 \text{ m}^{-1}$ ) y la fuerza de blanco acústico (*target strength*,  $TS$ ; dB re  $1 \text{ m}^2$ ) para cada frecuencia, ajustando los parámetros de ganancia y factor de corrección de ( $s_{a \text{ corr}}$ , sin unidades), además de la temperatura y salinidad

Figura 13. **A)** Ecosonda científica EK80 portátil mostrando el transductor con cable. **B)** Instalación del transductor en el costado babor del barco Liveboard "Quino el Guardián". **C)** Se aprecian detalles de la prensa sujeta a la borda, **D)** así como la base del transductor sumergida en el agua.



promedio del agua de mar registradas  $r$  en varios sitios de las islas. La ganancia y el  $s_{a\ corr}$  fueron obtenidos de la calibración de la ecosonda realizado previamente en la Bahía de La Paz utilizando una esfera de carburo de tungsteno siguiendo el procedimiento estándar (Demer et al., 2015). Los valores promedio de temperatura y salinidad en la zona se obtuvieron a partir de lances de una sonda conductividad-temperatura-profundidad (CTD; SonTek CastAway) realizados durante la prospección a una profundidad máxima de 100 m de profundidad.

El siguiente paso consistió en aplicar un algoritmo de detección automática del fondo marino a los valores de  $S_v$ . De manera simplificada, el algoritmo determina la profundidad del fondo en cada pulso emitido por la ecosonda en función del valor más alto de  $S_v$  en la columna de agua. Posteriormente, se realizó una inspección visual del fondo detectado, para en su caso corregir manualmente los errores que pudieran haberse producido durante la detección automática. Además de la relevancia de generar la batimetría precisa y actualizada de la zona insular, especialmente de la plataforma de las islas, la detección adecuada del fondo es esencial para la estimación de la biomasa acústica de zooplancton y necton. Esto es debido a que durante la ecointegración se debe considerar únicamente la energía producida por reflectores biológicos, descartando toda señal producida por el fondo, entre otras fuentes de contaminación de la señal acústica. Debido a que la señal del fondo es considerablemente fuerte, se generarían errores importantes en las estimaciones de biomasa si tan solo una parte del fondo se ecointegrara junto con las señales de interés. Los valores de profundidad corregidos se exportaron en formato xml para generar la batimetría alrededor de las islas, como se describe más adelante.

Después de que la profundidad del fondo marino se detectó y corrigió, se aplicaron algoritmos de eliminación de ruido de fondo (De Robertis y Higginbottom, 2007) y ruido impulsivo (Ryan et al., 2015). El primero puede deberse a las caracte-

Figura 14. Derroteros propuestos para la prospección acústica alrededor de **A)** Isla San Benedicto y **B)** Isla Clarión. La batimetría en la Isla San Benedicto fue proporcionada por la CONANP (solo contiene isobatas > 100 m) y en Isla Clarión la batimetría proviene de la base GEBCO 2022.

rísticas de la embarcación, incluyendo el tipo de motor, la velocidad de navegación, el estado de la propela, así como de la cercanía del transductor a esta última. En los ecogramas se observa como un patrón de bandas horizontales uniformes de colores que enmascaran la señal de reflectores biológicos conforme aumenta la profundidad, presentándose a menor distancia de la superficie entre más alta sea la frecuencia del transductor. El ruido impulsivo se debe otros aparatos (e.g. sistema de aire acondicionado) e instrumentos a bordo del barco, tales como sonares o ecosondas de navegación, cuya señal puede ser captada por la ecosonda científica, contaminando los registros de los organismos detectados. Esto se refleja en el ecograma como ecos intensos, de corta longitud, que exhiben un patrón más o menos regular. Para evitar el ruido impulsivo, se solicitó al capitán mantener apagada la sonda de navegación en la medida de lo posible, sin embargo, en Isla Clarión se tuvo que utilizar por cuestiones de seguridad de la embarcación.

## BATIMETRÍA

Los archivos xml con el fondo detectado y corregido en ESP3, junto con la información de tiempo y coordenadas de latitud y longitud del GPS de cada pulso de sonido emitido por la ecosonda científica se importaron dentro del ambiente del lenguaje de programación R (R Core Team, 2023). Se generaron matrices de datos xyz (longitud, latitud y profundidad), sumando a los valores de profundidad 1.5 m correspondiente a la profundidad de operación del transductor. Por otro lado, las coordenadas geográficas se transformaron a la proyección UTM (por las siglas de *Universal Transverse Mercator*, EPSG: 32611 – WGS 84), que se caracteriza por ser equidistante. Esta característica equidistante es relevante para la interpolación que se explicará más adelante. En el caso de Isla Clarión se utilizó la zona UTM 11N, mientras que para San Benedicto y Roca partida fue la zona UTM 12N.

Con base en imágenes satelitales Landsat (zoom 14; Google Earth, 2014) se corrigieron los *shapefiles* de los polígonos de las islas proporcionados por la CONANP, añadiendo en varios casos islotes visibles. Las coordenadas UTM de estos polígonos

se añadieron a las matrices xyz anteriores asignándoles una profundidad de 0 m y se exportaron en formato csv. Estos archivos csv se importaron en QGIS (QGIS.org, 2024), donde inicialmente se realizó una interpolación de red irregular triangulada (TIN, por las siglas de *triangulated irregular network*). El raster resultante se utilizó para calcular mediante interpolación las isóbatas de 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250 y 300 m con la función *r.contour* de GRASS (GRASS Development Team, 2023) dentro del entorno de QGIS.

## BIOMASA ACÚSTICA

Para la estimación de la biomasa acústica, los ecogramas digitales limpios se eco-integraron discretizando el registro continuo en unidades elementales de muestreo (ESU) de 100 m y definiendo cuatro capas verticales de 50 m, descartando los primeros 3 m para evitar el ruido del efecto de campo cercano y la turbulencia generada durante la navegación. Las capas ecointegradas fueron: 3 – 50 m; 50 – 100 m; 100 – 150 m; y 150 – 200 m. El proceso de ecointegración consiste en calcular el coeficiente de retrodispersión por área náutica (NASC o  $s_A$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ , *Nautical area scattering coefficient* en inglés) para cada celda definida por las ESUs y capas de profundidad. El NASC es proporcional a la biomasa y resulta de escalar a una milla náutica cuadrada (nmi; 1 nmi = 1852 m) el valor promedio del  $S_v$  de las muestras superiores a un umbral de ecointegración determinado (MacLennan et al., 2002). Las muestras resultan de la discretización vertical de los pulsos de sonido emitidos, dependiente del intervalo de muestreo de la ecosonda, en este caso 0.02 ms, quedando muestras de una longitud aproximada de 1.5 cm. Así, en una capa de 50 m altura (H, en la fórmula de abajo) cada pulso se divide en 3,333 muestras (50/0.015), lo que multiplicado por 13, que es el número promedio de pulsos en una ESU de 100 m, totalizaría ~43,333 muestras por celda.

$$NASC = 4\pi (1852)^2 \times 10 S_v^{10} \times H$$

Con el propósito de separar la energía reflejada de peces y del zooplancton, se utilizaron dos umbrales de ecointegración, -61 y -70 dB, correspondiente en el primer caso a la energía atribuible a peces (necton) (Villalobos et al., 2021), mientras que la fracción de zooplancton y micronecton se calculó a partir de la diferencia del NASC obtenido en las ecointegraciones de -70 y -61 dB. Los resultados de la ecointegración se exportan como archivos csv que se procesaron en R. Con los resultados de la ecointegración importada en R, se realizaron mapas de la distribución horizontal y vertical de la biomasa acústica (NASC) atribuible a peces y zooplancton. Por otro lado, se graficaron los valores de NASC en función del tiempo con el fin de explorar la posible relación de la biomasa acústica con la hora del día.

De manera complementaria, los archivos de datos acústicos crudos (raw) se convirtieron al formato NetCDF mediante la librería de python Echopype (Lee et al., 2021). Los archivos resultantes se importaron en R con funciones del paquete echogram (Villalobos, 2019), realizando el mismo proceso de conversión y limpieza de datos acústicos que se describió antes. Se realizaron ecogramas para las fracciones de peces ( $S_{v38\_peces}$ ) y zooplancton ( $S_{v200\_zoopl}$ ) usando un filtro acústico, consistente en calcular la diferencia entre las matrices de  $S_v$  de las dos frecuencias:

$$MVBS_{(Sv200-Sv38)} = S_{v200} - S_{v38}$$

A partir de estas diferencias, se crearon dos máscaras lógicas (verdadero/falso), donde los valores inferiores a un umbral de 2 dB se consideraron como ecos de peces, mientras que los superiores a 2 dB se clasificaron como zooplancton. Cada máscara se aplicó a la frecuencia correspondiente de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$S_{v38\_peces} = S_{v38} * (MVBS_{(Sv200-Sv38)} \leq 2)$$

$$S_{v200\_zoopl} = S_{v200} * (MVBS_{(Sv200-Sv38)} > 2)$$

Este filtro considera que en general los peces responden de manera similar a diferentes frecuencias, por lo que las diferencias de  $S_v$  serán pequeñas, mientras que para el zooplancton el valor de  $S_v$  aumenta con la frecuencia, produciendo diferencias positivas al restar los valores de  $S_v$  de cada frecuencia (Korneliussen y Ona, 2003).

## FUERZA DE BLANCO

A los valores de energía acústica del transductor de 38 kHz escalados a fuerza de blanco ( $TS$ ; dB re 1 m<sup>2</sup>), se les aplicó un algoritmo de detección de blancos individuales según los parámetros utilizados por García-Baciero (2023). Este algoritmo obtuvo mediciones de  $TS$  de peces individuales con las cuales se construyeron histogramas por isla. El  $TS$  de un organismo depende, además de la frecuencia utilizada, de sus características tales como tamaño, presencia o no de vejiga natatoria, o incluso de su posición y orientación tridimensional en el haz de sonido, por lo que es altamente variable. Sin embargo, para muchas especies, sobre todo aquellas de importancia pesquera, se han publicado los parámetros de la ecuación que relaciona la longitud ( $L$ ) de los organismos con el  $TS$  ( $TS = 20 \log L + b_{20}$ ; ver Tabla 6.3 en Simmonds y MacLennan, 2003), lo que es necesario para expresar la biomasa acústica (m<sup>2</sup> · nmi<sup>-2</sup>) en unidades de masa (kg o t). Así, conociendo el valor del coeficiente  $b_{20}$  determinado para la misma frecuencia acústica y especie de interés, se calcula el  $TS$  del individuo de longitud promedio observado durante la prospección. El  $TS$  es la expresión logarítmica de  $\sigma_{bs}$  (m<sup>2</sup>), llamado índice de retrodispersión de la sección transversal del blanco (MacLennan et al., 2002):

$$TS = 10 \log_{10} \sigma_{bs}$$

Por lo que:

$$\sigma_{bs} = 10^{TS/10}$$

Este índice representa la energía que un pez individual de la especie considerada regresa, así que se usa para estimar la densidad de peces a partir del NASC promedio de dicha especie, de acuerdo con:

$$\rho = NASC / (4\pi \sigma_{bs})$$

El producto de la densidad por el peso del individuo promedio es la biomasa promedio, que al expandirse al área prospectada daría la biomasa total.

La información necesaria para encontrar el NASC de una especie de interés proviene usualmente de lances de pesca que permiten relacionar los cardúmenes o bancos observados en el ecograma con las especies presentes, determinar su proporción, conocer su longitud y peso promedio, entre otras cosas. En el caso de áreas marinas protegidas, donde no es posible realizar capturas, se puede utilizar la proporción de especies y su talla aproximada obtenidas mediante censos visuales o algún otro método equivalente (e.g. sistemas submarinos de video con o sin carnada). Para efectos de este reporte, los sitios de muestreo donde se hicieron censos visuales con buceo SCUBA estuvieron en una zona cercana a la costa donde el Liveaboard "Quino el Guardián" no tenía acceso. Además, el tamaño de muestra de los censos de peces fue pequeño. De esta forma, esta información no fue útil para estimar el tamaño promedio de los peces y por lo tanto tampoco fue posible estimar su biomasa.

## RESULTADOS

### Batimetría

Los mapas de la batimetría registrada durante las prospecciones acústicas en las islas San Benedicto, Roca Partida y Clarión se presentan en las Figuras 15-17. Es relevante dejar claro que estas batimetrías son producto de modelos dependientes de la cobertura espacial lograda alrededor de las islas durante la prospección de abril 2023, y por lo tanto son una simplificación conceptual de la realidad. Para obtener una mayor precisión sería necesario en el futuro aumentar considerablemente y de manera sistemática la cobertura espacial de la prospección acústica, preferentemente usando un sonar multi-haz para lograr un barrido más completo del fondo marino insular de las Islas Revillagigedo.

### Isla San Benedicto

El mapa batimétrico en proyección UTM de San Benedicto con las isobatas calcula-

das por interpolación muestra en el norte y noreste una plataforma un poco más amplia en comparación con la porción sur y suroeste, donde la pendiente del fondo marino aumenta rápidamente. Por ejemplo, en el transecto más norte se alcanzaron apenas los 150 m de profundidad a casi 1 km de la isla, mientras que, en el sur, a 600-700 m de la costa, se alcanzaron los 200 m de profundidad del fondo marino (Figura 15). La inclusión de los polígonos del contorno de la isla y los islotes en el lado oeste permitió una apariencia más natural de las isobatas más someras, puesto que, como se aprecia, los transectos no se extendieron hasta esa zona cercana a la isla.

### Isla Roca Partida

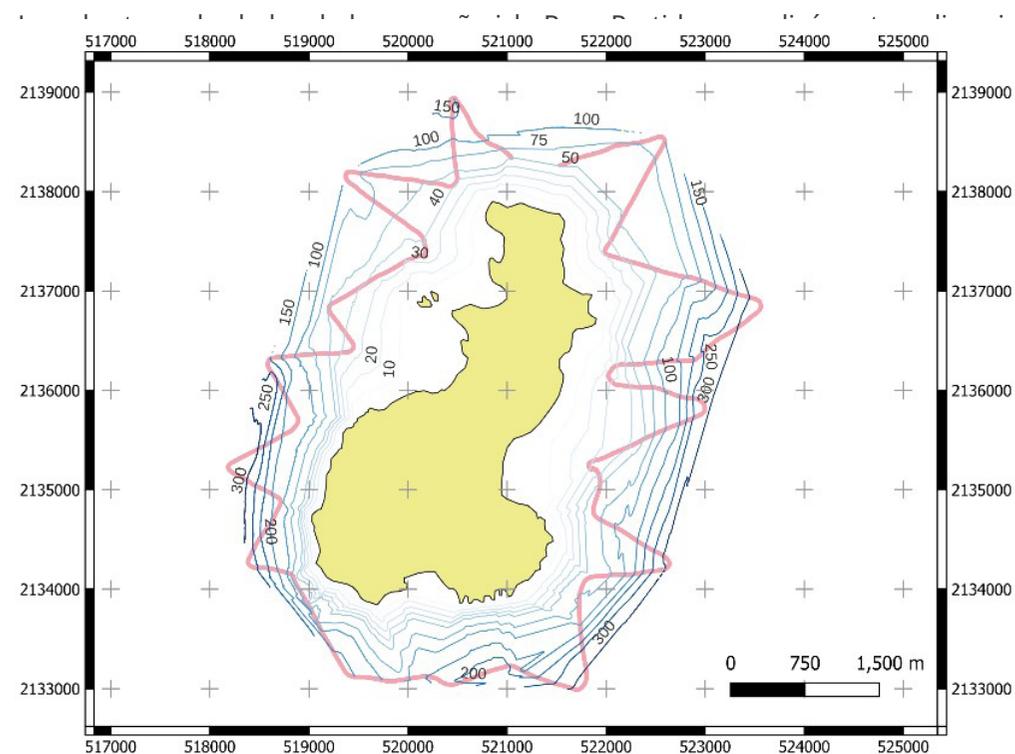
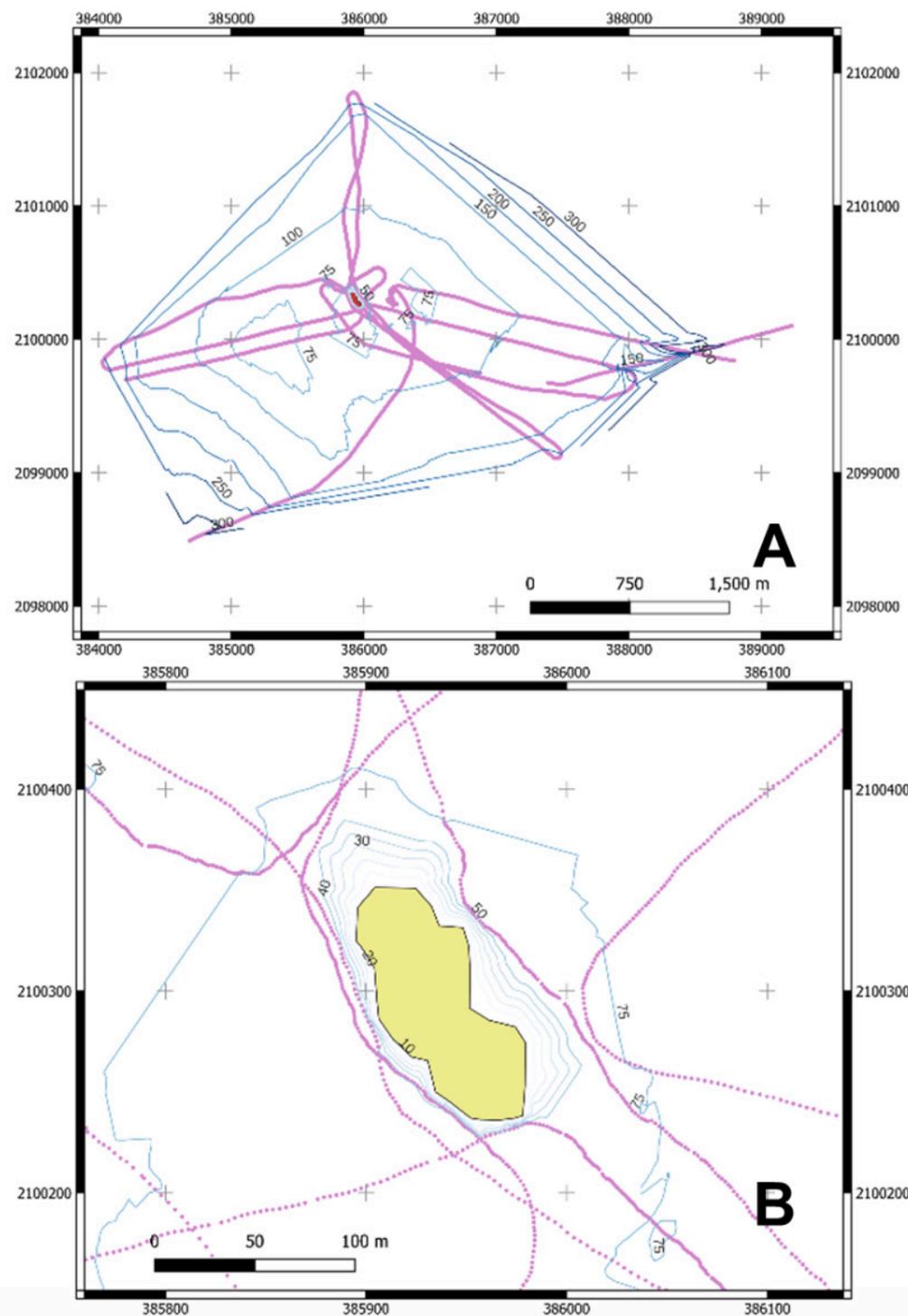


Figura 15. Batimetría de Isla San Benedicto registrada en abril 2023 mostrando las isobatas de 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250 y 300 m, interpoladas a partir de la información acústica obtenida a lo largo del derrotero seguido por el barco. Mapa en proyección UTM zona 12N.



nes principales, norte-sur, sureste y suroeste, destacando una amplia plataforma de entre 1.4 km hacia el norte y cerca de 2 km en las otras dos direcciones (Figura 16A). La forma peculiar de las isóbatas obtenidas se debe a la limitada cobertura en las direcciones antes mencionadas, por lo que, de las tres islas, la batimetría de esta tendría el mayor sesgo por la imposibilidad de hacer interpolaciones adecuadas debido a que la mejor forma es en transectos paralelos cercanos (Figura 16 A, B). Aunque el barco navegó muy cerca de la isla, la orientación longitudinal de los transectos resultó en una cobertura poco adecuada para la estimación de las isobatas más someras (Figura 16B). Lo anterior aunado a que, debido a su pequeño tamaño, la resolución de la imagen Landsat usada para la corrección del contorno de la isla no fue lo suficientemente buena. Como se mencionó antes, los contornos de las islas se incluyeron en la interpolación como profundidad de 0 m. En el futuro sería necesario dedicar tiempo explícito para hacer una prospección sistemática con transectos paralelos norte-sur o este-oeste.

#### Isla Clarión

La isla Clarión presentó la plataforma más amplia de las tres con un promedio 2.7 km de ancho, aunque hacia el extremo este de la isla la plataforma se extendió cerca de 4.2 km (Figura 17). Aunque la cobertura fue adecuada, logrando prospectar áreas cercanas a la orilla, en el futuro se podría aumentar el número de transectos en la parte oeste de la isla.

### BIOMASA ACÚSTICA

#### Isla San Benedicto

La prospección acústica comenzó alrededor de las 18:00 del 18/04/2023 en la parte norte de la isla San Benedicto, después de realizar los buceos del día. Se cubrió primero el lado oeste, terminando cerca del punto de inicio aproximadamente 2.5

Figura 16. Batimetría de Isla Roca Partida registrada en abril 2023 mostrando las isobatas de 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250 y 300 m, interpoladas a partir de la información acústica obtenida a lo largo del derrotero seguido por el barco. A) cobertura de los transectos realizados hasta alcanzar alrededor de 200 m de profundidad del fondo marino. B) acercamiento al polígono de la isla. Mapas en proyección UTM zona 12N.

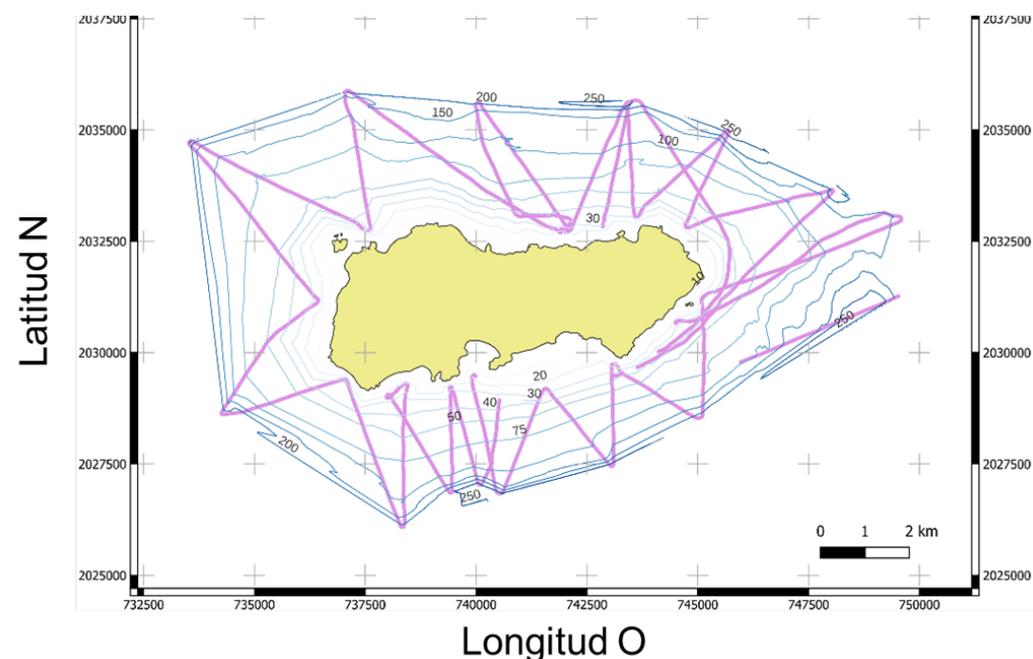


Figura 17. Batimetría de Isla Clarión registrada en abril 2023 mostrando las isobatas de 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250 y 300 m interpoladas a partir de la información acústica obtenida a lo largo del derrotero seguido por el barco. Mapa en proyección UTM zona 11N.

h después. Los ecogramas muestran la distribución vertical de los ecos de peces y de zooplancton (Figura 18 A,B). Los cardúmenes de peces se observaron principalmente entre 50 y 100 m de profundidad hacia la segunda mitad del transecto del lado este de la isla, y con un ligero desplazamiento vertical a partir de las 18:43 h. Se conoce que varias especies de peces realizan migraciones verticales diarias, desplazándose hacia capas más someras justo antes de la puesta del sol y regresando a mayores profundidades poco antes del amanecer, esto posiblemente no suceda con peces de arrecifes rocosos. En este caso el sol se ocultó a las 19:42, por lo que es probable que las diferencias en la concentración de ecos después de las 19:00 sea debida a una migración vertical diaria más que a diferencias entre ambos lados de la isla (Figura 18A).

El ecograma del zooplancton (Figura 18B) tuvo una distribución más homogénea, concentrada en los primeros 100 m, sin un evidente cambio de concentración

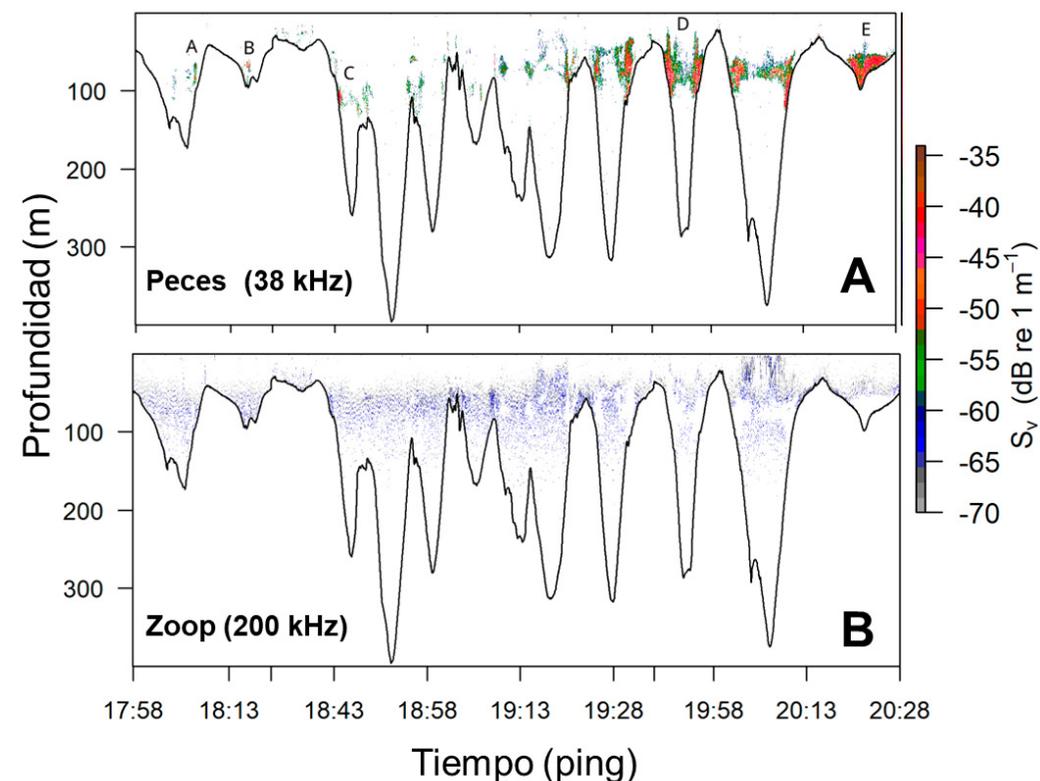
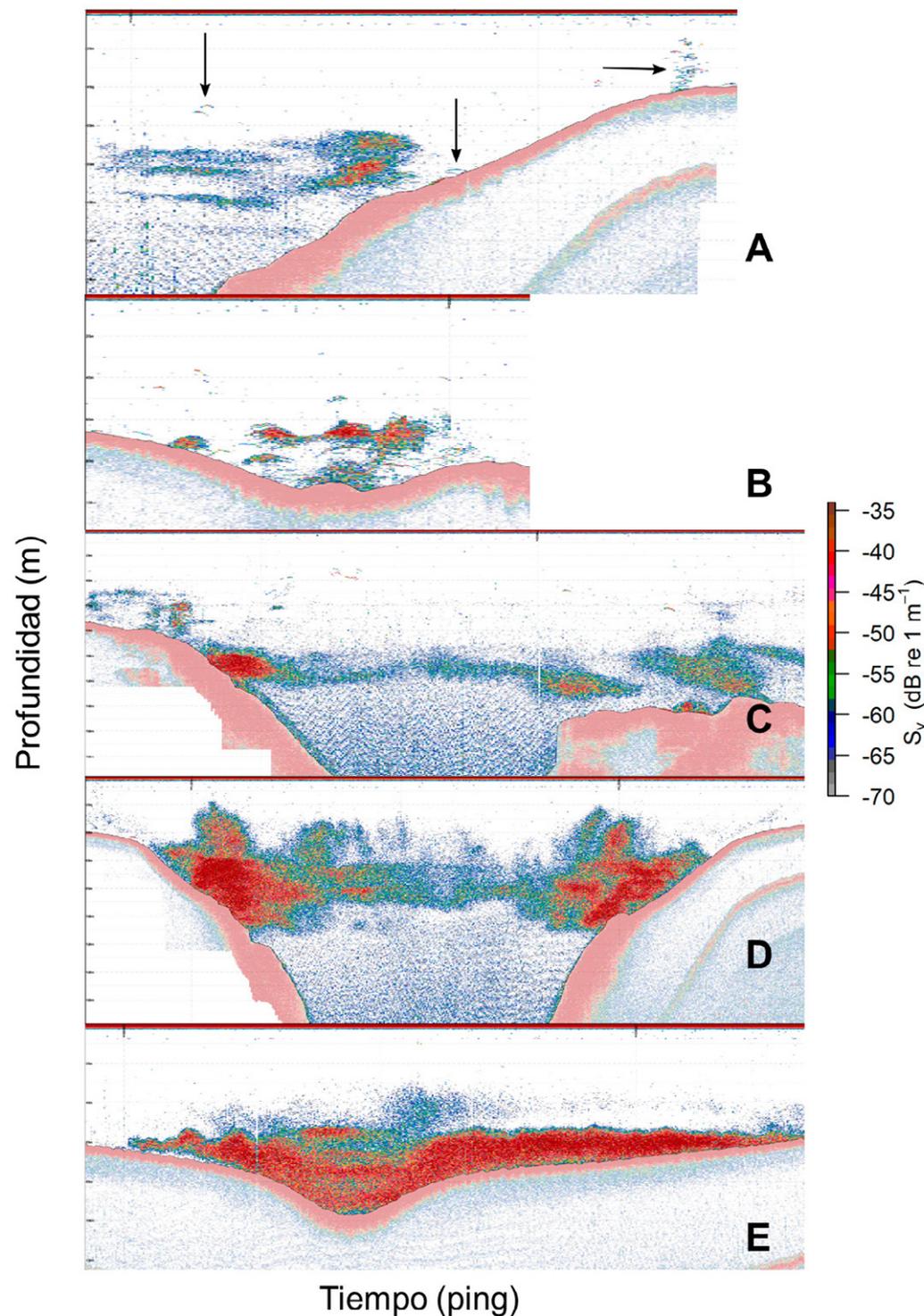


Figura 18. Ecogramas alrededor de Isla San Benedicto registrados durante abril 2023 filtrados para A) peces (38 kHz) y B) zooplancton (200 kHz). La línea negra representa el perfil del fondo detectado por la ecosonda y las letras regiones donde más adelante se muestran acercamientos.

o distribución vertical antes y después del atardecer excepto alrededor de las 20 h local. Sin embargo, es relevante destacar que la capacidad de detección de la frecuencia de 200 kHz a profundidades > 100 m está sensiblemente afectada por el ruido ambiental y el ruido generado por el barco.

En algunos segmentos del ecograma de peces se observaron cardúmenes con diferentes grados de cohesión, desde cardúmenes compactos hasta grupos más o menos dispersos y peces solitarios. La Figura 19 A-E muestran ejemplos de acercamientos de las regiones marcadas con la letra correspondiente en el ecograma completo (Figura 18 A). En el primer ecograma (Figura 19A) se observa un cardumen relativamente denso entre 60 y 90 m, más concentrado cuando está más próximo



del fondo, asimismo, se aprecian ecos de peces individuales con una forma típica de arco (señalados con flechas). Más adelante se observan agregaciones densas entre 60 m y el fondo (Figura 19B), destacando ecos individuales hacia los bordes de la agregación. En la Figura 19C se presenta un ejemplo de un cardumen altamente compacto y denso (color rojo), localizado en el talud de la isla, entre 100 y 120 m de profundidad. Además, se distingue una franja que se extiende sobre la región más profunda del transecto hasta que el fondo alcanza nuevamente poco más de 140 m. El siguiente ejemplo (Figura 19D) corresponde a las agregaciones que produjeron los valores de energía más altos en esta isla que se concentran en el talud de 20 a 110 m de profundidad, en la parte del talud. Aunque con menos intensidad, se extienden sobre la parte de profundidad de los transectos. Por último, hacia el final del recorrido alrededor de la isla, se observa una agregación densa, formando una extensa capa demersal asociada al fondo, que en esta parte promedió 65 m.

La distribución de la biomasa acústica (NASC o  $s_A$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) alrededor de la Isla San Benedicto es mostrada solamente en las primeras tres capas de profundidad para peces y zooplancton, debido a que  $> 150$  m de profundidad la energía retrospectada fue prácticamente nula (Figura 20). Cada círculo representa una ESU de 100 m y su diámetro es proporcional al valor de NASC obtenido por ecointegración. Estos mapas muestran que la mayor proporción de la biomasa de peces se encontró distribuida en el lado este de la isla, en la capa de 50 a 100 m de profundidad, mientras que el zooplancton se distribuyó principalmente en las dos primeras capas de manera homogénea. Se debe resaltar que el NASC de peces es 3 órdenes de magnitud más alto que el de zooplancton (Figura 20). El NASC promedio para peces fue de  $2,117 m^2 \cdot nmi^{-2}$  (máx. =  $245,369$ ) y para el zooplancton fue de tan solo  $47.4$  (máx. =  $376 m^2 \cdot nmi^{-2}$ ). Las diferencias en la distribución vertical de la biomasa

Figura 19. Acercamiento a las regiones A-E del ecograma de la Figura 18 A de Isla San Benedicto registrado durante abril 2023 filtrado para peces (38 kHz; Fig. 6). **A)** Agregaciones y ecos de peces individuales, señalados con las flechas. **B)** Se pueden distinguir entre la agregación ecos de peces individuales. **C)** Nótese el cardumen en color rojo del lado izquierdo. **D)** cardúmenes de peces con los valores de NASC más altos registrados en esta isla. **E)** agregación demersal en forma de capa asociada al fondo.

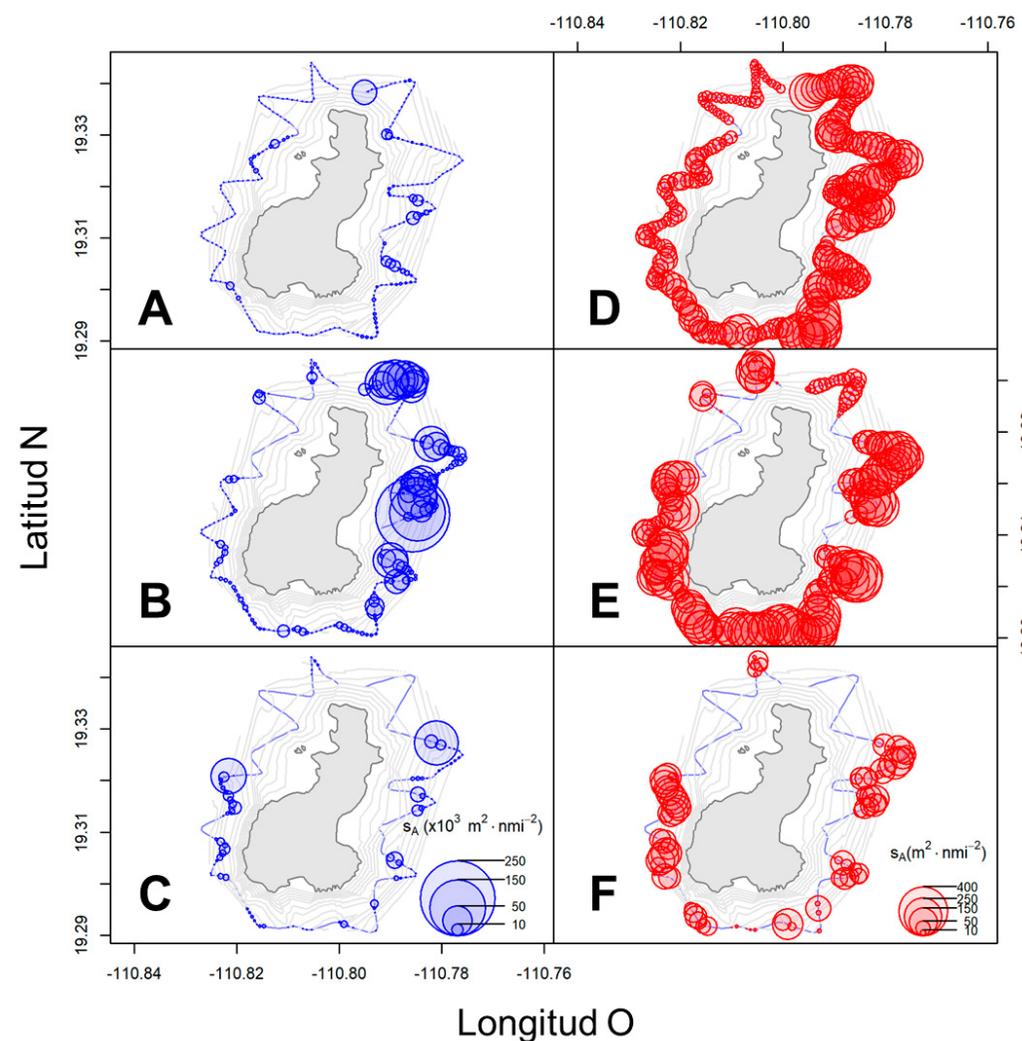


Figura 20. Distribución espacial de la biomasa acústica (NASC o  $s_A$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) peces (en azul) y zooplancton (rojo) en Isla San Benedicto registrado en abril 2023 por capa de profundidad: 3-50 m (panel superior); 50-100 m (panel intermedio); 100-150 m (panel inferior).

de peces se aprecian más claramente en la Figura 21 A-C, donde se representa el NASC por capa de profundidad en función de la hora, destacando la concentración de la biomasa entre 50-100 m de profundidad después de la puesta del sol (19:42 h), como previamente fue mencionado (Figura 21 B).

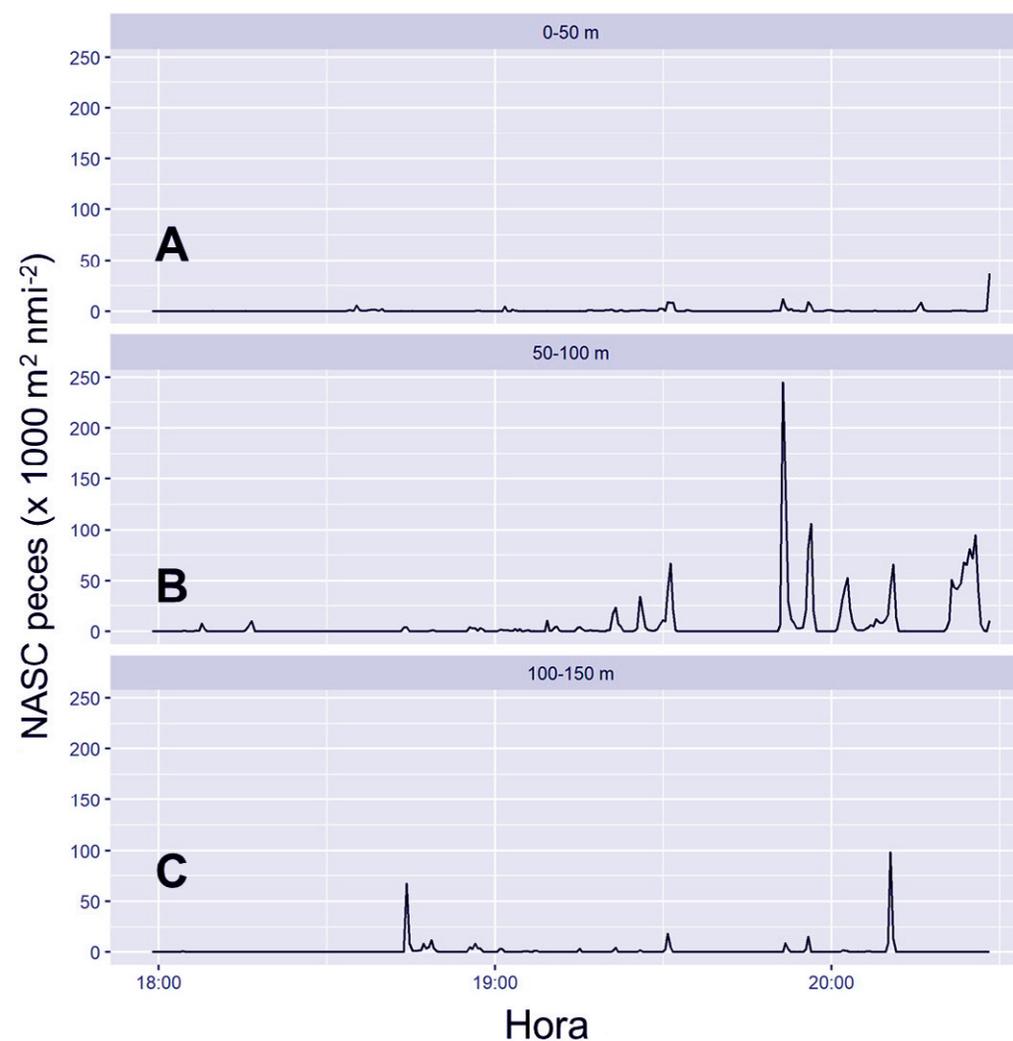


Figura 21. Biomasa acústica (NASC o  $s_A$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) de peces por hora del día en Isla San Benedicto en abril 2023 por capa de profundidad: 3-50 m (panel superior); 50-100 m (panel intermedio); 100-150 m (panel inferior).

#### Isla Roca Partida

El recorrido alrededor de Roca Partida se realizó durante la noche y tuvo una duración de cerca de dos horas (18:00-20:30 h del 20/04/2023). Debido a que no existían transectos predefinidos, se coordinó en tiempo real con el capitán para cubrir desde la zona más cercana posible a la parte emergida de la pequeña isla, hasta

alcanzar aproximadamente los 200 m de profundidad del fondo marino (límite de la plataforma insular). Destaca la rápida caída del fondo a 50 m prácticamente cerca de la orilla, característica de la imponente pared donde los buzos típicamente observan numerosos tiburones “puntas blancas” y cardúmenes de peces. Las detecciones más densas, aunque de tamaño pequeño, se observaron asociadas a la parte menos profunda (entre 50-75 m). Asimismo, se observa una capa discontinua y menos densa a alrededor de los 25 m, donde también se distinguen esporádicamente ecos intensos de peces (Figura 22 A).

El zooplancton en Roca Partida tuvo un comportamiento similar al descrito en la isla San Benedicto, con valores bajos de NASC ( $< 400 \text{ m}^2 \cdot \text{nmi}^{-2}$ ) distribuidos homogéneamente en los primeros 100 m. Para esta isla se muestran acercamientos de los dos primeros transectos que pasaron por la parte más somera (Figura 23A, B). Es clara la asociación de los peces con esta área de la isla, predominando los ecos de peces individuales y unos cuantos cardúmenes de tamaño pequeño. De igual manera se aprecia la franja a los 20 m con algunas detecciones de color rojo intercaladas (Figura 23 A, B).

La distribución espacial de la biomasa acústica de peces en Roca Partida se caracterizó por presentar sus mayores concentraciones muy cerca de la isla a profundidades entre 50 y 100 m, con excepción de dos ESUs con valores altos en la parte más profunda y en la capa de 100-150 m (Figura 24 A-C). El zooplancton mostró un comportamiento similar a lo observado en Isla San Benedicto, aunque más allá de los 100 m la energía fue prácticamente nula (Figura 24 D-F). El NASC promedio para peces fue de 1,339 (máx. =  $94,655 \text{ m}^2 \cdot \text{nmi}^{-2}$ ), mientras que para el zooplancton fue de 172 (máx. =  $380 \text{ m}^2 \cdot \text{nmi}^{-2}$ ). La ubicación vertical de la biomasa de peces no mostró un efecto de la hora debido a que solo se prospectó por dos horas durante la noche (Figura 25 A-C).

### Isla Clarión

Los transectos alrededor de Isla Clarión se realizaron entre las 16:35 y 17:48 h del 22 de abril 2023 iniciando en el lado sur, casi a la mitad de la isla y moviéndose en

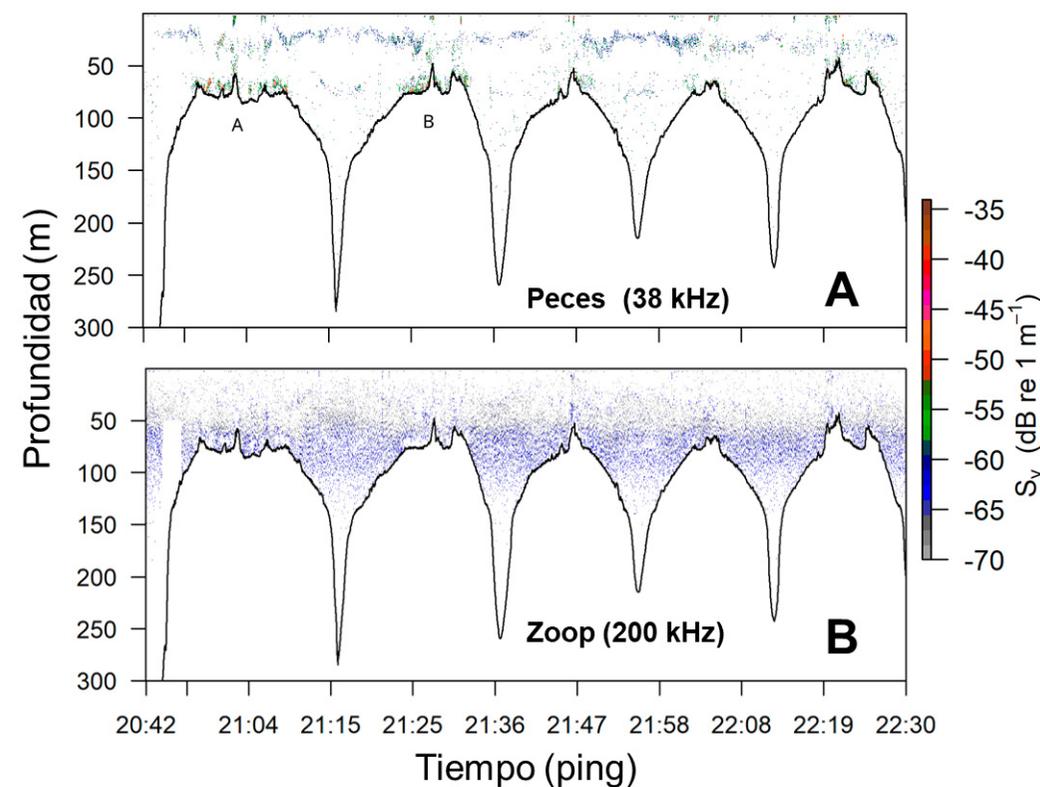


Figura 22. Ecogramas alrededor de Isla Roca Partida registrados en abril 2023 filtrados para **A)** peces (38 kHz) y **B)** zooplancton (200 kHz). La línea negra representa el perfil del fondo detectado por la ecosonda y las letras regiones donde más adelante se muestran acercamientos.

dirección este, y entre las 08:43 a las 17:50 h del día siguiente cubriendo el norte, de este a oeste, completando también la porción faltante en el sur y por último los transectos en la región este de la isla (Figura 26). La puesta del sol fue a las 19:57 h, por lo que la prospección acústica durante ambos días se realizó exclusivamente durante las horas diurnas, a diferencia de las otras dos islas. En el ecograma filtrado para la energía de peces se observan menos detecciones en comparación con San Benedicto, aunque a media mañana se detectaron dos agregaciones de casi 50 m de alto, localizadas entre los 30 y 100 m de profundidad. El ecograma de zooplancton mantuvo la misma estructura descrita antes para San Benedicto y Roca Partida

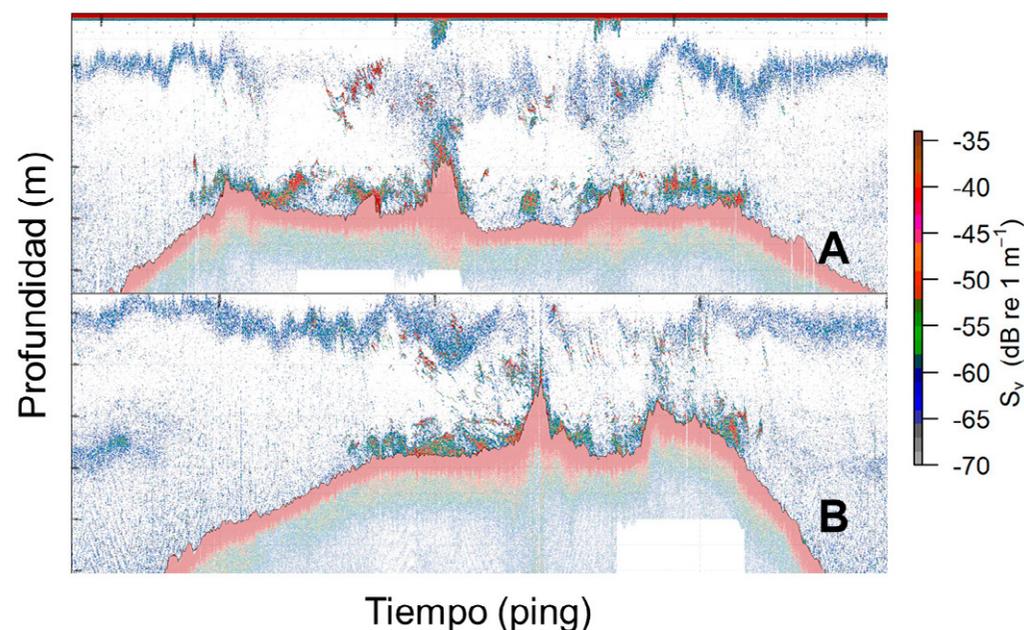


Figura 23. Acercamiento a las regiones **A** (panel superior) y **B** (panel inferior) del ecograma de peces en Isla Roca Partida registrado en abril 2023 (Fig. 22).

con una distribución homogénea y baja densidad, pero tuvo dos altas concentraciones de zooplancton cerca de las 10:16 am (Figura 26 B).

En los acercamientos al ecograma de peces de la Figura 26 (marcado con las letras A, B y C) destaca un cardumen de cerca de 40 m de alto con la forma típica en que se suelen agregar especies de peces pelágicos menores durante el día (Figura 27 A), aunque al no contar con muestreos de la zona no se puede asegurar su identidad. En el segundo acercamiento del ecograma (Figura 27 B) se registró una agregación larga, extendida sobre la pendiente del fondo que va cayendo hasta los 200 m, que se continua cuando la dirección del transecto se invierte. En este ecograma, la parte más profunda corresponde al extremo oceánico del transecto (Figura 27 B). El último acercamiento del ecograma también es una sección donde la zona más profunda corresponde al extremo de dos transectos. En este caso, la agregación más grande que no es del todo compacta se extiende completamente

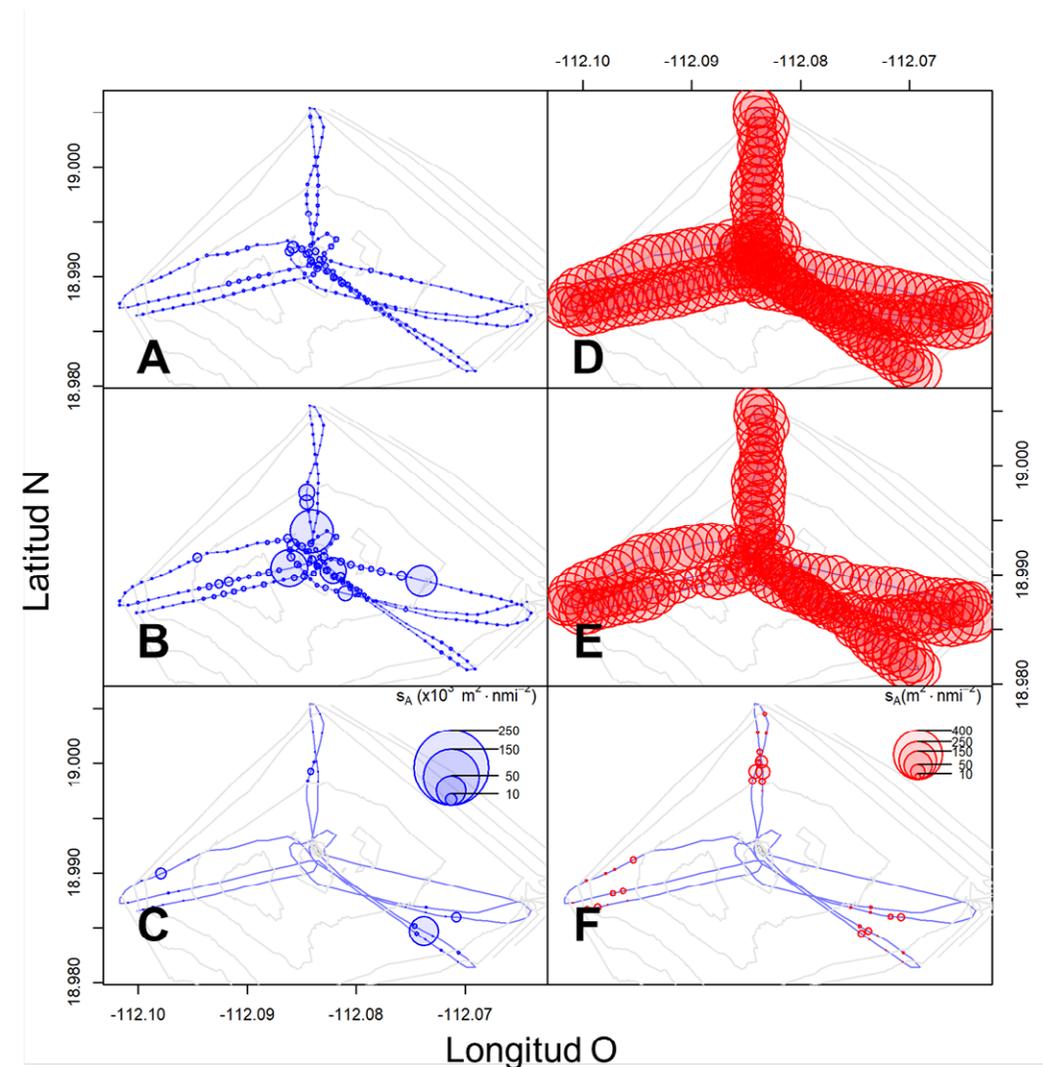


Figura 24. Distribución espacial de la biomasa acústica (NASC o  $s_A$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) de peces (en azul) y zooplancton (rojo) en Isla Roca Partida registrado en abril 2023 por capa de profundidad: 3-50 m (panel superior); 50-100 m (panel intermedio); 100-150 m (panel inferior).

en el área. También se aprecia de nueva cuenta un cardumen compacto del lado izquierdo (Figura 27 C).

Con respecto a la distribución espacial del NASC, los valores más altos se observaron en la parte norte de la isla en las tres capas de profundidad y hacia las

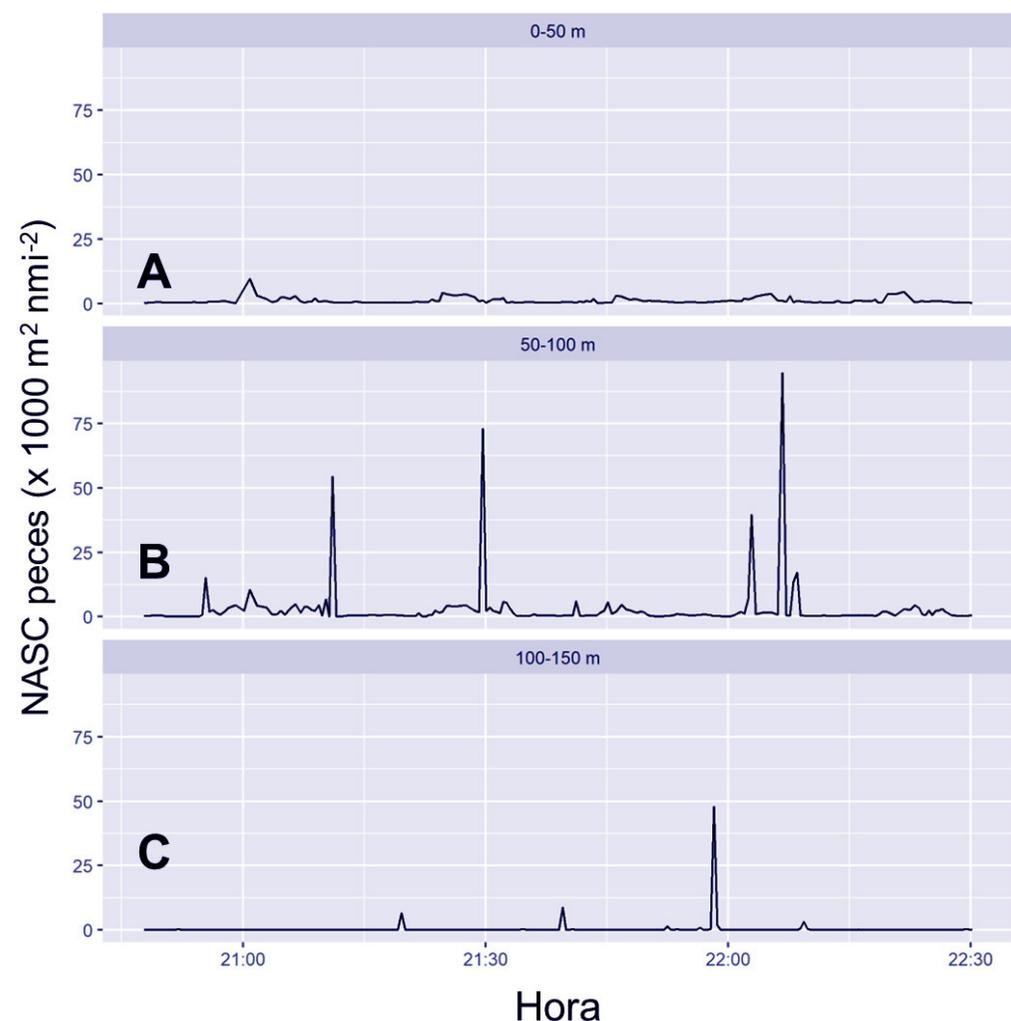


Figura 25. Biomasa acústica (NASC o  $S_v$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) de peces por hora del día en Isla Roca Partida en abril 2023 por capa de profundidad: 3-50 m (panel superior); 50-100 m (panel intermedio); 100-150 m (panel inferior).

isobatas de mayor profundidad, es decir más alejadas de la costa (Figura 28 A-C). También se encontraron valores importantes hacia el sur, pero de nueva cuenta en la parte más profunda. En promedio, el NASC de peces fue de  $604 m^2 \cdot nmi^{-2}$  (máx. = 180,941). El zooplancton también tuvo valores muy bajos y homogéneos alrededor de la isla (media = 17.1; máx. =  $238 m^2 \cdot nmi^{-2}$ ), aunque prácticamente nulos más allá de los 100 m de profundidad (Figura 28 D-F).

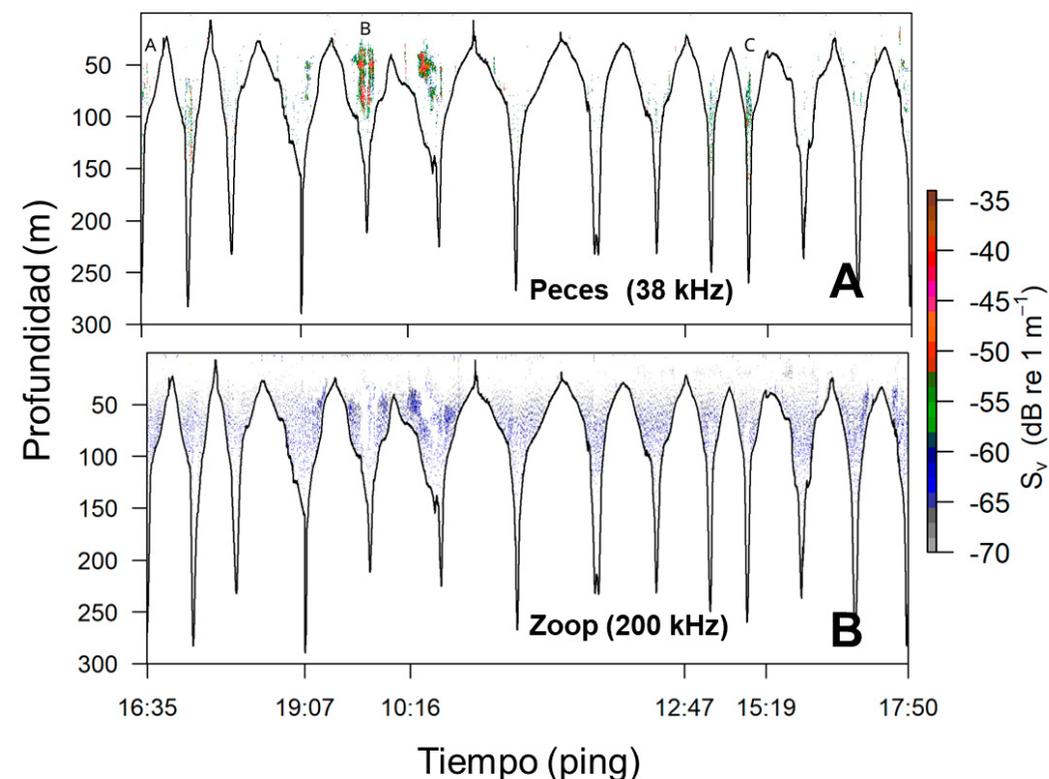


Figura 26. Ecogramas alrededor de Isla Clarión registrados durante el 22 y 23 de abril 2023 filtrados para **A)** peces (38 kHz) y **B)** zooplancton (200 kHz). La línea negra representa el perfil del fondo detectado por la ecosonda y las letras regiones donde más adelante se muestran acercamientos.

Tampoco se detectó relación del NASC con la hora del día (Figura 29 A-C). Sin embargo, los valores más altos se observaron el segundo día alrededor de las 12:00, con el valor récord ( $180,941 m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) en la capa de profundidad de 100-150 m.

#### Fuerza de blanco

Los histogramas de la fuerza de blanco ( $TS$ ) de los ecos individuales detectados en cada una de las tres islas muestran distintas distribuciones de frecuencia (Figura 30 A-C). Isla Clarión tuvo una distribución de frecuencias normal con una moda alrededor de -30 dB (Figura 30 C), en Roca Partida se observaron dos modas, una más baja en -45 dB y una más alta en -27 dB (Figura 30 B). San Benedicto presentó una

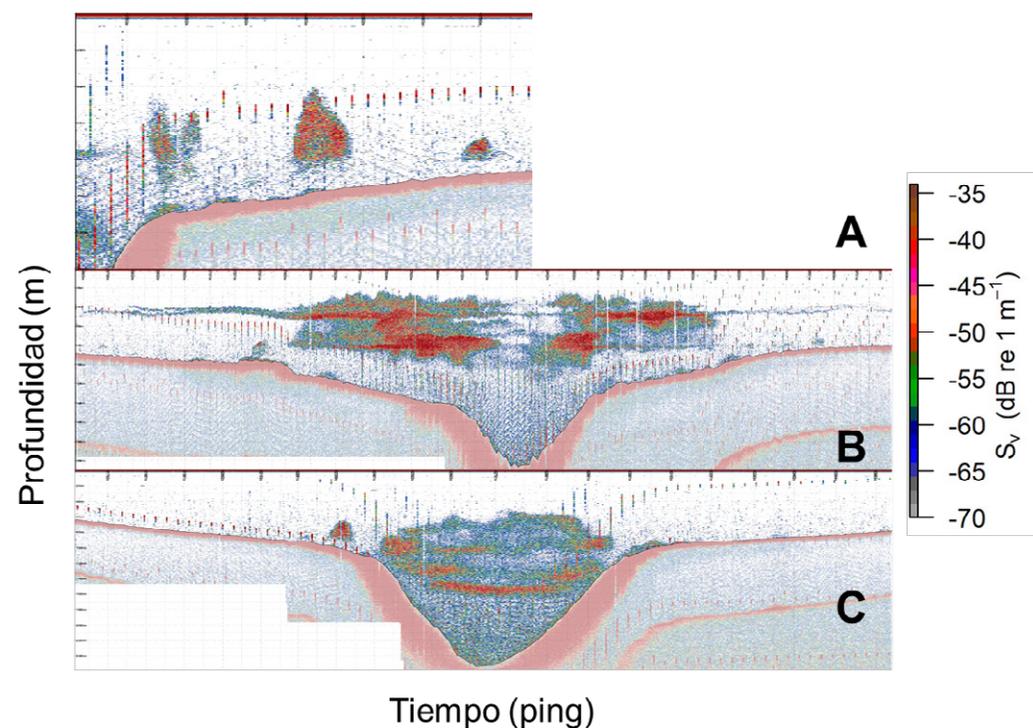


Figura 27. Acercamiento a las regiones A-C del ecograma de Isla Clarión registrado durante abril 2023 filtrado para peces (38 kHz; Fig. 14 A). **A)** se observan tres cardúmenes compactos. **B)** una agregación muy extensa. **C)** además de la agregación extensa, un cardumen compacto del lado izquierdo. Las señales verticales de color rojo en los tres acercamientos representan ruido impulsivo producido por el ecosonda de navegación del barco.

distribución con tres modas, con la más baja para las tres islas en -50 dB, una similar a la de Clarión, cercana a los -30 dB, y la más alta de todas en -24 dB (Figura 30 A). Estas distintas distribuciones de frecuencia de fuerza de blanco indican distintas distribuciones de talla de los peces entre islas, debido probablemente a composiciones de especies diferentes.

#### Recorridos entre islas

Como se indicó antes, durante los desplazamientos entre las cuatro islas del Archipiélago Revillagigedo se continuó el registro acústico permitiendo la prospección

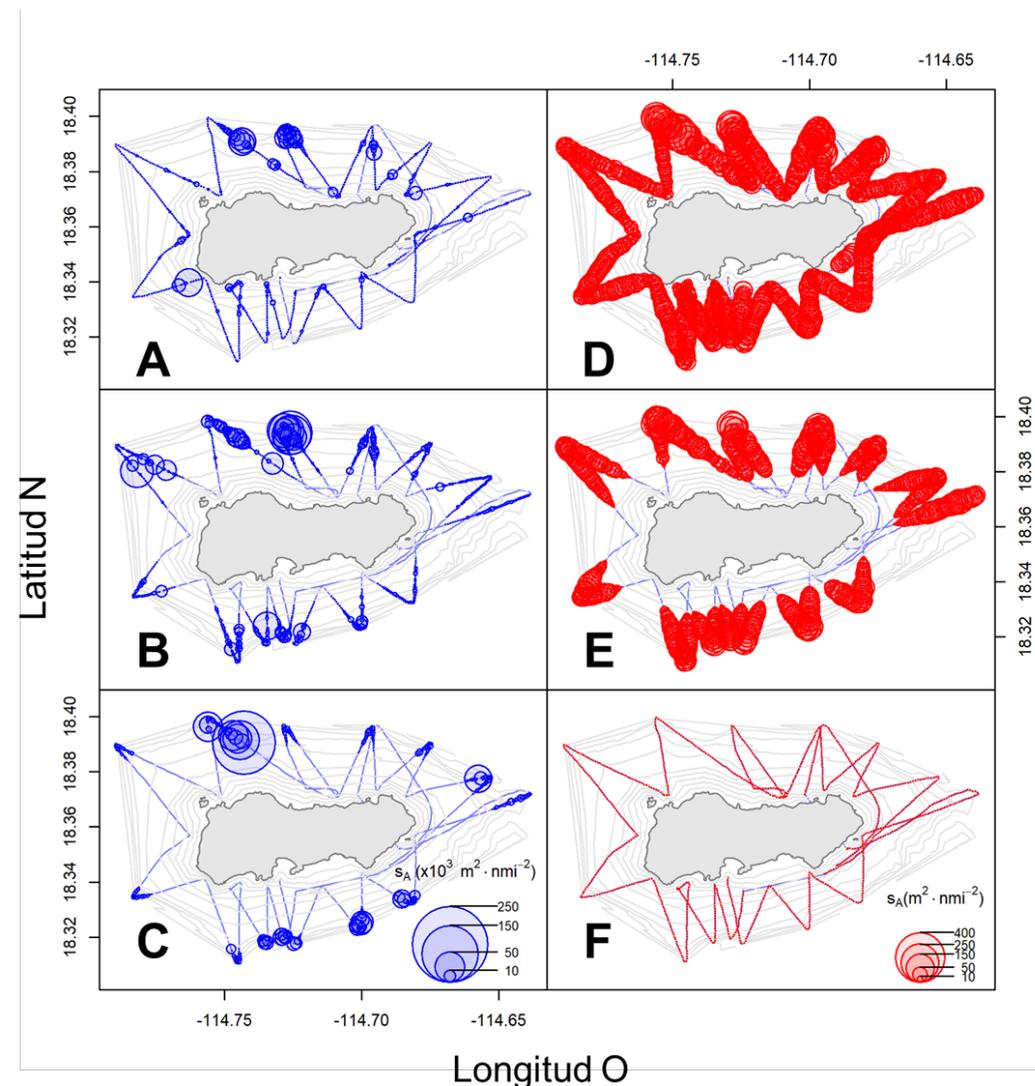


Figura 28. Distribución espacial de la biomasa acústica (NASC o  $s_A$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) de peces (en azul) y zooplancton (rojo) en Isla Clarión durante abril 2023 por capa de profundidad: 3-50 m (panel superior); 50-100 m (panel intermedio); 100-150 m (panel inferior).

de peces y zooplancton en el hábitat oceánico pelágico. La prospección acústica estuvo limitada a la capa de 0-500 m de profundidad detectando organismos en la capa epipelágica y parte superior de la capa mesipelágica. La detección del fondo fue deshabilitada y se usó un intervalo entre pulsos de sonido de 2 s. Esta decisión

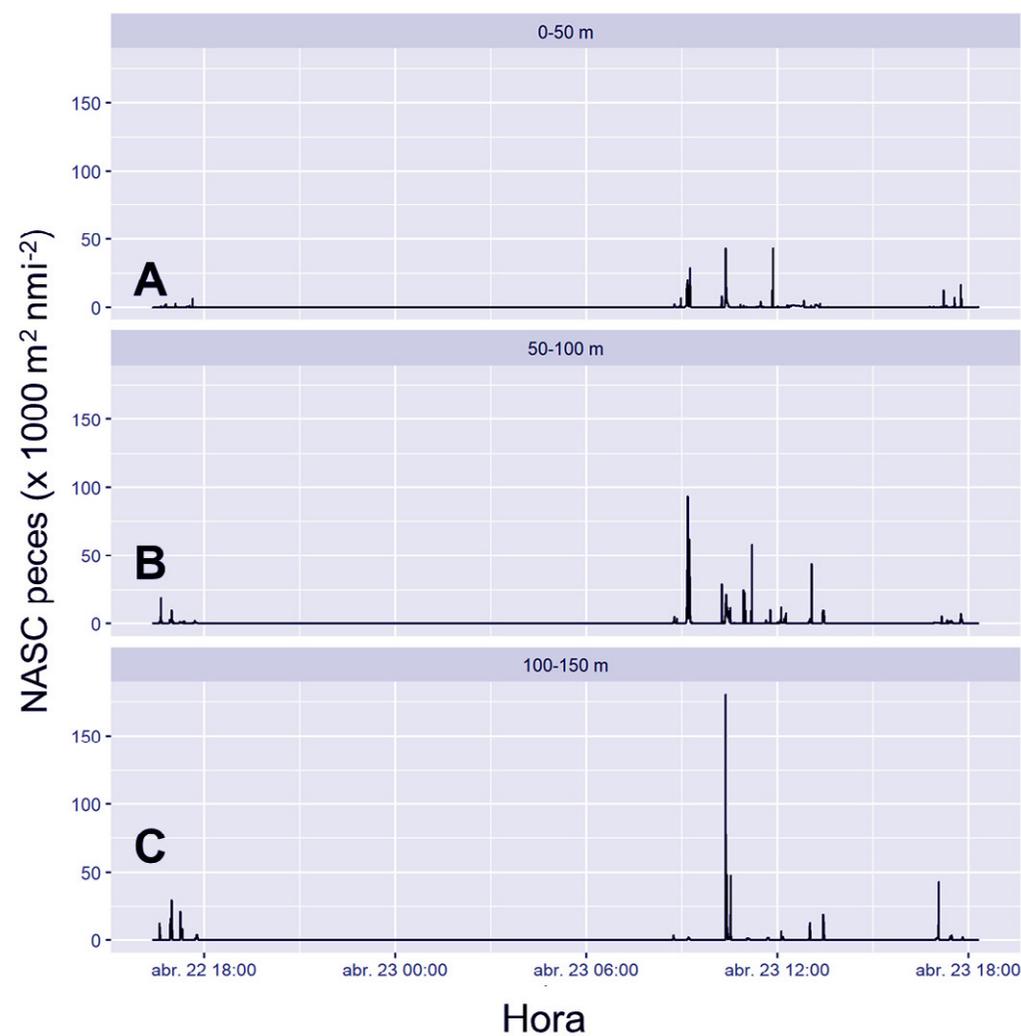


Figura 29. Biomasa acústica (NASC o  $sA$ ;  $m^2 \cdot nmi^{-2}$ ) de peces por hora del día en Isla Clarión en abril 2023 por capa de profundidad: 3-50 m (panel superior); 50-100 m (panel intermedio); 100-150 m (panel inferior).

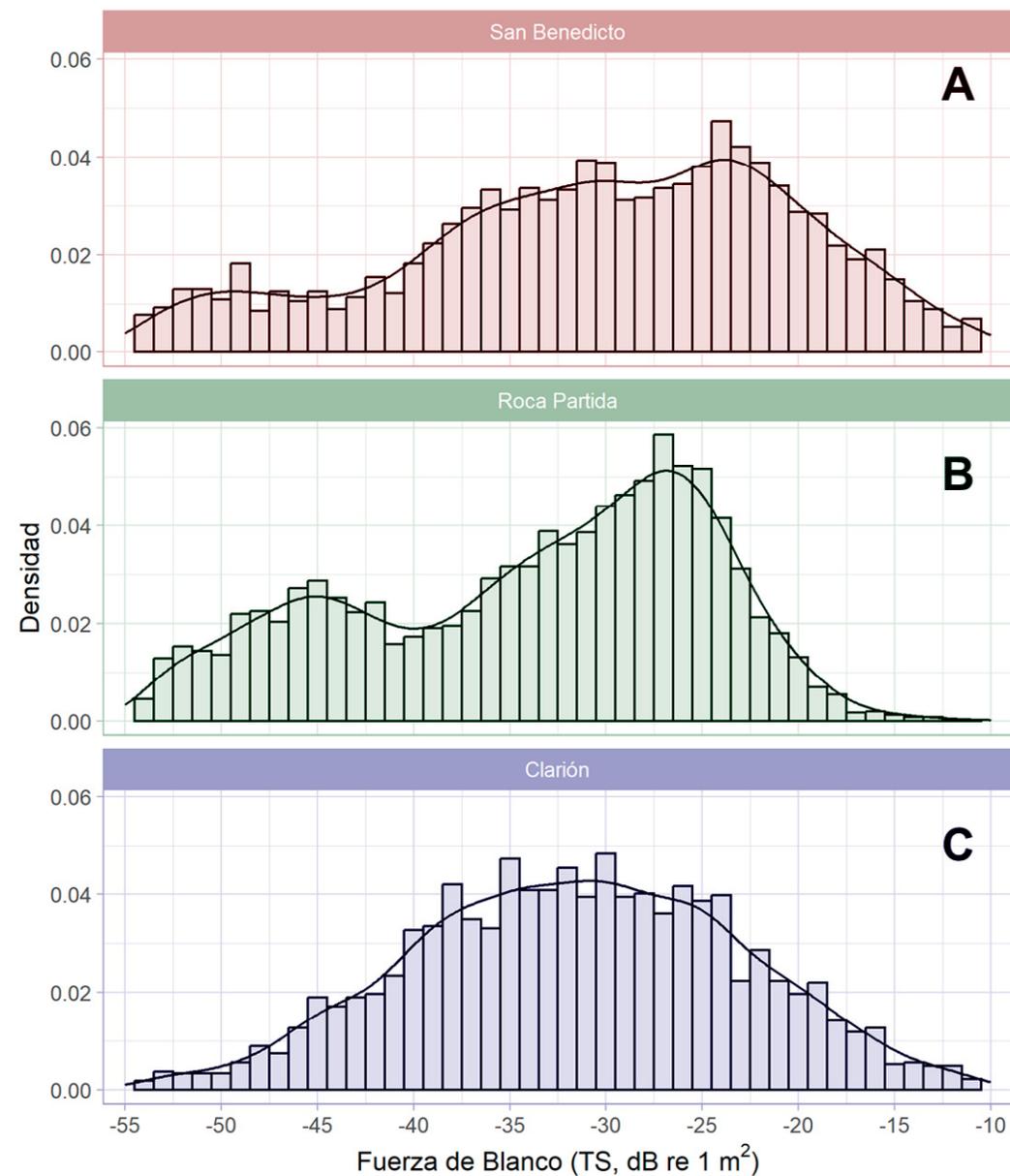


Figura 30. Histogramas de frecuencia de la Fuerza de Blanco acústico (TS, dB re  $1 m^2$ ) de peces individuales detectados en las tres islas. A) Isla San Benedicto, B) Isla Roca Partida, C) Isla Clarión.

se tomó con base en el interés en observar el epi- y meso ecosistema pelágico, más que registrar la batimetría entre islas, además de que de acuerdo con los datos de la base GEBCO, las profundidades (> 3000 m) de la zona están por fuera de la capacidad de detección de la frecuencia de 38 kHz. Otro aspecto importante para mencionar es que el barco navegó a mayor velocidad, por lo que el ruido recibido por la ecosonda científica fue considerablemente mayor. No obstante, se lograron observaciones interesantes que se describen a continuación. Destaca primeramente el efecto de la migración vertical diaria del plancton y necton oceánico, puesto que los momentos en los que se observó una mayor cantidad de detecciones en los primeros 100 m corresponden a periodos nocturnos. Por ejemplo, el trayecto de San Benedicto a Roca Partida inició cerca de las 10:20 h, llegando a destino poco después de las 20:00 h (Figura 31A). Durante este recorrido, se aprecian detecciones importantes al inicio, antes de dejar la plataforma continental de la Isla San Benedicto, y una capa superficial dispersa de baja intensidad acústica, ecos de moderada intensidad aparecen cerca de la isla Roca partida. Esto demuestra claramente el efecto de la batimetría para concentrar biomasa en la zona insular (Figura 31 A). Poco antes de la puesta del sol (19:47 h) casi al llegar a Roca Partida, se detectó una capa un poco más intensa, la cual es más evidente en el trayecto de Roca Partida a Clarión (Figura 31 B), que inició a las 22:30 h, una vez que los transectos alrededor de la primera se completaron. Dicha capa desaparece antes del amanecer (07:19 h). Lamentablemente por el nivel de ruido recibido por el ecosonda no fue posible registrar con claridad la migración de la capa hacia aguas profundas para saber a qué profundidad se localiza durante las horas diurnas. Destaca también dentro de esta capa la presencia de grandes cardúmenes densos (más de 40 m de altura) con la forma típica de peces pelágicos, los cuales están asociados con la capa visible durante la noche. Dos segmentos de este recorrido amplificadas muestran un primer periodo de las 00:49 a 02:10 h cuando se observaron los cardúmenes (Figura 31 C) previamente mencionados en Fig. 19 A, B. El segundo periodo magnificado fue de 08:30 a 09:20 h, donde se aprecian cardúmenes con diferentes

densidades y tamaños, los más grandes a una profundidad de 50 m, otros cardúmenes de menor tamaño, pero más densos a > 100 m, destacando un cardumen denso y grande a una profundidad media de 300 m (Figura 31 D). El trayecto de regreso de Isla Clarión a Roca Partida dos días después muestra de manera clara la diferencia en el comportamiento de los organismos pelágicos en el área oceánica, con la capa de dispersión intensa en los primeros 100 m durante la noche (entre las 20:00 y 06:00 h), con cardúmenes compactos de gran tamaño inmersos en la capa que migran verticalmente (Figura 31 E). Antes de la salida del sol la mayoría de los organismos dejan de verse, presumiblemente por su desplazamiento hacia aguas profundas (Figura 31E). El último recorrido entre islas fue de Roca Partida a Isla Socorro, mostrando un comportamiento de los organismos pelágicos similar al descrito previamente (Figura 31 F). Lo interesante en este caso es que, aunque de manera tenue, parece que la profundidad a la que los organismos que constituyen la capa migratoria se ubican entre 200 y 300 m de profundidad (Figura 31 F).

## DISCUSIÓN

La presente prospección acústica pionera en Isla San Benedicto, Roca Partida y Clarión demostró como las islas concentran gran parte de la biomasa disminuyendo paulatinamente con la profundidad del fondo marino y que la biomasa de peces en abril 2023 fue cuatro ordenes de magnitud mayor que la del zooplancton. Esto resulta paradójico porque indica que una elevada biomasa de peces habita en un ecosistema insular tropical oligotrófico con baja densidad y biomasa de zooplancton, cercana a la base de la trama alimentaria. La biomasa de peces típicamente se concentró entre 50-100 m formando notables concentraciones en cardúmenes y bancos, mientras que el zooplancton tuvo típicamente distribuciones homogéneas horizontal y verticalmente en los primeros 100 m de profundidad. Muestreos de zooplancton diurnos realizados durante la misma expedición en abril 2023 con tres tamaños de red (303, 505 y 100  $\mu$ m de luz de malla) muestran que el zooplancton en las 4 islas estuvo caracterizado por una inusualmente baja abundancia de copépo-

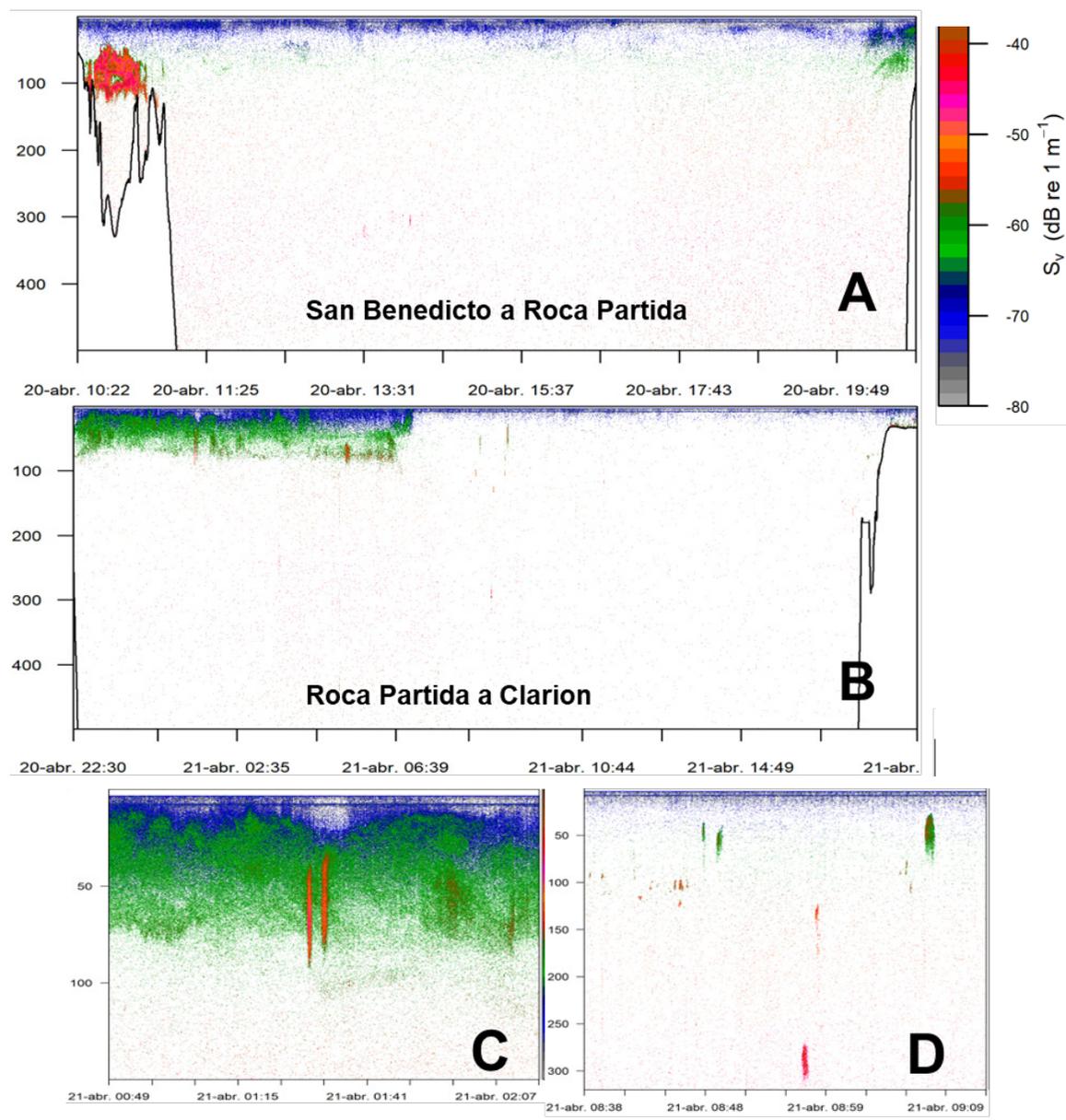
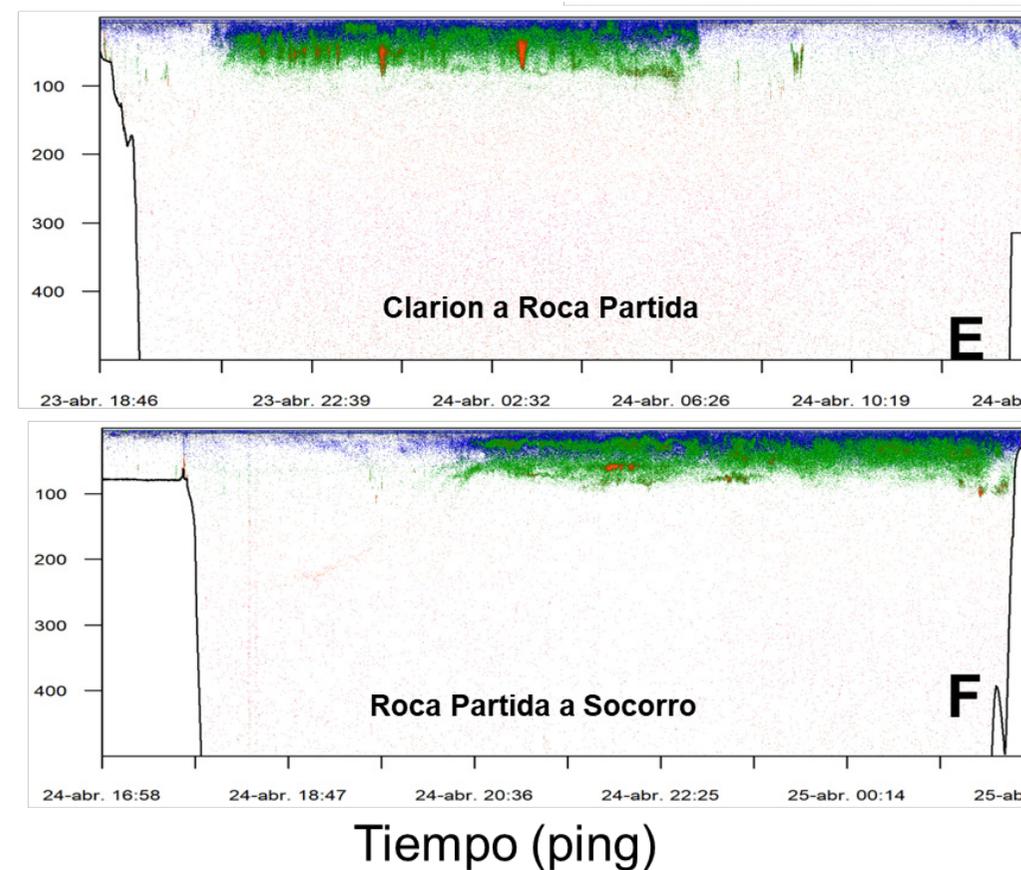


Figura 31. Ecogramas de 38 kHz del recorrido entre islas: **A)** recorrido entre Isla San Benedicto y Roca Partida. **B)** Roca Partida y Clarión, **C)** primera amplificación a dos regiones del recorrido de Roca Partida a Clarión, **D)** segunda amplificación a dos regiones del recorrido de Roca Partida a Clarión. **E)** recorrido entre Clarión y Roca Partida. **F)** recorrido entre Roca Partida e Isla Socorro.



dos (30% de la abundancia total de zooplancton) y una también inusualmente alta abundancia de huevos de peces (23%) y agregaciones del misidáceo *Mysidium cf rickettsi* (22% de la abundancia total de zooplancton) (Gómez-Gutierrez et al., capítulo 1). El zooplancton en las cuatro islas fue sumamente bajo (similar a las Islas Marías) en comparación con otros 10 sitios ubicados en Bahía Magdalena y nueve diferentes sitios en el Golfo de California y Barra de Navidad, Jalisco (Gómez-Gutierrez et al., Capítulo 1). *Mysidium cf rickettsi* tiene comportamiento social y aunque tiene una distribución en la columna de agua sus mayores densidades están en el hábitat demersal. La prospección acústica probablemente detecta principalmente los tres grupos antes mencionados durante prospecciones diurnas, durante la noche existe

posiblemente una fauna distinta debido a la migración vertical diaria posiblemente con mayor abundancia relativa de eufáusidos y micronecton.

Los censos de peces realizados por buzos con la metodología CONANP y PFA/ UABCS-CMBC fueron realizados en arrecifes rocosos cercanos a las islas y los registros acústicos no pudieron realizarse en esas profundidades. Los censos visuales y registros con ADN ambiental muestran una diversa comunidad de peces con 878 especies/OTUS en las cuatro islas del archipiélago de las cuales se pudo inferir una diversidad taxonómica de 286 especies de peces actinopterygios (Actinopterygii) y 5 OTUs de peces cartilaginosos (Chondrichthyes) (283 OTUs en Isla San Benedicto, 205 OTUs en Roca Partida, 234 OTUs en Clarion, y 205 OTUs en Socorro, con un tamaño de muestra menor que las otras tres islas) (Munguía-Vega et al. Capítulo 3). El ecosistema insular de las Islas Revillagigedo es complejo y por lo tanto es prácticamente imposible discriminar acústicamente cardúmenes de peces de especies individuales con la metodología implementada. Los peces más frecuentemente registrados con la metodología de ADN ambiental fueron los peces de las familias Lutjanidae, Scombridae, Serranidae, Labridae, Pomacentridae, particularmente diversas las especies del género *Lutjanus*, *Holocanthus* y *Cirhytichthys* (Munguía-Vega et al., 2024). Interesantemente solo el 16% de los OTUS se encontraron en las 3 islas esperando que cada isla tenga una predominancia de especies distinta (Munguía-Vega et al., 2024). Esto se muestra en la Figura 30 A-C en que las tres islas prospectadas acústicamente tuvieron distintas distribuciones de frecuencia de fuerza de blanco, lo que indica que especies de peces de distinto tamaño habitan en cada una de las islas. Esto tiene implicaciones relevantes en biogeografía de especies separadas por cerca de 200 km entre islas cuyas especies pueden diferir en la estructura comunitaria y en densidad poblacional. García-Baciero (2023) reportó distribuciones bimodales de *T5* en El Bajo de Espíritu Santo (EBES), con valores de -46 dB y -29 dB, el primero similar a la moda más baja encontrada en San Benedicto (-50 dB) y Roca Partida (-45 dB) mientras que el segundo coincide con las modas de las tres islas. La abundancia en el EBES estuvo dominada por cinco especies: *Azurina*

*atrilobata* (Pomacentridae); *Cephalopholis colonus* (Serranidae); *Decapterus macarellus* (Carangidae); *Balistes polylepis* (Balistidae) y *Caranx caballus* (Carangidae).

La estimación de la biomasa de peces y zooplancton mediante métodos acústicos en la zona insular de tres islas del Archipiélago de Revillagigedo y la fauna oceánica entre las cuatro islas representa la primera prospección de biomasa en este Parque Nacional establecido en 2017. Estudios realizados en el Parque Nacional Cabo Pulmo demostraron el efecto benéfico de la protección de no pesca que se ha realizado en este pequeño parque de solamente 71 km<sup>2</sup> demostrado un incremento significativo de biomasa en relación con las áreas circundantes donde la pesca artesanal y deportiva es permitida (Egerton et al., 2018). La prospección acústica ha sido también relevante para evidenciar la biomasa en parques nacionales de uso múltiple como el Bajo del Espíritu Santo (Villalobos et al., 2021; García-Baciero, 2023). Es evidente que se requiere conocer cuál es la variabilidad estacional de la biomasa de peces y zooplancton a lo largo del año en el Parque Nacional Revillagigedo y eventualmente comparar la biomasa con otras islas y ecosistemas costeros de relevancia estratégica para la conservación. Por ahora es evidente la relevante función de efecto de isla para mantener una alta biomasa de peces en un ecosistema esencialmente oligotrófico en la base de la trama alimentaria de este ecosistema tropical fuertemente impactado por frecuentes tormentas y huracanes que típicamente ocurren entre julio y octubre que influyen fuertemente en la resiliencia de la fauna insular a estos eventos.

Abril posiblemente sea uno de los meses que propicien mayor biomasa de plancton y necton, debido a que es bien sabido que en la costa occidental de Baja California (Lavaniegos et al., 2019), Golfo de California (Brinton et al., 1986; Rubio-Rodríguez et al. 2018; Portner et al., 2022; García Fernández et al., 2023) y costa central del Pacífico Mexicano que la biomasa decrece durante el verano y es máxima entre marzo y abril y también la biomasa promedio disminuye durante eventos de calentamiento anómalo como ondas marinas de calor y eventos El Niño registrados durante las últimas décadas.

La presente investigación representa el primer análisis destinado a la estimación de biomasa pelágica de peces y zooplancton en el Parque Nacional Revillagigedo. Este esfuerzo pionero permitirá, si se realizan esfuerzos similares en el futuro proveer evidencia del desempeño de este parque nacional en la protección de la biodiversidad y demostrar que el PNR no es un “parque de papel” y su protección de no pesca es efectiva para incrementar la biomasa como ha sido demostrado en otros parques nacionales de México (Aburto-Oropeza et al., 2011). Desafortunadamente, ésta no ha sido la regla debido a que numerosos parques no han generado información científica robusta para demostrar su eficiencia de conservación ante el reto de México de proteger de manera efectiva el 30% de su zona económica exclusiva para el 2030 (Riffe et al., 2013; Jouffray et al. 2021; Bender et al., 2022). El Parque Nacional Revillagigedo por su enorme área de protección es sin duda una región prioritaria de demostrar su efectividad para dar cumplimiento a los compromisos de conservación de México en la década del Océano de la UNESCO.

Villalobos-Ortiz, H., & Gómez-Gutiérrez, J. (2025). Línea base para la caracterización acústica del zooplancton y necton en el Parque Nacional Revillagigedo. En CONANP (Ed.), *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 45–84).

### CAPÍTULO III

# BIODIVERSIDAD DE EUCARIOTAS Y PECES MARINOS DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO MEDIANTE ANÁLISIS DE ADN AMBIENTAL

---

#### DIRECTOR DEL PROYECTO:

Adrián Munguía-Vega<sup>1,2</sup>

#### COLABORADORES:

Natalia Chávez-Carabantes<sup>3</sup>,  
Benjamín A. Martínez-Garza<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Applied Genomics Lab, La Paz, Baja California Sur, México

<sup>2</sup>Conservation Genetics Laboratory, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

<sup>3</sup>Departamento de Ecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México

## METODOLOGÍA

### Muestreo de ADN ambiental

Con el objetivo de desarrollar una línea base de la biodiversidad marina del Parque Nacional Revillagigedo, se realizaron expediciones entre el 18-25 de abril del 2023 y el 30 de mayo al 2 junio 2023 a bordo del Liveaboard “Quino el Guardián”. Se muestrearon un total de 17 sitios con dos réplicas de 2 L de agua de mar cada una (Tabla IV), incluyendo 9 sitios someros donde se realizó buceo SCUBA, y 8 sitios profundos muestreados mediante una botella Niskin de 6 L (General Oceanics) en tránsito entre los sitios, y 5 muestras que corresponden a controles negativos (agua corriente del barco), que sirvieron para detectar contaminación cruzada durante la etapa del muestreo en campo. Se tomaron un total de 39 muestras de agua de 2 L cada una que fueron filtradas a bordo con un filtro de 0.45 micras.

Las muestras de agua de mar se tomaron en las cuatro islas principales del archipiélago, incluyendo San Benedicto, Roca Partida, Socorro y Clarión. Las muestras someras se tomaron a profundidades entre 10 y 25 m y temperaturas entre 23° C y 25° C (Tabla VI) mientras que las muestras de profundidad con botella Niskin se tomaron entre 80 y 280 m, a temperaturas comparativamente menores entre 10.9° C y 21.5° C, respectivamente (Tabla IV).

### Análisis de laboratorio

El ADN ambiental (eDNA) fue extraído de las muestras con el kit DNeasy blood and tissue kit (QIAGEN), y la concentración de eDNA fue cuantificada con un ensayo de fluorescencia (QUBIT INVITROGEN). Se construyeron dos librerías genómicas donde se amplificó mediante PCR ~150 nucleótidos del gen 18S ribosomal (nuclear) de organismos eucariotas empleando primers y procedimientos descritos previamente (Mac Loughlin et al. 2023), y ~70 nucleótidos del gen 12S ribosomal (mitocondrial) de peces siguiendo protocolos publicados recientemente (Valdivia-Carrillo et al. 2021). Las librerías resultantes fueron secuenciadas en la plataforma Illumina en dos corridas de secuenciación masiva (Mi Seq 150x2 V2). Los ensayos de secuen-

TABLA IV. Detalles de las muestras de agua de mar filtradas provenientes de 17 sitios distintos. La ubicación de cada sitio corresponde al mapa de la Figura 2. Se muestra el número de muestra (#), la fecha en la que se realizó el muestreo, nombre del sitio y la isla, latitud (Norte) y longitud (Oeste), la profundidad a la que fue colectada el agua y la temperatura del agua registrada a la profundidad del muestreo.

#	Réplica	Fecha	Nombre del Sitio	Isla	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Temp. °C
1	R1	18/04/23	Fondeadero	San Benedicto	19.299	-110.812	20	25
2	R1	18/04/23	Punta NW	San Benedicto	19.35	-110.81	100	18
3	R1	19/04/23	El Cañón	San Benedicto	19.298	-110.808	25	25
4	R1	19/04/23	El Cañón	San Benedicto	19.29	-110.8	180	13.1
5	R1	21/04/23	Punta SE	Clarión	18.33	-114.66	280	10.9
6	R1	22/04/23	Base Militar	Clarión	18.346	-114.705	20	24
7	R1	22/04/23	Base Militar	Clarión	18.33	-114.69	124	15
8	R1	23/04/23	Lado N	Clarión	18.3904	-114.718	80	21.5
9	R1	23/04/23	Punta SE 2	Clarión	18.342	-114.692	25	25
10	R1	24/04/23	Lado W	Roca Partida	18.991	-112.101	100	16
11	R1	24/04/23	Roca Partida	Roca Partida	18.992	-112.0831	25	24
12	R1	25/04/23	Punta Tosca	Socorro	18.769	-111.052	20	25
13	R1	30/05/23	El Cañón 2	San Benedicto	19.298	-110.808	25	23
14	R1	30/05/23	Punta SW	San Benedicto	19.28	-110.83	134	13
15	R1	31/05/23	Cabo Pierce	Socorro	18.776	-110.9007	25	23
16	R1	01/06/23	Cabo Pierce	Socorro	18.77	-110.89	264	11
17	R1	02/06/23	Roca Bloom	Roca Partida	18.991	-112.0825	25	23

ciación incluyeron negativos de campo, negativos durante el proceso de extracción y negativos durante el proceso de PCR que fueron secuenciados para monitorear posible contaminación.

#### Análisis bioinformáticos

La secuenciación de las librerías produjo un total de ~10 millones de secuencias pareadas de ADN, las cuales fueron analizadas bajo estrictos filtros de calidad. Brevemente, las secuencias fueron empalmadas, los primers removidos, se aplicaron filtros para eliminar secuencias que no tuvieran una calidad óptima, se eliminaron las secuencias demasiado cortas o largas, se eliminaron secuencias quiméricas y secuencias únicas observadas una sola vez (singletons) que tienen una alta probabilidad de introducir errores. El análisis de las librerías se realizó con herramientas del software Usearch V11 (Edgar 2010), y el paquete seqkit (Shen et al. 2016) y scripts de linux. Las secuencias resultantes fueron agrupadas en OTUs (Operational Taxonomic Units o Unidades Taxonómicas Operativas, que pudieran representar especies) con un criterio del 97% de similitud y posteriormente se realizó la asignación taxonómica de las secuencias empleando la base de datos de referencia de secuencias de ADN del National Center for Biotechnological Information NCBI-GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>), la herramienta BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) y el software MEGAN V6.24.1 (Huson et al. 2016). Para la asignación de secuencias de peces, adicionalmente se utilizó una base de referencia local que incluye 65 especies de peces desarrollada en el Applied Genomics Lab siguiendo los protocolos antes descritos (Valdivia-Carrillo et al. 2021). En los Anexos la taxonomía empleada sigue el estándar del NCBI-GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>). Se realizó un segundo set de filtros de calidad, incluyendo: se eliminaron OTUs que no estuvieron presentes en alguna de las muestras de campo, se removieron completamente los OTUs que estuvieron presentes en alguno de los controles negativos. También se eliminaron secuencias de grupos taxonómicos que no son marinos o que podrían representar contaminación incluyendo virus y

bacterias, invertebrados terrestres (i.e., insectos). También se eliminaron plantas terrestres (Streptophyta), y secuencias asignadas a *Homo sapiens*.

## RESULTADOS

### Diversidad de Eucariotas y peces

Después de realizar todos los filtros de calidad mencionados, obtuvimos un total de 14,009 especies/OTUs de organismos eucariotas y 878 especies/OTUs de peces encontrados en todas las muestras incluyendo controles negativos. En la librería de eucariotas se eliminaron 4574 especies/OTUs que estuvieron presentes en alguno de los controles negativos y 454 especies/OTUs que no eran marinos, quedando un total de 9889 especies/OTUs de eucariotas (Anexo S10). En la librería de peces, se eliminaron 339 especies/OTUs que estuvieron presentes en los controles negativos o que no correspondían a especies de peces, quedando un total de 539 especies/OTUs de peces (Anexo S12). Cada uno de estos OTUs podrían representar especies distintas, aunque dado el uso de un agrupamiento al 97% de similitud es posible que estos números representan una sub-estimación de la diversidad de especies (i.e., 1 OTU puede representar una o más especies, especialmente si son especies recientes y tienen alta similitud en sus secuencias). De igual manera, existe la posibilidad de sobre-estimar la diversidad de especies en algunos grupos en el caso que una especie reconocida esté representada por varios OTUs.

En la librería de eucariotas, 77% (7615 especies/OTUs) fueron asignados como Eucariotas, mientras que el 23% restante no tuvieron ninguna secuencia parecida en las bases de datos a nivel mundial (391 OTUs con "No hits") o no fueron asignadas taxonómicamente debido a la falta de secuencias similares en las bases de datos (1815 OTUS "Not assigned"). Solamente 29% (2872) de todas las especies/OTUs encontradas pudieron ser asignadas al nivel de phylum, 51% a nivel de clase, 33% a Orden, 26% a familia, 22% a género y 16% a nivel de especie. En la librería de peces, 60% (323 especies/OTUs) fueron asignados como Peces (Chondrichthyes o Actinopteri), mientras que el 40% restante no tuvieron ninguna secuencia parecida

en las bases de datos a nivel mundial (175 OTUs con “No hits”) o no fueron asignadas taxonómicamente debido a la falta de secuencias similares en las bases de datos (41 OTUS “Not assigned”). De manera similar, 60% (326) de todas las especies/OTUs de peces encontradas pudieron ser asignadas al nivel de Clase, 51% a nivel de orden, 55% a familia, 32% a género y 21% a nivel de especie. Los bajos niveles de asignación taxonómica indican que para la mayoría de las especies/OTUs encontradas en Revillagigedo no existen secuencias parecidas en las bases de datos globales. Por esta razón, las estimaciones de diversidad biológica que se presentan en este estudio (Tabla V) deben ser consideradas como una real subestimación del total presente, ya que para al menos la mitad o mucho más de las especies/OTUs no es posible realizar una asignación taxonómica confiable debido a lo poco que conocemos sobre la biodiversidad marina en esta región del mundo.

Dentro de las especies/OTUs eucariotas encontrados, 0.91% fueron del reino de los hongos (Fungi: 70 OTUs), 21.4% del reino de los animales multicelulares (Metazoa: 1633 OTUs), mientras que el 78% restante son varias decenas de grupos representados por una enorme diversidad de microeucariotas o protistas, entre los que destacan, en orden de abundancia Dinoflagelados (Dinophyceae), Ciliados (Ciliophora), Bigyra, Cercozoa, Polycistinea, Stramenopiles, Alveolata, Rhizaria, Haptophyta, Bacillariophyta PX clade, Acantharea, Apicomplexa, Oomycota, Cryptophyceae, Euglenozoa y Retaria, entre muchos otros (Figura 32) incluyendo micro y macroalgas.

En total, encontramos evidencia de la presencia de 41 phyla de eucariotas o grandes ramas del árbol de la vida, 98 clases, 259 órdenes, 423 familias, 555 géneros y 523 especies (Tabla V, Figura 33, Anexo S13). Los phyla con mayor riqueza de especies/OTUs fueron Arthropoda (crustáceos), Ciliophora (ciliados), Chlorophyta (algas verdes), Bacillariophyta (diatomeas), Cercozoa y Annelida. Dentro de las clases más diversas encontramos los dinoflagelados (Dinophyceae), los copépodos (Hexanauplia), los ciliados (Spirotrachea), los radiolarios (Polycistinea), los gusanos poliquetos (Polychaeta) (Figura 33).



Figura 32. Nube de palabras de los principales grupos de microeucariotas (protistas) encontrados, donde el tamaño de cada grupo es proporcional a su riqueza de especies/OTUs.

En el grupo de los peces, encontramos evidencia de la presencia de 2 Clases (peces cartilaginosos: Chondrichthyes, 5 OTUs y peces óseos: Actinopteri, 286 OTUs), 23 órdenes, 41 familias, 66 géneros y 58 especies (Tabla V, Figura 34, Anexo S14). Las familias con mayor riqueza fueron los pargos (Lutjanidae), los atunes (Scombridae), las cabrillas (Serranidae), las señoritas (Labridae) y los cochitos (Balistidae). Los géneros más diversos fueron los pargos (*Lutjanus*), los peces ángel (*Holacanthus*), los halconcitos (*Cirrhichthys*) y los burritos (*Haemulon*) (Figura 34).

Dentro de los 18 phyla de animales multicelulares encontrados (Metazoa, Figura 35), los grupos más diversos fueron los artrópodos (831 OTUs), seguidos por

**TABLA V.** Estimaciones de la diversidad biológica en el Parque Nacional Revillagigedo, indicando el número de taxones encontrados en cada rango taxonómico, el número de especies/OTUs asignados en total para cada rango taxonómico y el porcentaje que este representa del número de especies/OTUs total.

EUCARIOTAS			
Rango Taxonómico	Taxa encontrados	Especies/OTUs taxonomía asignada	% Asignados del total
Phyla	41	2872	29
Clases	98	5060	51.1
Ordenes	259	3297	33.3
Familias	423	2534	25.6
Generos	555	2171	21.9
Especies	523	1578	15.9
PECES			
Clases	2	326	60.4
Ordenes	23	275	51
Familias	41	298	55.2
Generos	66	176	32.6
Especies	58	113	20.9

gusanos anélidos (137), cordados (91), moluscos (71), cnidarios (61), gusanos nemátodos (51), esponjas (Porifera, 43) y gusanos planos (Platyhelminthes, 32). Se presentan algunos ejemplos que muestran la diversidad taxonómica encontrada dentro de varios phyla animales representativos, incluyendo dinoflagelados (Clase Dinophyceae, Figura 36), los artrópodos (Phylum Arthropoda, Figura 37), gusanos anélidos y nemátodos (Phylum Annelida y Nematoda, Figura 38), cnidarios y esponjas (Phylum Cnidaria y Porifera, Figura 39), moluscos y gusanos planos (Phylum Mollusca y Platyhelminthes, Figura 40), micro y macro algas (Phylum Rhodophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta y Ochrophyta, Figura 41) y peces (Figura 42).

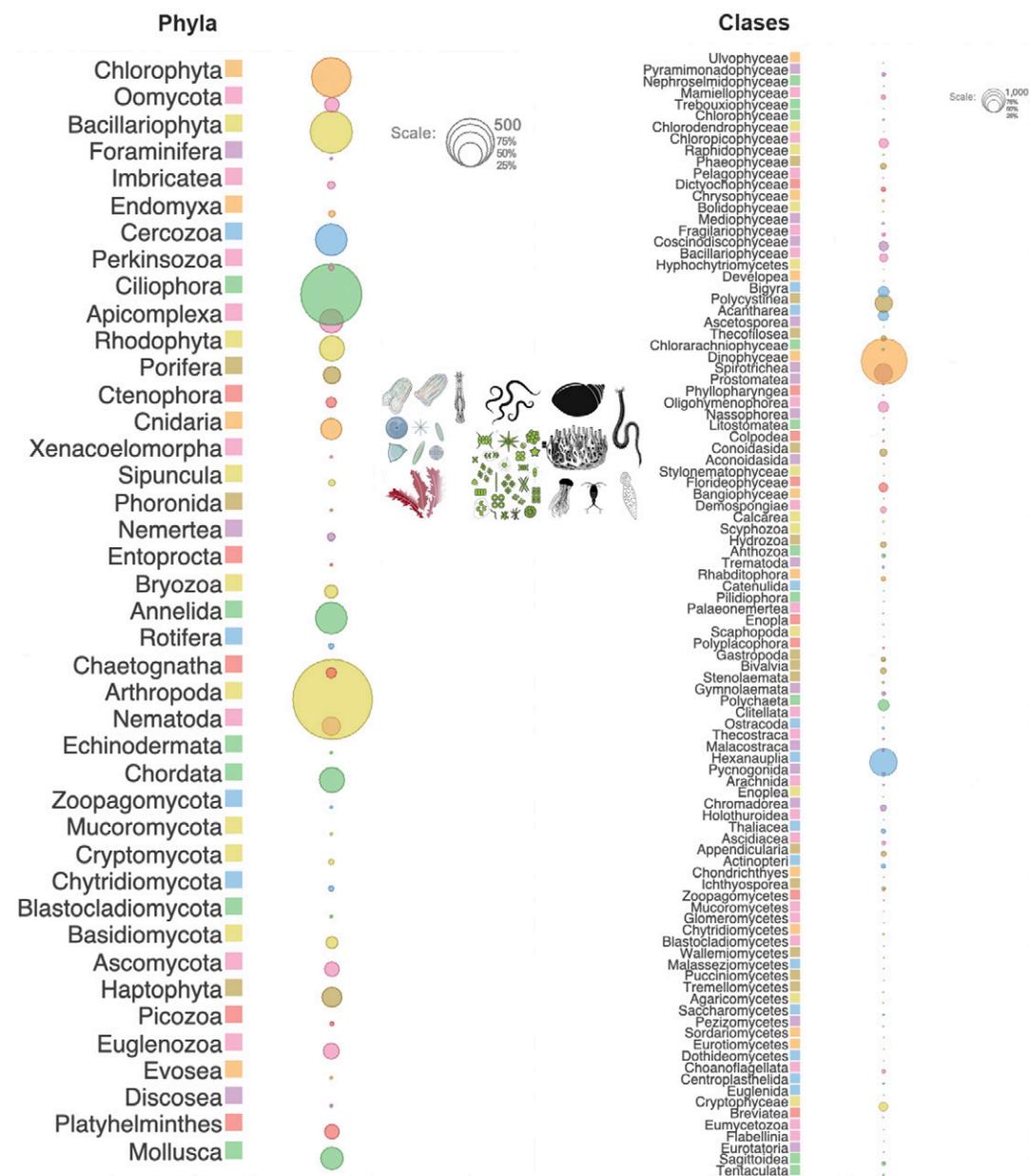


Figura 33. Phyla (41) y Clases (98) de organismos eucariotas encontrados en el Parque Nacional Revillagigedo, el tamaño de la burbuja es proporcional al número de especies/OTUs dentro de cada phylum (Ver Anexo S12 para información de cada grupo y niveles taxonómicos inferiores).

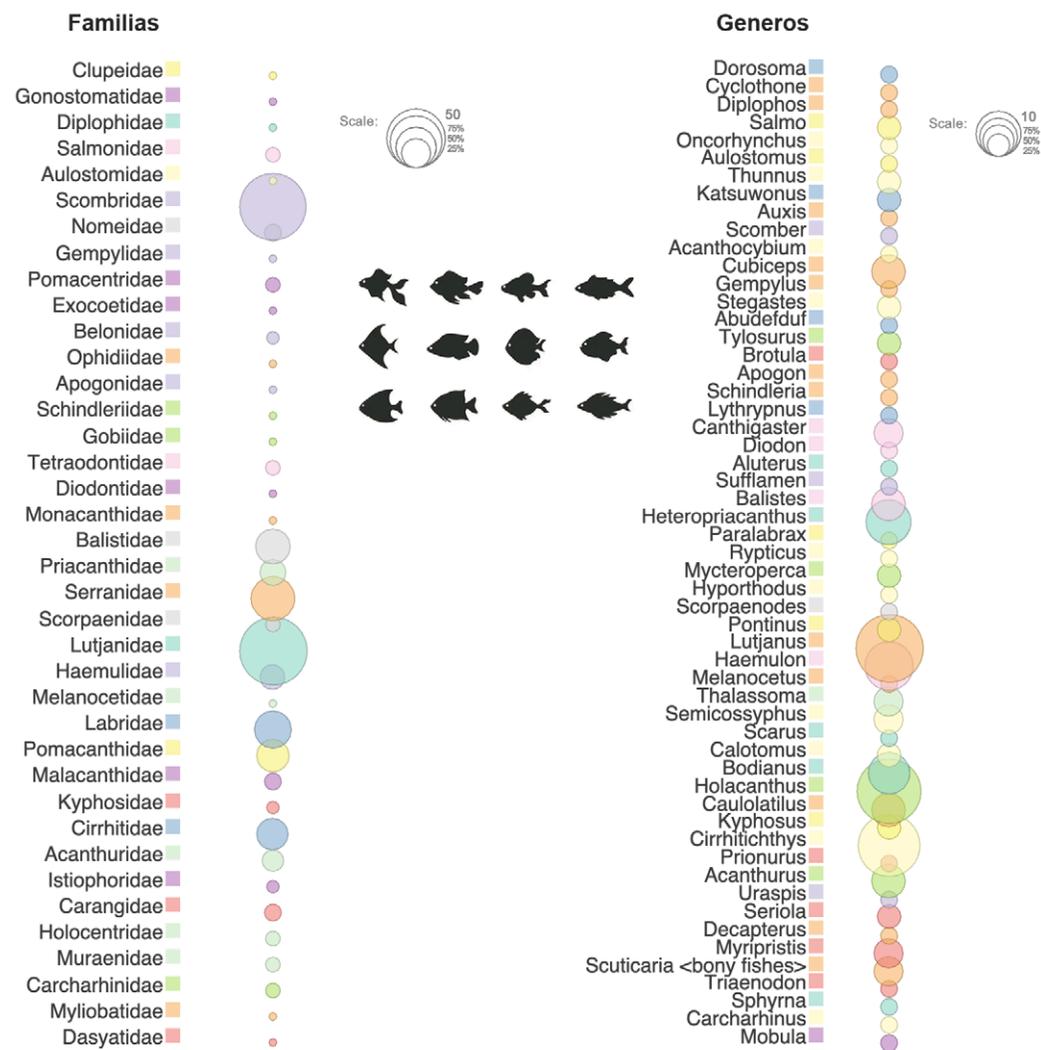


Figura 34. Familias (41) y géneros (66) de peces encontrados en el Parque Nacional Revillagigedo, el tamaño de la burbuja es proporcional al número de especies/OTUs dentro de cada taxón (Ver Anexo S13 para información completa de cada grupo y niveles taxonómicos inferiores).

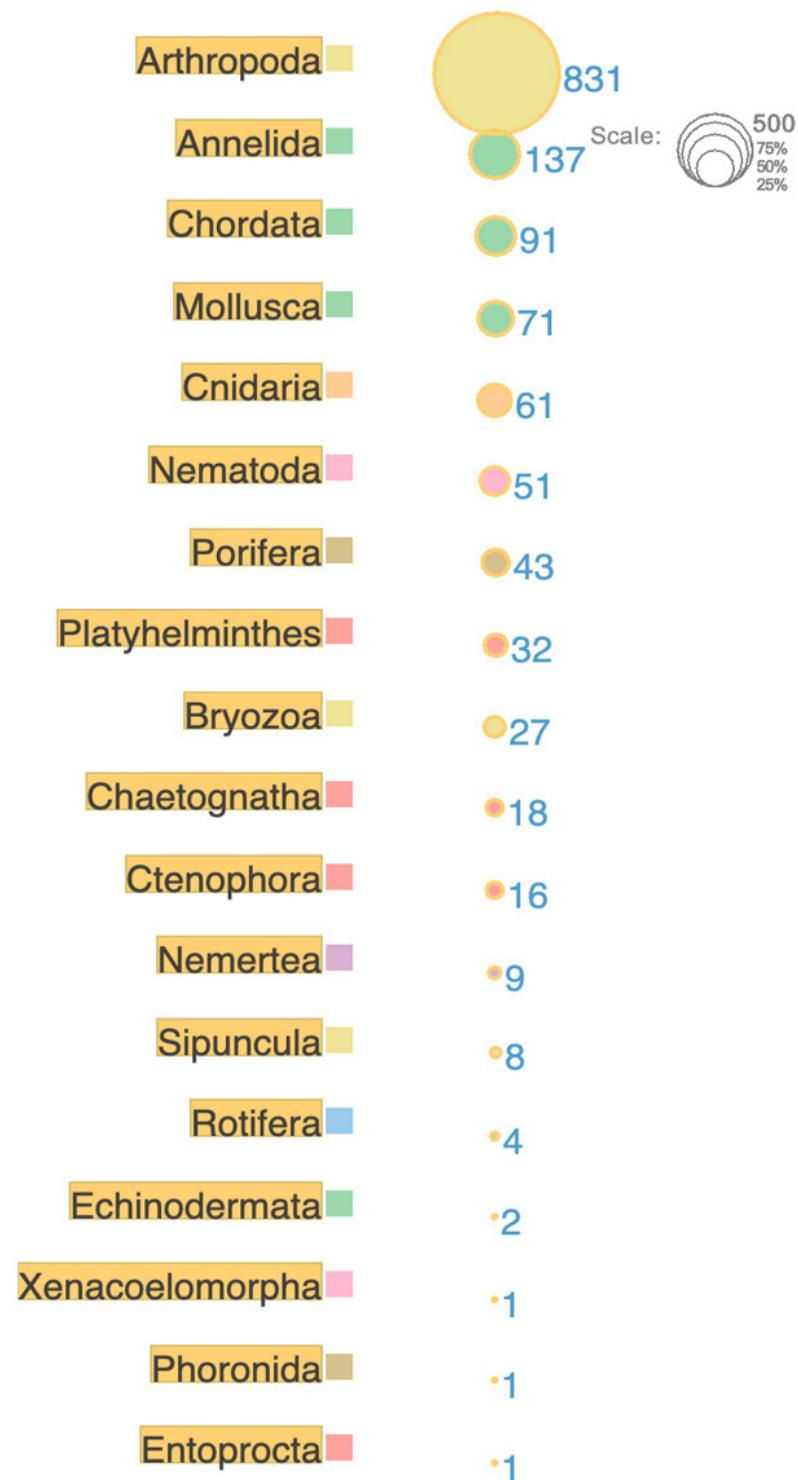


Figura 35. Phyla animales (18) encontrados, indicando su riqueza de especies/OTUs. El tamaño de la burbuja es proporcional al número de especies/OTUs dentro de cada phylum.

# Dinophyceae

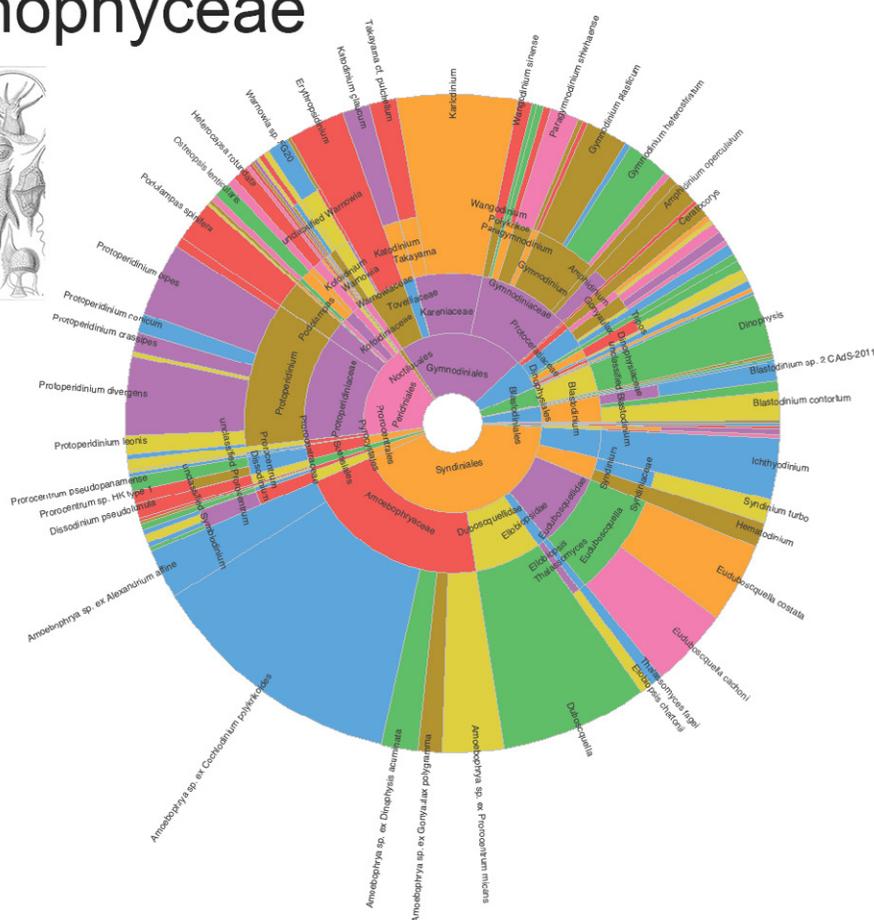


Figura 36. Resumen de la diversidad taxonómica de dinoflagelados (Clase Dinophyceae), representada por 1955 OTUs.

## Patrones geográficos y batimétricos

Al analizar la distribución de especies/OTUs de organismos eucariotas al nivel de las cuatro islas, encontramos la mayor riqueza observada en isla Clarión (5414 especies/OTUs), seguido de San Benedicto (4774 especies/OTUs), Roca Partida (4692 especies/OTUs) y por último Socorro (4269 especies/OTUs, Figura 43). Encontramos que Clarión también mostró la mayor cantidad de especies/OTUs exclusivos que no se encontraron en ninguna de las otras tres islas (1466 especies/OTUs), mientras

# Arthropoda

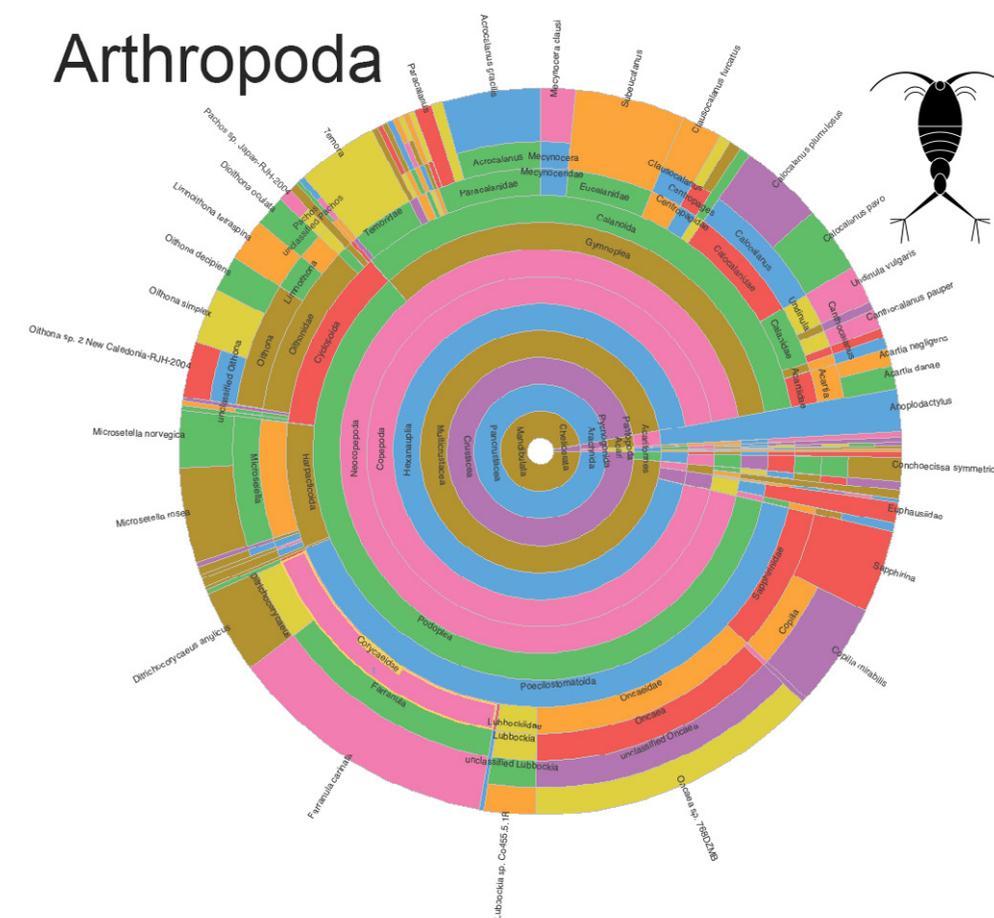


Figura 37. Resumen de la diversidad taxonómica de artrópodos (Phylum Arthropoda), representada por 831 especies/OTUs.

que las otras islas tuvieron ~1000 especies/OTUs exclusivos (Figura 44). Este patrón puede deberse a que isla Clarión es la más aislada y biológicamente más distinta de todo el archipiélago. De las 9889 especies/OTUs eucariotas descritos, aproximadamente la mitad fueron exclusivos de una sola isla (4631 especies/OTUs), y el resto (5258) compartidos entre dos o más islas (Tabla VI), mientras que tan solo 12% (1194) de todas las especies/OTUs se encontraron en las cuatro islas (Figura 44, Tabla VI). Estos resultados sugieren altos niveles de diversidad beta, donde cada isla contiene una comunidad de especies distinta y existe un alto recambio

# Nematoda

# Annelida

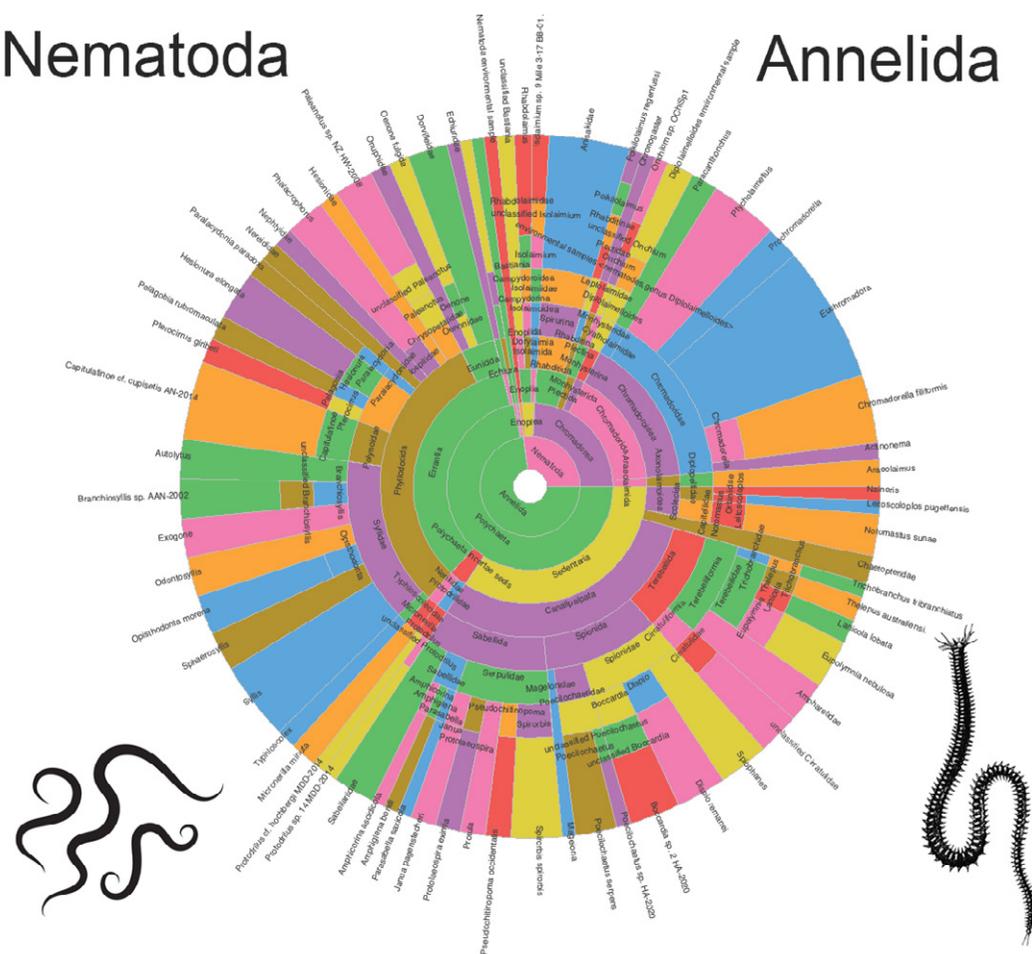


Figura 38. Resumen de la diversidad taxonómica de gusanos nemátodos (Phylum Nematoda, 51 OTUs) y gusanos anélidos (Phylum Annelida, 137 OTUs).

**TABLA VI.** Distribución del número de especies/OTUs eucariotas presentes en las cuatro islas del Parque Nacional Revillagigedo.

Categoría	# OTUs	% del total
OTUs presentes sólo en 1 isla	4631	46.8
OTUs presentes en 2 islas	2450	24.7
OTUs presentes en 3 islas	1614	16.3

# Cnidaria

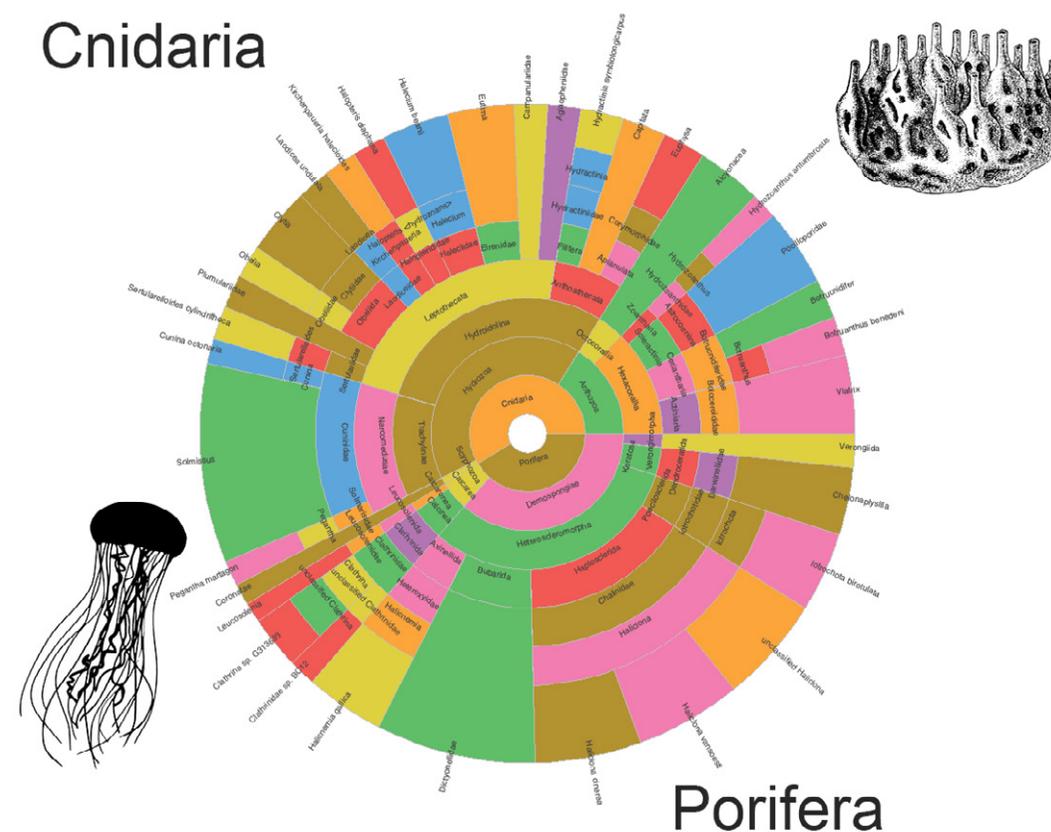


Figura 39. Resumen de la diversidad taxonómica de cnidarios (Phylum Cnidaria, 61 OTUs) y esponjas (Phylum Porifera, 43 OTUs).

de especies entre islas. Observamos que un cuarto de todas las especies estuvo en promedio compartidos entre dos islas (Tabla VI). Los pares de islas que compartieron un mayor número de especies/OTUs fueron Clarión y San Benedicto (2709 especies/OTUs), mientras que las que menos compartieron fueron San Benedicto y Socorro (2114 especies/OTUs, Figura 44). Estos resultados sugieren que la distancia geográfica no es necesariamente un indicador de la conectividad biológica entre los sitios, y que probablemente existen corrientes oceanográficas complejas que pueden conectar sitios distantes entre sí.

# Mollusca

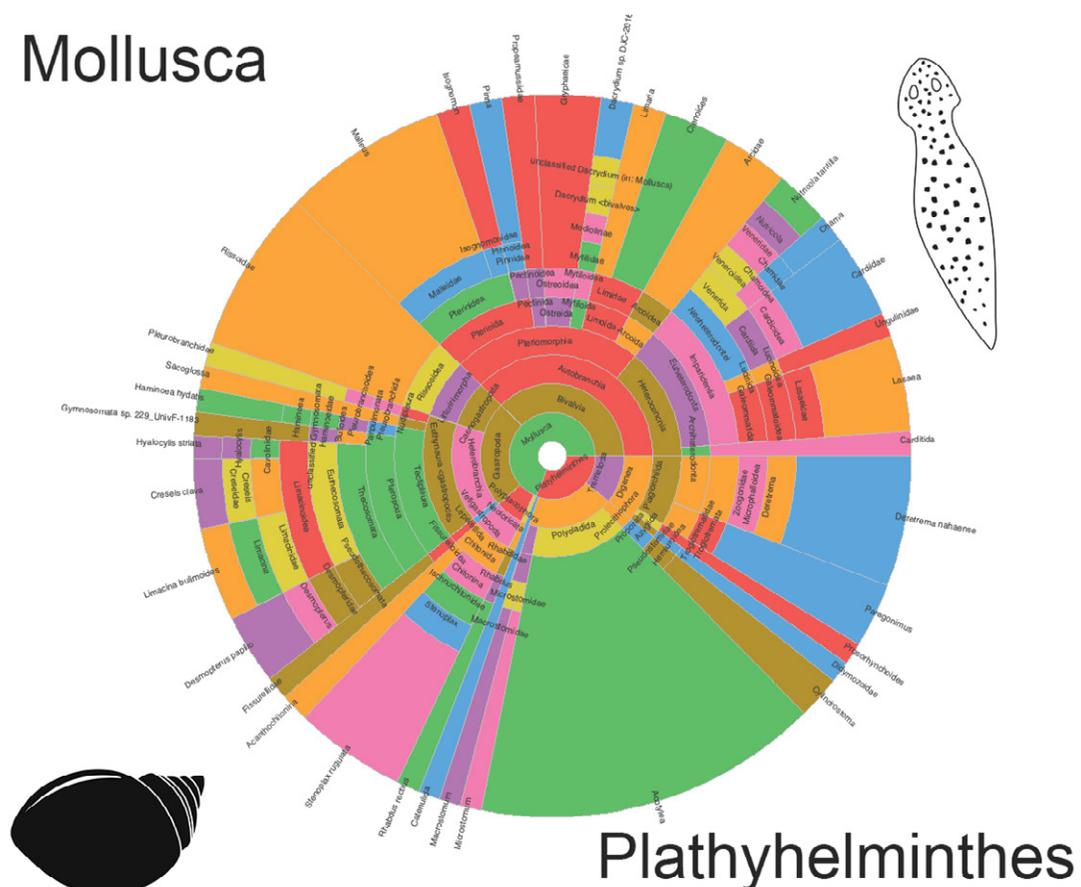


Figura 40. Resumen de la diversidad taxonómica de moluscos (Phylum Mollusca, 71 OTUs) y gusanos planos (Phylum Platyhelminthes, 32 OTUs).

A nivel de los diferentes sitios de colecta, la mayor riqueza de eucariotas se observó en una muestra somera de Roca Partida asociada a un evento de floración de plancton (Sitio 17, Roca-Bloom, 25 m de profundidad, Tabla VII, Figura 43) donde se registraron 3170 especies/OTUs eucariotas). Otros sitios con elevada riqueza fueron la única muestra profunda de Isla Socorro (Sitio 16, Cabo Pierce, 264 m de profundidad), y una muestra de la punta Sureste de Isla Clarión (Sitio 9, Punta SE 2, 25 m de profundidad). Los peces mostraron una mayor riqueza en Isla San Benedicto (283 especies/OTUs), seguido de Isla Clarión (234 especies/OTUs), Roca Partida

# Algas (micro y macro)

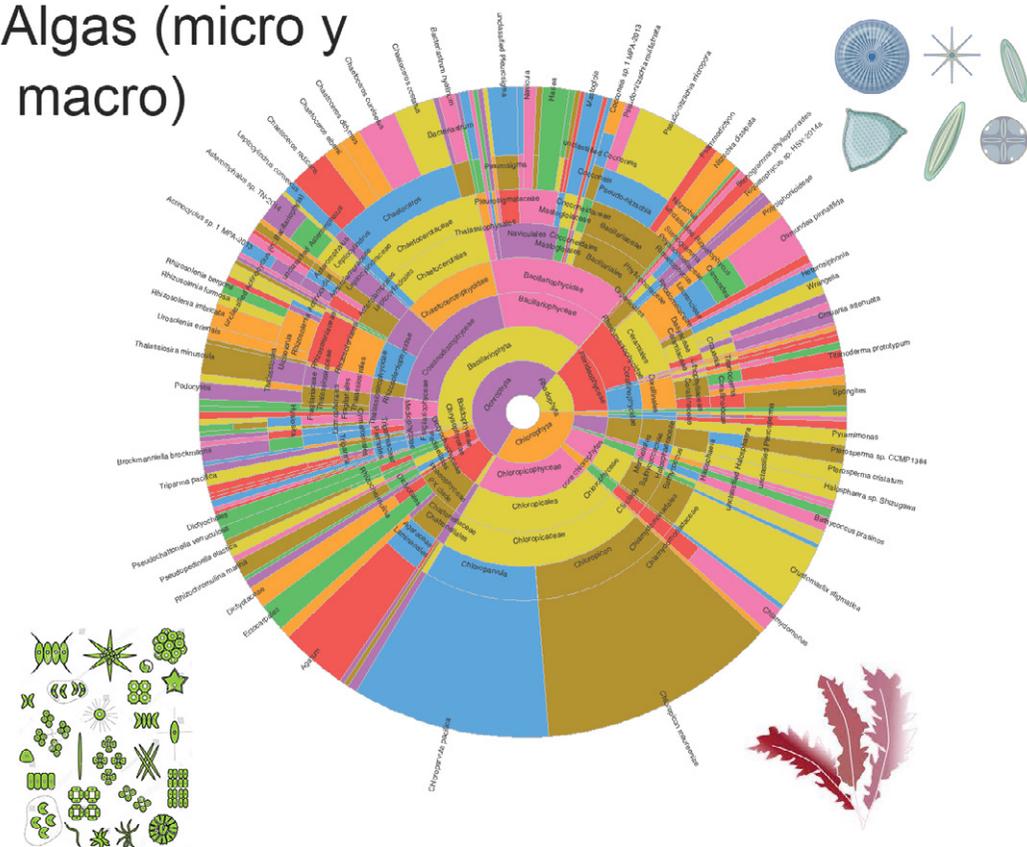


Figura 41. Resumen de la diversidad taxonómica de micro y macroalgas, representadas por 640 especies/OTUs. Algas rojas (Phylum Rhodophyta, 87 OTUs), algas verdes (Phylum Chlorophyta, 215 OTUs), diatomeas (Phylum Bacillariophyta, 248 OTUs) y algas cafés (Ochrophyta excepto diatomeas, 90 OTUs).

(205 especies/OTUs) y Socorro (105 especies/OTUs, Figura 45). La mayor riqueza de peces fue observada en la zona profunda del Cañón en Isla San Benedicto con 122 especies/OTUs (Sitio 4, El cañón, 180 m de profundidad, Tabla VII, Figura 45) seguido de una muestra somera de la punta Sureste de la Isla Clarión con 120 especies/OTUs (Sitio 9, Punta SE 2, 25 m de profundidad).

Las muestras colectadas en hábitats profundos entre los 80 y 280 m de profundidad en las tres islas más grandes mostraron en general una mayor riqueza de especies/OTUs de eucariotas y niveles similares de riqueza en peces compara-

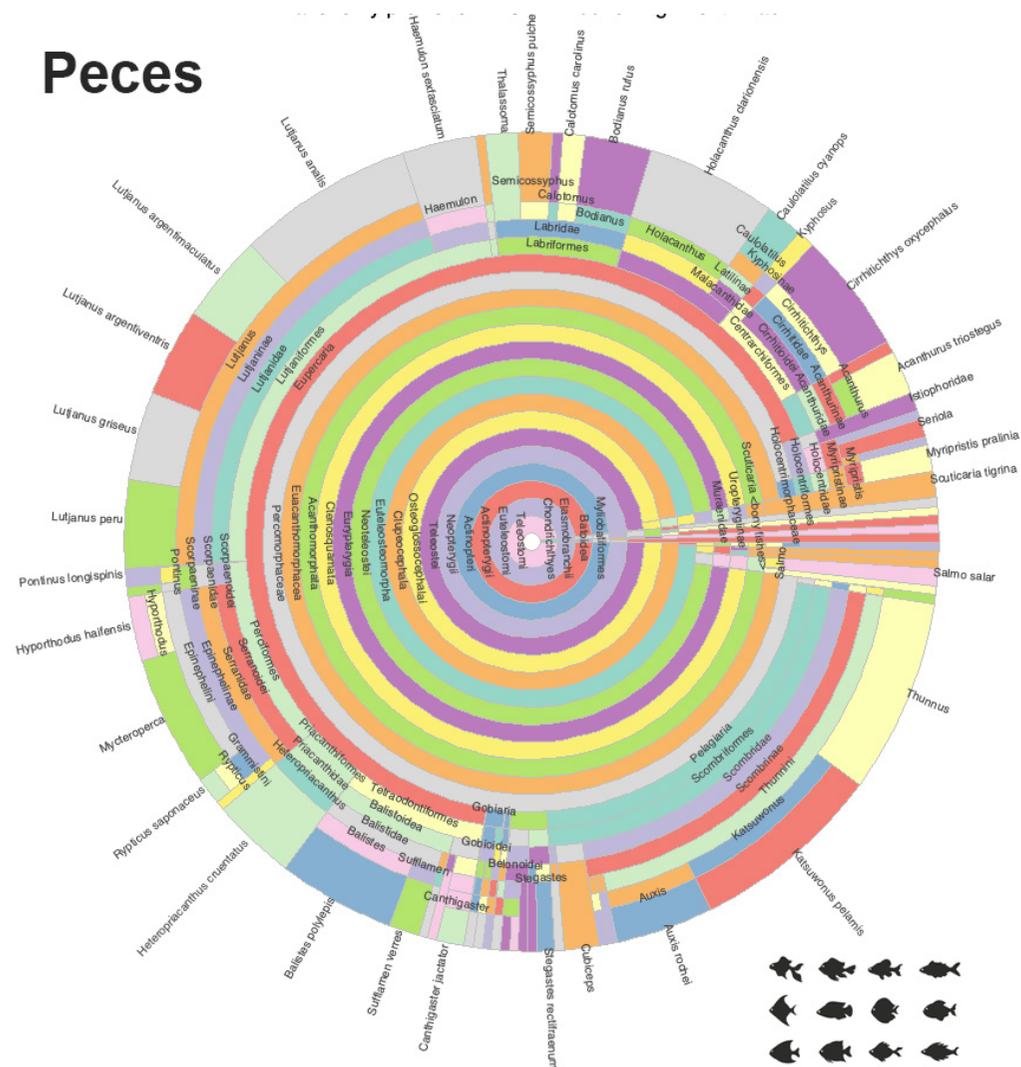


Figura 42. Resumen de la diversidad taxonómica de peces óseos (Actinopteri, 286 OTUs) y cartilagosos (Chondrichthyes, 5 OTUs).

dos con las muestras de hábitats someros (Figura 43 y Figura 45, Tabla VIII). La mayor diferencia se observó entre los hábitats profundos de Isla San Benedicto donde encontramos una diferencia de ~1000 especies/OTUs mayor en las muestras profundas (3261 especies/OTUs) que en las someras (2227 especies/OTUs). Roca

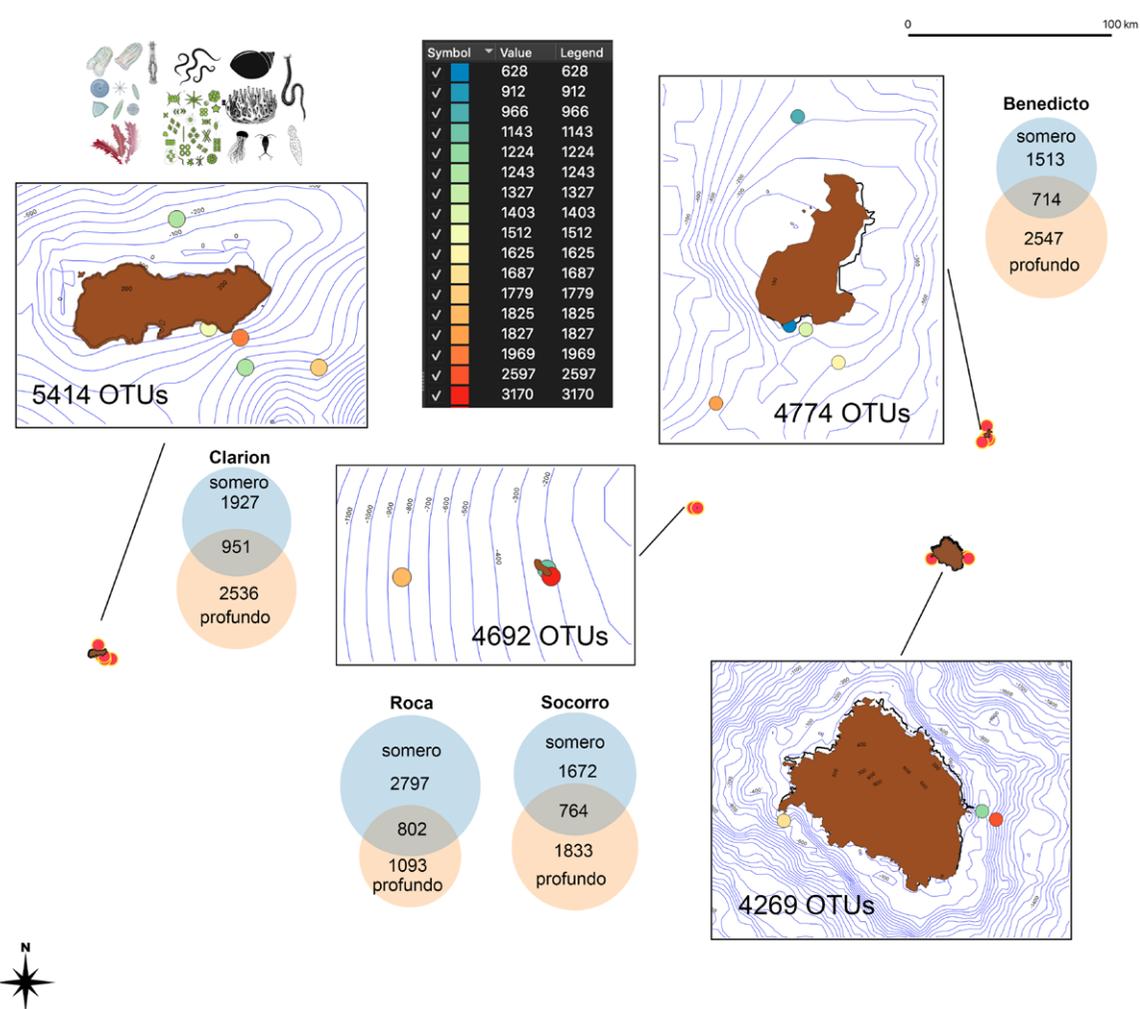


Figura 43. Riqueza de especies/OTUs de organismos eucariotas encontrados en cada muestra de ADN ambiental marino colectadas en el Parque Nacional Revillagigedo (Tabla 1 y 4). Cada sitio de muestreo está indicado por círculos alrededor de las islas y coloreado de acuerdo con el número de especies/OTUs de la escala. Los diagramas de Venn muestran la distribución de especies/OTUs exclusivos y compartidos de acuerdo con la profundidad, para cada una de las islas.

Partida mostró un patrón distinto, donde las muestras someras (3599 especies/OTUs eucariotas) mostraron el doble de riqueza que la muestra profunda (1825 especies/OTUs). Aunque las diferencias entre las diferentes profundidades a nivel de cada isla pueden estar influenciadas por el bajo número de muestras y la va-

**TABLA VII.** Niveles de riqueza de organismos eucariotas y peces en cada isla del archipiélago separados por estratos de profundidad someros (< 25 m) y profundos (80-280 m). Los sitios se refieren a la Tabla I. Figura 32. Nube de palabras de los principales grupos de microeucariotas (protistas) encontrados, donde el tamaño de cada grupo es proporcional a su riqueza de especies/ OTUs.

Sitio #	Sitio	Profundidad (m)	Eucariotas	Peces
<b>BENEDICTO</b>				
1	Benedicto-Fondeadero	20	628	72
3	Benedicto-Cañon	25	912	73
13	Benedicto-Cañon2	25	1403	58
	Benedicto-Somero		2227	161
2	Benedicto-NW	100	966	66
4	Benedicto-Cañon	180	1625	122
14	Benedicto-SW	134	1827	35
	Benedicto-Profundo		3261	176
	Benedicto Total		4774	283
<b>CLARION</b>				
6	Clarion-Militar	20	1512	108
9	Clarion SE2	25	1969	120
	Clarion-Somero		2878	157
5	Clarion-SE	280	1779	73
7	Clarion-Militar	124	1243	119
8	Clarion-Norte	80	1327	77
	Clarion-Profundo		3487	178
	Clarion Total		5414	234

Sitio #	Sitio	Profundidad (m)	Eucariotas	Peces
<b>ROCA</b>				
11	Roca	25	1143	95
17	Roca-Bloom	25	3170	44
	Roca-Somero		3599	129
10	Roca-W-Profundo	100	1825	122
	Roca Total		4692	205
<b>SOCORRO</b>				
12	Socorro-Tosca	20	1687	52
15	Socorro-Pierce	25	1224	28
	Socorro-Somero		2436	73
16	Socorro-Pierce-Profundo	264	2597	40
	Socorro Total		4269	105
<b>SOMERO</b>	Total		6496	343
<b>PROFUNDO</b>	Total		6637	373
<b>GRAN TOTAL</b>			9889	539

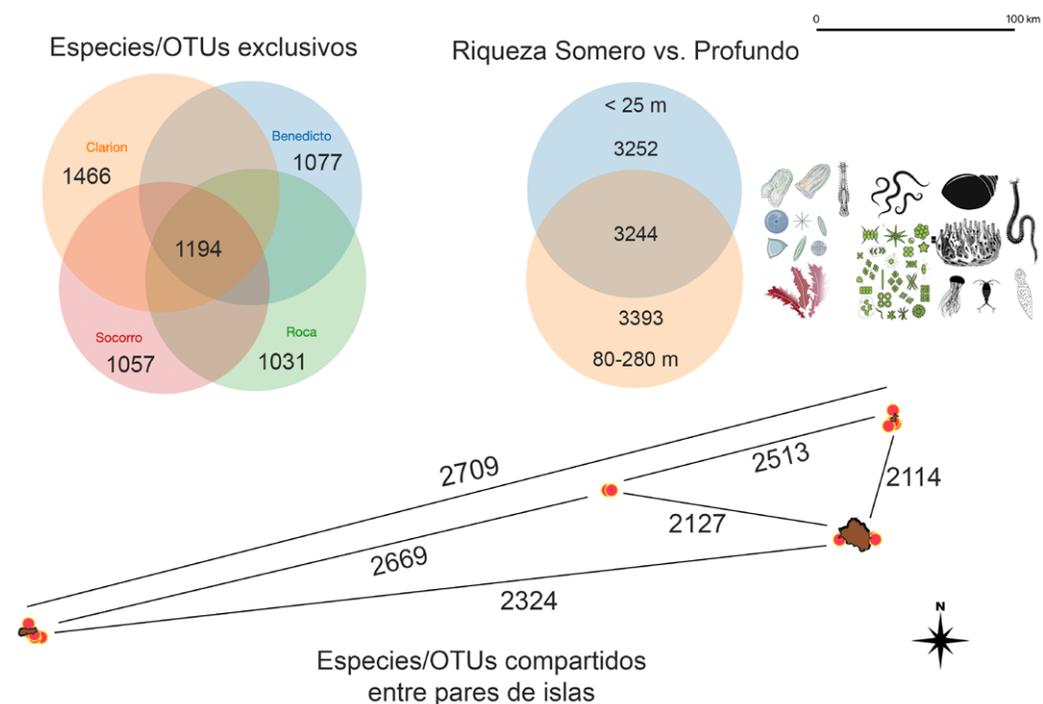


Figura 44. Distribución del número de especies/OTUs de organismos eucariotas que fueron exclusivos o compartidos de cada una de las cuatro islas del Parque Nacional Revillagigedo y entre las muestras de hábitats someros (<25 m) o profundos (80 -280 m). También se muestra el número de especies/OTUs eucariotas que se compartieron entre cada par de islas.

riación en muestras individuales, el análisis de todas las muestras agregadas por profundidad mostró que los niveles de riqueza de los hábitats profundos (6637 eucariotas, 373 peces) son muy similares a la riqueza de los hábitats someros (6496 eucariotas, 343 peces) (Tabla VII, Figura 44 y Figura 45). Además, encontramos que aproximadamente solo un tercio de todas las especies/OTUs eucariotas y de peces se comparten entre los hábitats someros y profundos, mientras que un tercio son exclusivos de los hábitats someros y otro tercio exclusivos de los hábitats profundos (Figura 44 y Figura 45). Estos resultados indican que la diversidad biológica de los hábitats profundos del Parque Nacional Revillagigedo es mucho mayor de lo que se pensaba, es comparable con la diversidad de las zonas someras, y además contiene una cantidad importante de especies/OTUs que se encuentran exclusivamente en las zonas profundas del archipiélago.

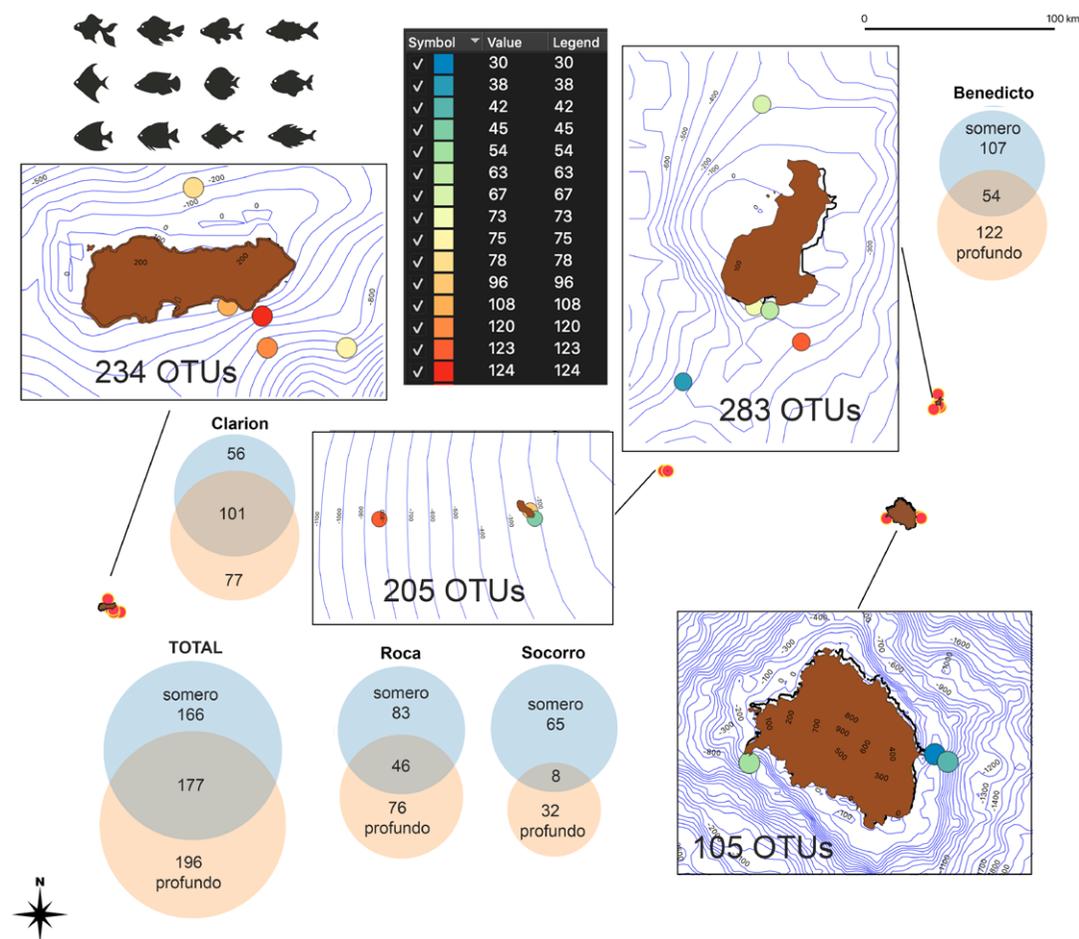


Figura 45. Riqueza de especies/OTUs de peces encontrados en cada muestra de ADN ambiental marino colectadas en el Parque Nacional Revillagigedo (Tabla 1). Cada sitio de muestreo está indicado por círculos alrededor de las islas y coloreadas de acuerdo con el número de especies/OTUs de la escala. Los diagramas de Venn muestran la distribución de especies/OTUs exclusivos o compartidos de acuerdo con la profundidad, para cada una de las islas y el gran total.

## CAPÍTULO IV

# MACROALGAS EN EL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

### DIRECTORES DEL PROYECTO:

Elisa Serviere-Zaragoza<sup>1</sup> y

Juan M. López-Vivas<sup>2</sup>

### COLABORADORES:

Alejandra Mazariegos Villareal<sup>1</sup>, Karla León Cisneros<sup>2</sup>  
y Omar López-Fuerte<sup>2</sup>

### PARTICIPANTES EN EXPEDICIÓN:

Israel Moreno Barrientos<sup>2</sup> y Omar López Fuerte<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR), La Paz, Baja California Sur, México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. México.

## RESUMEN

En el medio marino, las macroalgas son un componente notable de la flora de los distintos ambientes. Son organismos fotosintéticos, los cuales juegan un papel importante al servir como protección, hábitat o fuente de alimento para diversos grupos de animales, invertebrados y peces, que comparten los mismos ambientes. También son un recurso de gran valor económico, ya que tienen diversos usos, que van desde su consumo como alimento hasta la obtención de compuestos para la industria. En el Archipiélago Revillagigedo se presentan características fisiográficas, climáticas, oceanográficas y biológicas particulares derivadas de su condición de isla, su ubicación en la confluencia de corrientes y su aislamiento del continente. Estas condiciones resultan en una biodiversidad local característica, que en el caso de las macroalgas ha sido poco estudiada.

El conocimiento de las macroalgas marinas del Archipiélago Revillagigedo es resultado de exploraciones prospectivas, esporádicas y breves, con orientaciones e intereses diversos, que ocurrieron principalmente entre 1925 y mediados de los 70's. Durante este período el esfuerzo se orientó al reconocimiento de las especies más abundantes, frecuentes o conspicuas, más que a elaborar un inventario ficológico completo. En este contexto, en este trabajo los objetivos fueron: I) Reunir información sobre las exploraciones y recolectas realizadas al Archipiélago Revillagigedo a partir de la búsqueda de bibliografía relacionada con expediciones realizadas al Archipiélago. II) Elaborar el listado de las macroalgas recolectadas en el Archipiélago Revillagigedo a partir de los registros históricos. III) Elaborar el listado de macroalgas recolectadas durante la expedición al Parque Nacional Revillagigedo en abril de 2023.

## EXPLORACIONES AL ARCHIPIÉLAGO REVILLAGIGEDO

La historia del conocimiento ficológico sobre macroalgas marinas de las Islas Revillagigedo inicia con las recolectas realizadas por Herbert L. Mason, y por otros miembros de la Academia de Ciencias de California durante una expedición a la Isla

Guadalupe y a las Islas Revillagigedo en 1925 (Setchell & Gardner 1930). En las Islas Revillagigedo, la expedición llegó a Bahía Azufre, en el lado sur de la isla Clarión, la cual se menciona está rodeada de "crecientes arrecifes de coral". En la isla, los especímenes recolectados en su mayoría fueron pequeños y se obtuvieron mediante dragados de hasta 200 m de profundidad, en donde la mayoría de las algas recolectadas se encontraban en las anclas al levantarlas. Otras recolectas se hicieron cerca de la costa y en pozas de marea en la playa de coral. En las otras islas, Roca Partida, Socorro y San Benedicto, no fue posible recolectar debido a las condiciones poco favorables. En esta obra se reportan especies nuevas, las cuales incluyen a las algas cafés *Dictyota masonii*, *Feldmannia* sp. (como *Masonophycus paradoxa*), *Sphacelaria masonii* y a las algas rojas *Acrochaetium eastwoodiae* (como *Rhodochorton eastwoodae*), *Ceramium clarionense*, *Chondria clarionensis*, *Laurencia humilis* y *Predaea masonii* (como *Clarionea masonii*) (Setchell & Gardner 1930).

Posteriormente, en la Expedición Templeton Crocker de la Academia de Ciencias de California en el barco Zaca, en 1932, el Sr. John Thomas Howell, Curador Asistente del Herbario de la Academia, realiza la mayor parte de las colecciones botánicas de la expedición, siendo la colección de algas más o menos incidental. En el recorrido se realizaron recolectas de algas en treinta y dos estaciones, principalmente en las Islas Galápagos; del Archipiélago Revillagigedo sólo visitó la Isla Clarión (Setchell & Gardner 1937). Del material recolectado en Isla Clarión, se reportaron como especies nuevas a las algas rojas *Grateloupia clarionensis* (como *Polyopes clarionensis*), *Laurencia clarionensis* y *Pterocladia capillacea* (como *Gelidium okamurai*). Los sargazos recolectados por John Thomas Howell en la expedición Templeton Crocker de 1932, fueron reportados por Setchell (1937), los cuales incluyen una especie nueva *Sargassum howellii* para Isla Clarión.

Dawson en 1944, publica el listado de las macroalgas que recolectó durante la Expedición Allan Hancock a bordo del *Velero III* a lo largo de las costas del Golfo de California en 1940. El listado también incluye material recolectado en expediciones previas, por otros colectores, y que no se había revisado. A partir de dicho material,

se describe una especie nueva *Lophosiphonia mexicana* a partir de ejemplares recolectados en Isla Clarión (Dawson 1944).

Un año más tarde, Taylor reporta el listado de macroalgas recolectadas durante la Expedición Allan Hancock a las Islas Galapagos en el buque *Velero III*, en 1934 y 1939. Durante el recorrido se hicieron paradas en Baja California, Islas Revillagigedo, costa de México, Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador (Taylor 1945). Para Isla Clarión, se menciona que la costa es rocosa y expuesta, siendo Bahía Azufre el único buen fondeadero. Se realizaron recolectas en pozas de marea y con draga entre 9 y 110 metros de profundidad, la mayoría entre 45 y 90 metros. En Isla Socorro, llegaron a Bahía Braithwaite, donde se distinguía una playa de arena en la cabecera de la bahía, con puntas rocosas de cada lado, las cuales estaban cerradas por acantilados de lava basáltica. El oleaje en la playa no era fuerte, pero las olas rompían en las puntas, lo que limitó la recolecta a la parte alta de la marea; también se recolectó en pozas de marea y por dragado entre 18 y 84 metros de profundidad (Taylor 1945). Del material recolectado en las Islas Revillagigedo se reportan como especies nuevas a *Chlorodesmis mexicana*, *Callithamnion pacificum*, *C. soccoriense*, *Cryptonemia angustata* (como *Kallymenia tenuifolia*), *Galaxaura filamentosa*, *Ralfsia pacifica* (como *Ralfsia occidentalis*), *Sphacelaria tribuloides* (como *Sphacelaria mexicana*), para Isla Socorro y *Gracilaria veleroae* (como *Gracilaria tenuifolia*) para ambas islas.

A inicios de los 50's, Dawson fue invitado a visitar la Isla San Benedicto, lo cual llamó su atención ya que de esta isla no se tenía conocimiento de su flora marina. Es en 1953, que junto con un grupo de científicos del Instituto de Oceanografía de Scripps se llevó a cabo una expedición para conocer la composición de la flora intermareal en la isla. Adicionalmente, la presencia de un delta de lava extruida en el mar desde un volcán recientemente activo ofreció la oportunidad de presenciar las primeras etapas de las poblaciones que se estaban desarrollando en el nuevo sustrato. Se tomaron muestras de algas de tres áreas diferentes, del antiguo sustrato de lava en el extremo noreste de la isla, del antiguo sustrato de lava en la base del

cráter, cercano al pie del nuevo cono de ceniza y del margen norte del nuevo delta de lava. Los especímenes recolectados se depositaron en el Herbario Allan Hancock Foundation y el listado se publicó en 1954. En este trabajo, se reportan como especies nuevas a las algas rojas *Ahnfeltiopsis serenei* (E.Y.Dawson) (como *Gymnogongrus serenei*), *Laurencia decidua*, *Laurencia richardsii* y *Parviphycus adnatus* (como *Gelidella adnata*) (Dawson 1954a).

Dos años más tarde, en 1955, con la ayuda de John E. Fitch, jefe del crucero 55-Y-3 del M/V YELLOWFIN, se realizaron recolectas incidentales en el archipiélago de Galápagos, la Isla Clipperton, la Isla San Benedicto del Archipiélago de Revillagigedo y las rocas Alijos. En Isla San Benedicto, se efectuó un breve desembarco, cuyos registros se reportan en Dawson (1957). Adicionalmente, Dawson en su serie sobre algas rojas reporta algunos nuevos registros para Revillagigedo, a partir de ejemplares recolectados en exploraciones previas. En Dawson (1960a) se registra por primera vez a *Choreonema thuretii*, *Dawsoniolithon conicum* (como *Hydrolithon conicum*), *Hydrolithon boergesenii* (como *Hydrolithon reinboldii*) y *Lithophyllum imitans*.

En Dawson (1961a) se registra por primera vez a *Hypnea spinella* y en Dawson (1962), los nuevos registros incluyen a *Crouania attenuata*, *Griffithsia ovalis*, *Spyridia filamentosa* y *Stirkiaria vagans* (como *Ceramium vagabundum*). Hasta mediados de los 50's, las exploraciones a las islas del Archipiélago Revillagigedo fueron llevadas a cabo por extranjeros, no es sino hasta 1967, que dos investigadoras mexicanas, la Q.B.P. Laura Huerta Múzquiz, investigadora en el Departamento de Botánica Criptogámica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del Instituto Politécnico Nacional y la maestra Bióloga Ana María Garza Barrientos de la Universidad Autónoma de Nuevo León visitan las Islas Revillagigedo. Ambas fueron invitadas a colaborar con un estudio florístico de las algas marinas de las islas Socorro y San Benedicto, durante una breve excursión que organizó la Sociedad de Ciencias Naturales de Jalisco en marzo de 1967.

En Isla Socorro, el material se obtuvo en tres localidades: Ensenada Binner, bordeada por acantilados de rocas volcánicas expuestas al fuerte Oleaje; Bahía Brai-

thwaite, situada al sur de la isla caracterizada por su playa arenosa surcada de rocas basálticas y Bahía Blanca o Bahía Ramírez Valadez, distinguiéndose por sus playas bajas y arenosas donde abundan los corales vivos y guijarros cubiertos por algas coralinas.

En la Isla San Benedicto se recolectó en Caletilla Banda. Las macroalgas recolectadas se reportan en el trabajo intitulado "Contribución al conocimiento de la flora marina de las islas Socorro y San Benedicto del Archipiélago Revillagigedo, Colima, México" (Huerta-Múzquiz & Garza-Barrientos 1975); no se describen especies nuevas. El material está depositado en los Herbarios de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del I.P.N., de la Facultad de Biología de la Universidad de Nuevo León y del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara. En 2007, se publica un listado de las macroalgas registradas para las Islas Revillagigedo, en el que se incluye material de la Colección del Herbario Ficológico de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, de ejemplares que no se habían publicado anteriormente (Serviere-Zaragoza et al., 2007); no se describen especies nuevas. Posterior a esta publicación, no se ubicó alguna otra publicación que incluyera recolecta de macroalgas en el Archipiélago.

## LISTADO HISTÓRICO DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN EL ARCHIPIÉLAGO REVILLAGIGEDO

El listado de nombres y categorías infraespecíficas de macroalgas marinas (Chlorophyta, Heterokontophyta y Rhodophyta) para las Islas Revillagigedo se elaboró a partir de los registros provenientes de 12 obras (Setchell & Gardner 1930, 1937; Setchell 1937; Dawson 1944, 1954a, 1957, 1960a, 1961a, 1962; Taylor 1945; Huerta-Múzquiz 1975; Serviere et al., 2007). Estas publicaciones incluyen material original, por lo que el número de citas para cada nombre de especie representa el número de veces que se ha encontrado en las islas del Archipiélago Revillagigedo. De las publicaciones mencionadas, tres (Dawson 1960a, 1961a, 1962) son trabajos que integran información sobre distribución de algas rojas en el Pacífico Mexicano,

e incluyen reportes de especies recolectadas en Islas Revillagigedo y que no habían sido incluidas en listados previos. El trabajo de Serviere et al. (2007) es una recopilación de registros previos para las islas, en el cual se incluye material de herbario recolectado en Islas Revillagigedo, no publicado previamente. Se incluyeron todos los nombres reportados para las Islas Revillagigedo, excepto los nombres con sólo epíteto genérico. Las 12 obras se revisaron y para cada especie se registró la localidad y sitio de recolecta en una base de datos. Los nombres reportados fueron revisados en AlgaeBase para la actualización nomenclatural (Guiry y Guiry 2024). En la Tabla I se resume el número de especies por Phylum registradas en cada una de las doce obras revisadas.

Adicionalmente, se identificaron otros trabajos florísticos, de distribución, de recopilación, catálogos o monografías de algas marinas que incluyen reportes de macroalgas del Archipiélago Revillagigedo (Abbott 1967; Abbott & Hollenberg 1976; Chávez 1980; Dawson 1946, 1949, 1953a, 1953b, 1954b, 1954c, 1959, 1960b, 1960c, 1961b, 1963a, 1963b; Hillis 1958; Hollenberg 1942, 1948; Hollenberg & Dawson 1961; Hollenberg & Norris 1977; Huerta 1978; León-Tejera et al. 1996; Norris 1985; Norris & Johansen 1981; Ortega et al. 1986; Pedroche et al. 2005, 2008). Estos trabajos no fueron considerados para el listado de nombres de especies y su análisis, ya que incluían información de alguno(s) de los 12 trabajos, sin la inclusión de nuevas recolectas en las islas Revillagigedo.

Los trabajos de Taylor (1945), Dawson (1954a), Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos (1975) y Setchell y Gardner (1930) son los que contribuyen con un mayor número de registros nuevos para las Islas Revillagigedo, con 65, 38, 35 y 28, respectivamente. El resto de los trabajos varió entre uno y 11 registros nuevos (Figura 46). En esa misma figura, se muestra el acumulado de especies en el periodo de 1930 a 2007.

En total se tienen 198 nombres de especies reportados en Islas Revillagigedo, 40 pertenecientes al Phylum Chlorophyta, 34 al Phylum Heterokontophyta y 124 al Phylum Rhodophyta. De las cuales, 69 se distribuyen en Isla San Benedicto, 93 en Isla Socorro y 82 en Isla Clarión; 5 solo se registraron para Revillagigedo, sin espe-

TABLA VIII. Especies por Phylum reportadas en el Archipiélago de Revillagigedo.

Chlorophyta	Heterokontophyta	Rhodophyta	Total	Referencia
7	6	15	28	Setchell & Gardner (1930)
0	0	3	3	Setchell & Gardner (1937)
0	2	0	2	Setchell (1937)
0	0	3	3	Dawson (1944)
20	12	39	71	Taylor (1945)
6	7	33	46	Dawson (1954a)
2	2	7	11	Dawson (1957)
0	0	6	6	Dawson (1960a)
0	0	1	1	Dawson (1961a)
0	0	4	4	Dawson (1962)
16	9	42	67	Huerta & Garza-Barrientos (1975)
3	3	6	12	Serviere-Zaragoza et al. (2007)

cificar localidad. De los 198 nombres, 185 son actualmente aceptados taxonómicamente, y el resto se consideran sinónimos o fueron nombres mal aplicados. De los 185 taxones, 35 son algas verdes, 31 cafés y 119 rojas. En cuanto a su distribución, 67 se distribuyen en Isla San Benedicto, 90 en Isla Socorro y 79 en Isla Clarión (Tabla IX). En la Tabla S14 se listan las especies y taxones infraespecíficos de algas marinas bentónicas del Archipiélago Revillagigedo registradas de 1930 a 2007. En el listado de nombres aceptados se organizó por Phylum, siguiendo un orden alfabético dentro del Phylum. Para cada nombre aceptado se incluyen los registros puntuales, localidad y sitio de recolecta, con su respectiva referencia.

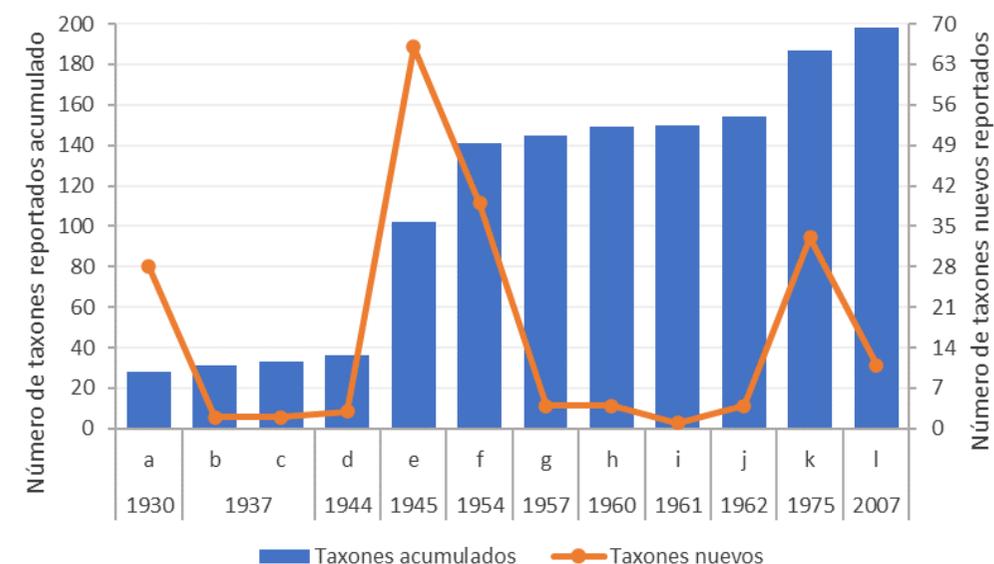


Figura 46. Número de taxones reportados para el Archipiélago Revillagigedo de 1930 a 2007. Número de taxones reportados acumulados (barras, eje principal). Número de taxones nuevos registrados (línea, eje secundario). **a)** Setchell & Gardner 1930, **b)** Setchell & Gardner 1937, **c)** Setchell 1937, **d)** Dawson 1944, **e)** Taylor 1945. **f)** Dawson 1954a, **g)** Dawson 1957, **h)** Dawson 1960a, **i)** Dawson 1961a, **j)** Dawson 1962, **k)** Huerta-Múzquiz & Garza-Barrientos 1975, **l)** Serviere-Zaragoza et al. 2007.

TABLA IX. Número de nombres de especies registradas (número de nombres aceptados por Phylum) en el Archipiélago de Revillagigedo.

	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Isla Clarión	Archipiélago Revillagigedo	Total general
Chlorophyta	12 (11)	18 (17)	21 (19)	-	40 (35)
Heterokontophyta	13 (12)	15 (14)	13 (13)	-	34 (31)
Rhodophyta	44 (44)	60 (59)	46 (46)	5 (5)	124 (119)
TOTAL	69 (67)	93 (90)	80 (78)	5 (5)	198 (185)

## LISTADO DE LAS ESPECIES RECOLECTADAS EN EL ARCHIPIÉLAGO REVILLAGIGEDO EN 2023

Durante la expedición al Archipiélago Revillagigedo en abril de 2023, las macroalgas se recolectaron en sitios ubicados en Isla San Benedicto, Isla Clarión e Isla Socorro (Figura 47).

En la Tabla X se muestra la localidad, sitios, fecha y hábitat de los muestreos realizados. La recolección de macroalgas se llevó a cabo sobre sustrato rocoso a nivel submareal entre los 10 y 20 metros de profundidad, principalmente, por medio de buceo SCUBA. A partir de los 20 m de profundidad, dos buzos hacían un recorrido perpendicular a la línea de costa hasta llegar a los 10 m de profundidad. Durante dicho recorrido se recolectaron manualmente o con espátula entre uno y cinco talos de cada morfología algal conspicua, ya sea por su tamaño o por su abundancia. Si las condiciones de tiempo y sustrato lo permitían, a los 10 m de profundidad la recolecta continuaba de manera paralela a la línea de costa a lo largo de aproximadamente 100 m. En la medida de lo posible se buscó recolectar los talos completos, esto es incluyendo las estructuras de fijación. En el caso de las algas coralinas costrosas se utilizó un cuchillo de buceo para removerlas. Los especímenes recolectados se colocaron en bolsas de plástico sellables tipo “ziplock” previamente etiquetadas. Los talos o algas muy pequeñas o delicadas (e.g. *Neomeris* sp. y *Asparagopsis* sp.), se colocaron en viales y frascos para su transporte. Todas las muestras se preservaron en congelación hasta su procesamiento en el laboratorio.

En laboratorio, para realizar la identificación de los ejemplares se diseñó una estrategia de dos etapas. En la primera etapa, se identificaron las especies conspicuas, es decir, aquellas especies que por su tamaño (>5 cm) o abundancia (<5 cm formadoras de tapetes) conforman la mayor parte de la muestra. En la segunda etapa, en proceso, se identificarán las especies que por su tamaño pequeño (<1 cm) o complejidad para la identificación requieren de técnicas más especializadas, esto es de mayor tiempo de análisis, ej. coralinas, filamentosas, entre otras.

La identificación de especies se realizó a partir de su morfología externa, inter-

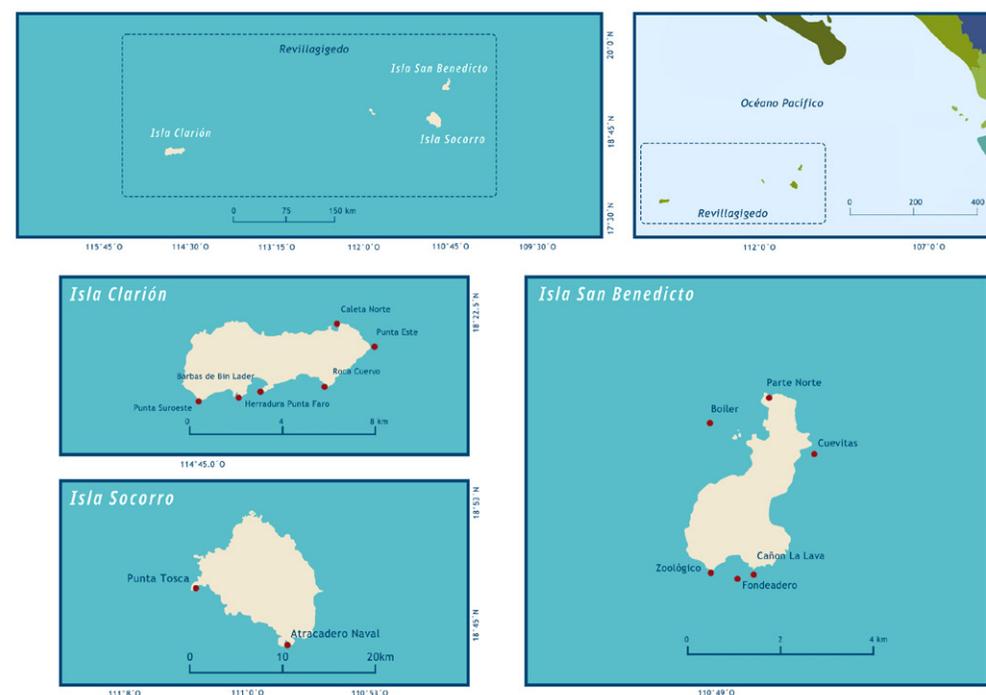


Figura 47. Localidad y sitios de recolecta de macroalgas en Islas del Archipiélago de Revillagigedo durante la expedición de abril 2023.

na y reproductiva usando las claves y descripciones de algas para la región, como Howe (1911) y Dawson (1950), de Galápagos (ej. Chacana et al. 2016) y de Hawái (ej. Abbott y Huisman 2004). Se registraron las características de los especímenes como color, talla del talo, tipo de ramificación, presencia de estructuras reproductivas, principalmente. Además, se realizaron cortes manuales en diferentes partes del talo para observar, medir y cuantificar características anatómicas como número y tamaño de células, filamentos y estructuras reproductivas. Se tomaron fotografías de ejemplares y estructuras representativas de las especies. Los ejemplares se mantendrán preservados en congelación hasta su próxima revisión, herborización o preservación definitiva. La información se capturó en una base de datos en el programa Excel.

**TABLAX.** Sitios de muestreo de macroalgas en Islas del Archipiélago de Revillagigedo durante la expedición de abril 2023. SI = sin información.

Localidad	Sitio	Siglas	Hábitat
<b>Isla San Benedicto</b>			
18 abril 2023	Fondeadero	IBFO	SI
	Boiler	IBBO	Pared
	Parte Norte	IBPN	Bloques
19 abril 2023	Cañón-La Lava	IBLA	Bloques
	Cuevitas	IBCU	Bloques
	Zoológico	IBZO	Bloques
<b>Isla Clarión</b>			
22 abril 2023	Barbas Bin Laden	ICBL	Bloques
	Herradura Punta Faro	ICPF	Bloques
	Punta Este	ICPE	Bloques
23 abril 2023	Caleta Norte	ICCN	Pared
	Roca Cuervo	ICRC	Pared
	Punta Suroeste	ICPS	Bloques
<b>Isla Socorro</b>			
25 abril 2023	Atracadero naval	ISAN	Flotando
	Punta Tosca	ISPT	Pared

## RESULTADOS

El presente informe incluye los resultados de la primera fase de identificación, es decir las especies conspicuas de todos los sitios de muestreo. Al respecto, se identificaron un total de 69 taxones ubicados en categorías supragenéricas (4), géneros (17), especies (45) y variedades (3) (Tabla S4). Los ejemplares que se identificaron a nivel familia (Ulveae, Ceramiaceae y Rhodomelaceae), así como a nivel Orden (Coralinales), corresponden a aquellos en los que se requiere una revisión más profunda, ya sea por su tamaño pequeño, escasez o ausencia de estructuras para su identificación o por requerir de la aplicación de técnicas histológicas particulares. Este material, se revisará durante la segunda fase de identificación para, de ser posible,

identificarlo a un nivel taxonómico inferior. Así mismo, los ejemplares identificados a nivel genérico pueden representar una o varias especies, como el género de alga verde *Codium*, el género de alga parda *Dictyota* y el género de alga roja *Amphiroa*. En este caso, para su identificación, hay que considerar tres posibilidades: la primera, que se trate de variabilidad fenotípica asociada con el ambiente en el que se encuentran, por lo que se requeriría de revisar material de herbario disponible en medios digitales, para corroborar si tales morfologías han sido recolectadas, pero no completamente descritas para la flora de Islas Revillagigedo. Segunda, también pudieran corresponder a nuevos registros de especies conocidas, por lo que se debería ampliar la revisión bibliográfica, extendiendo la comparación de características con todas las especies de los géneros en cuestión o al menos con las que permita la literatura disponible en línea. Y tercera, también cabe la posibilidad de que se trate de especies nuevas, por lo que a futuro será necesario incorporar análisis genéticos que permitan corroborar a las especies del Archipiélago. Para esto último, cuando fue posible se almacenó parte del material en sílica gel o alcohol.

En cuanto al número de taxones encontrados por Phylum, destaca el Phylum Rhodophyta con 35 taxones, en su mayoría determinados a nivel especie (20) (Figura 48). En segundo lugar, se encontró el Phylum Heterokontophyta con 19 taxones, en su mayoría determinados a nivel especie (14). Finalmente, el Phylum Chlorophyta se encontró representado por 15 taxones que, de igual forma en su mayoría se identificaron a nivel especie (11). El listado sistemático de macroalgas identificadas se presenta en la Tabla S5.

La ocurrencia de los taxones por isla del archipiélago varió entre las islas (Tabla S6). La mayoría de los taxones (28) fueron encontrados solo en una de las islas, como el alga verde *Halimeda opuntia* o el alga parda *Colpomenia sinuosa*, ambas en Isla Clarión. Por otra parte, 22 taxones fueron identificados en dos de las islas y 19 en las tres. El mayor número de taxones se observó en Isla Clarión con 58, seguido de San Benedicto con 48 e Isla Socorro con 23 (Figura 49; Tabla S6). El número de taxones por Phylum en cada isla del archipiélago también varió, presentado una

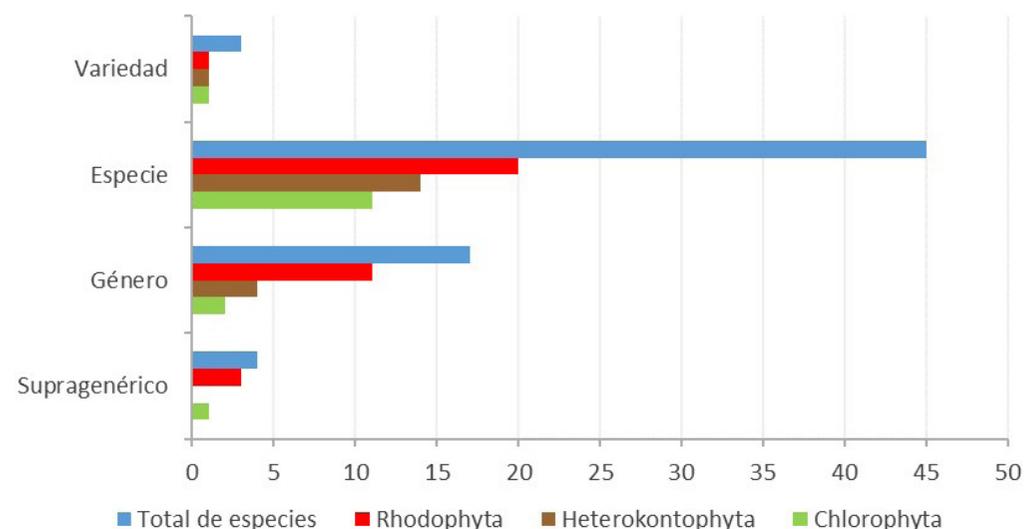


Figura 48. Taxones identificados por categoría taxonómica y Phylum (Rhodophyta o algas rojas, Heterokontophyta o algas pardas y Chlorophyta o algas verdes) en Islas del Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023.

tendencia general de un mayor número de taxones del Phylum Rhodophyta, seguido del Phylum Heterokontophyta y Chlorophyta (Figura 49).

A continuación, se detalla la ocurrencia de los taxones en cada una de las Islas, considerando los sitios muestreados.

### ISLA CLARIÓN

La ocurrencia de los 58 taxones en Isla Clarión varió entre los sitios de muestreo (Tabla S7), encontrando entre 26 y 43 taxones por sitio (Figura 50), en Barbas de Bin Laden (ICBL) y Punta Este (ICPE), respectivamente. No se observa una clara tendencia en cuanto a la proporción por Phylum. En tres sitios (ICCN = Caleta Norte, ICPE = Punta Este e ICPS = Punta Suroeste), se observa un mayor número de algas rojas seguidas de pardas y verdes, mientras que en Barbas de Bin Laden (ICBL) y en Roca Cuervo (ICRC) dominan por número de representantes las algas pardas seguidas de las rojas y verdes. Finalmente, en el sitio Herradura Punta Faro (ICPF), la ocurrencia de los tres grupos algales fue equitativa (Figura 50).

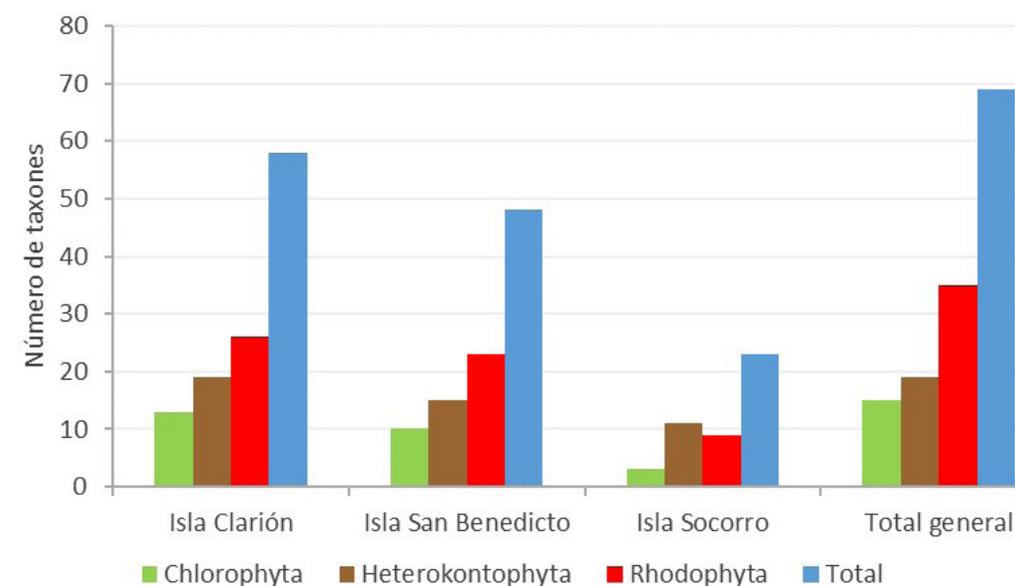


Figura 49. Número de taxones por Phylum e islas del Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023.

Con los resultados de la primera fase de identificación y considerando solo los taxones determinados a nivel especie y variedades, se presentan de forma exclusiva en Isla Clarión nueve especies y una variedad. De ellas, cuatro son especies de algas verdes (*Halimeda opuntia*, *Halimeda tuna*, *Ulva lacinulata* y *Siphonogramen abbreviatum*), una especie y una variedad de algas pardas (*Colpomenia sinuosa* y *Padina mexicana* var. *erecta*) y cinco especies de algas rojas (*Amphiroa beauvoisii*, *Choreonema thuretii*, *Dasya sinicola*, *Jania longiarthra* y *Plocamium katinae*). No se descarta la posibilidad de encontrar algunas de estas especies en las otras islas durante la segunda fase de identificación, pues por su tamaño pequeño pudieron pasar desapercibidas como *Siphonogramen abbreviatum*, *Choreonema thuretii*, *Dasya sinicola* y *Plocamium katinae*. Así mismo pudieran encontrarse entre las determinaciones a niveles supraespecíficos, como en el género *Amphiroa* o en el Orden Corallinales. Por otra parte, *Predaea masonii* que había sido registrada en Isla Clarión solo fue observada en Isla San Benedicto.

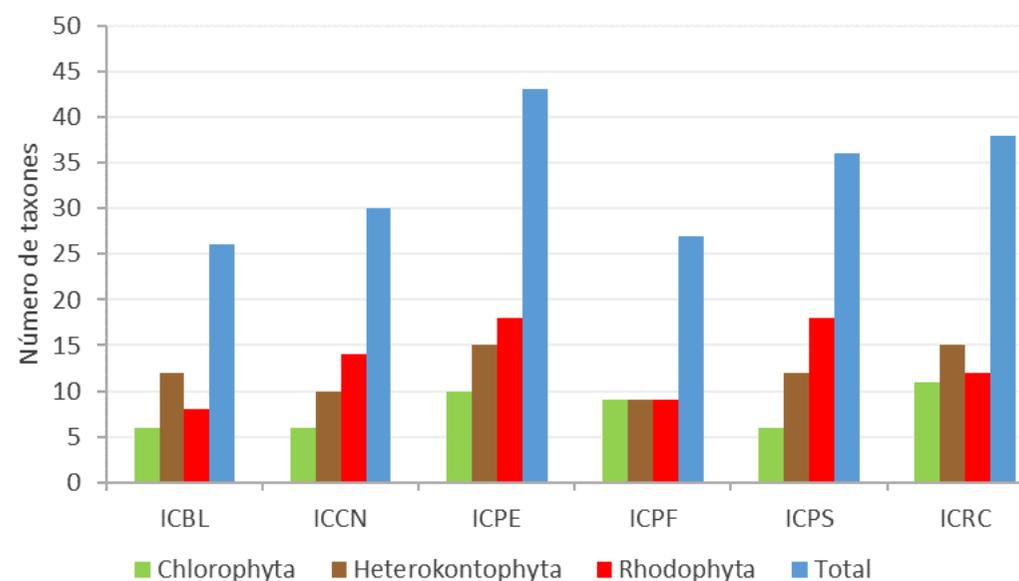


Figura 50. Número de taxones por Phylum y sitio en Isla Clarión, Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023. **ICBL** = Barbas de Bin Laden, **ICCN** = Caleta Norte, **ICPE** = Punta Este, **ICPF** = Herradura Punta Faro, **ICPS** = Punta Suroeste, **ICRC** = Roca Cuervo.

## ISLA SAN BENEDICTO

La ocurrencia de los 48 taxones en Isla San Benedicto varió entre los sitios de muestreo (Tabla S8), encontrando entre seis y 37 taxones por sitio (Figura 51), en Zoológico (IBZO) y en Cuevitas (IBCU), respectivamente. No se observa una clara tendencia en cuanto a la proporción por Phylum. En dos sitios (IBCU = Cuevitas e IBPN = Parte Norte), se observa un mayor número de algas rojas seguidas de pardas y verdes, mientras que en otros dos sitios el mayor número de taxones corresponde a las algas pardas, seguido de las rojas (IBLA = Cañón-La Lava e IBZO = Zoológico). Zoológico destaca además de por el bajo número de taxones encontrados, por la ausencia de algas verdes. Finalmente, en el sitio Boiler (IBBO), la ocurrencia de los tres grupos algales fue prácticamente similar (Figura 51).

Con los resultados de la primera fase de identificación y considerando solo los taxones determinados a nivel especie y variedades, se presentan de forma exclusiva en Isla San Benedicto siete especies y una variedad de algas rojas (*Gelidiella*

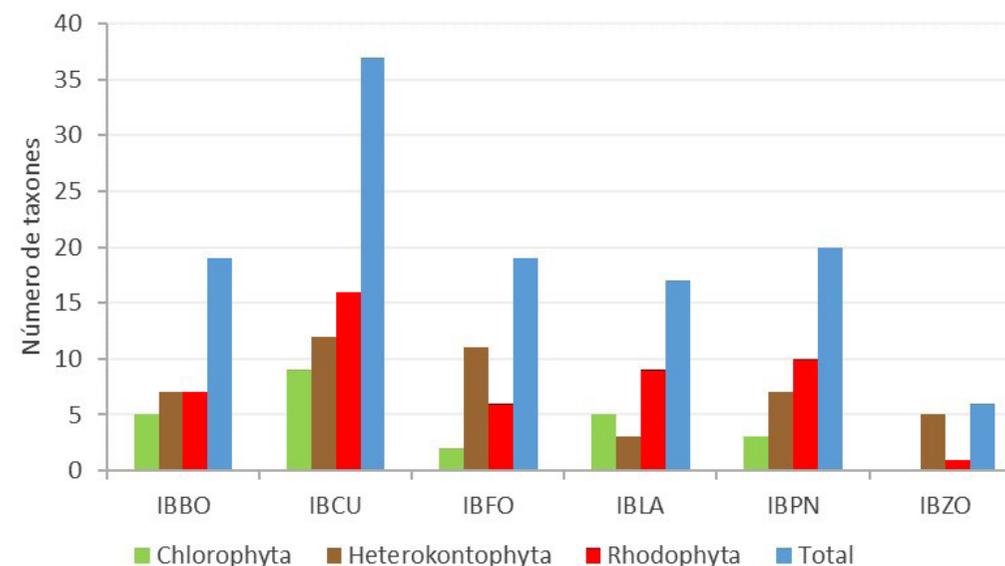


Figura 51. Número de taxones por Phylum y sitio en Isla San Benedicto, Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023. **IBBO** = Boiler, **IBCU** = Cuevitas, **IBFO** = Fondeadero, **IBLA** = Cañón-La Lava, **IBPN** = Parte Norte, **IBZO** = Zoológico.

*acerosa*, *Izziella orientalis*, *Laurencia aguilar-rosasorum*, *Liagora californica*, *Liagora magniinvolucra*, *Predaea masonii*, *Scinaia johnstoniae* y *Dasya sinicola* var. *abyssicola*). No se descarta la posibilidad de encontrar algunas de estas especies en las otras islas durante la segunda fase de identificación, pues por su tamaño pequeño pudieron pasar desapercibidas, como *Dasya sinicola* var. *abyssicola* y *Gelidiella acerosa*. Caso contrario, los ejemplares de *Izziella*, *Liagora*, *Predaea* y *Scinaia* que destacan por su apariencia gelatinosa y aspecto característico (ya sea por su calcificación o ramificación) no fueron observados en las otras islas.

## ISLA SOCORRO

La ocurrencia de los 23 taxones en Isla Socorro varió entre 5 taxones en Atracadero naval (ISAN) y 22 en Punta Tosca (ISPT) (Tabla S9). Cabe destacar que la recolecta del

sitio ISAN se realizó desde la superficie y solo de algas que se encontraban flotando en la superficie. En Punta Tosca (ISPT) se observó una ligera predominancia de taxones de algas pardas sobre los de algas rojas y un menor número de verdes. Entre las algas flotantes, no se encontraron algas verdes y predominaron los taxones de algas pardas (Figura 52).

Con los resultados de la primera fase de identificación, no se encontró ningún taxón exclusivamente en las muestras de Isla Socorro. Mientras que nueve especies y dos variedades que fueron registradas con anterioridad en Isla Socorro, en esta fase de identificación solo se encontraron en Isla Clarión o en Isla San Benedicto. De ellas, son cuatro taxones de algas verdes (*Caulerpa chemnitzia*, *Caulerpa chemnitzia* var. *laetevirens*, *Dictyosphaeria australis* y *Siphonocladus tropicus*), una especie de alga parda (*Padina durvillei*) y cinco taxones de algas rojas (*Amphiroa beauvoisii*, *Ceratodictyon tenue*, *Dasya sinicola* var. *abyssicola*, *Gelidiella acerosa* y *Jania capillacea*).

### NUEVOS REGISTROS DE ESPECIES Y VARIEDADES

Entre las macroalgas identificadas, se encontraron especies y variedades que no habían sido registradas en alguna de las islas o en el archipiélago (Tabla S10). En Isla Clarión, 25 especies y una variedad corresponden a nuevos registros para la isla, de estas cinco especies son algas verdes, 10 especies y una variedad son algas pardas y 10 especies son algas rojas. En Isla San Benedicto 30 especies y una variedad corresponden a nuevos registros, de ellos, seis especies y una variedad son algas verdes, 11 son especies de algas pardas y 13 son especies de algas rojas. Mientras que, para Isla Socorro seis especies fueron registradas por primera vez, cinco algas pardas y un alga roja (Tabla S11 y Figura 53). Con lo anterior, se suman 21 especies y una variedad al elenco de macroalgas del Archipiélago: tres especies de algas verdes, siete especies y una variedad de algas pardas y 11 especies de algas rojas (Tabla S11 y Figura 53).

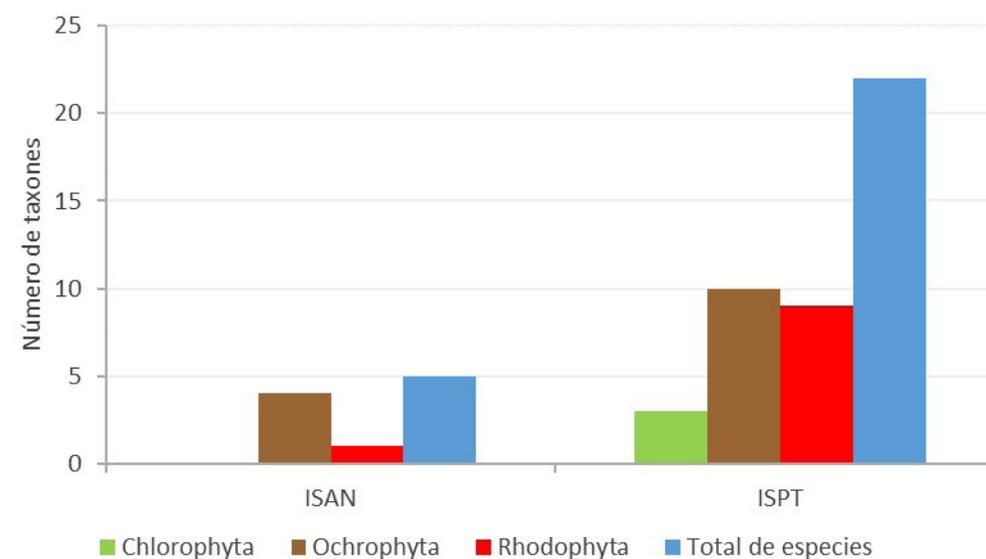


Figura 52. Número de taxones por Phylum y sitio en Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023. **ISAN** = Atracadero naval, **ISPT** = Punta Tosca.

Entre las especies registradas por primera vez en el archipiélago, la mayoría presentan una amplia distribución, registradas en diferentes localidades de los Océanos Atlántico, Pacífico e Índico (Tabla S11). Por otra parte, *Siphonogramen abbreviatum*, *Siphonogramen parvum*, *Laurencia Aguilar-rosasorum*, *Liagora magni-involucra* y *Plocamium katinae* presentan una distribución más restringida, las dos primeras encontradas en algunas islas del océano Pacífico y las tres últimas solo conocidas en el Golfo de California. *Siphonogramen abbreviatum*, *Ulva lacinulata*, *Dictyota ceylanica* y *Dictyota sandvicensis* corresponden a nuevos registros para México (Pedroche y Senties, 2020).

Considerando los registros históricos y las nuevas adiciones a la flora, el elenco de macroalgas del Archipiélago de Revillagigedo a la fecha está integrado por 208 especies y variedades, de ellas, 38 son algas verdes, 39 algas pardas y 129 algas rojas.

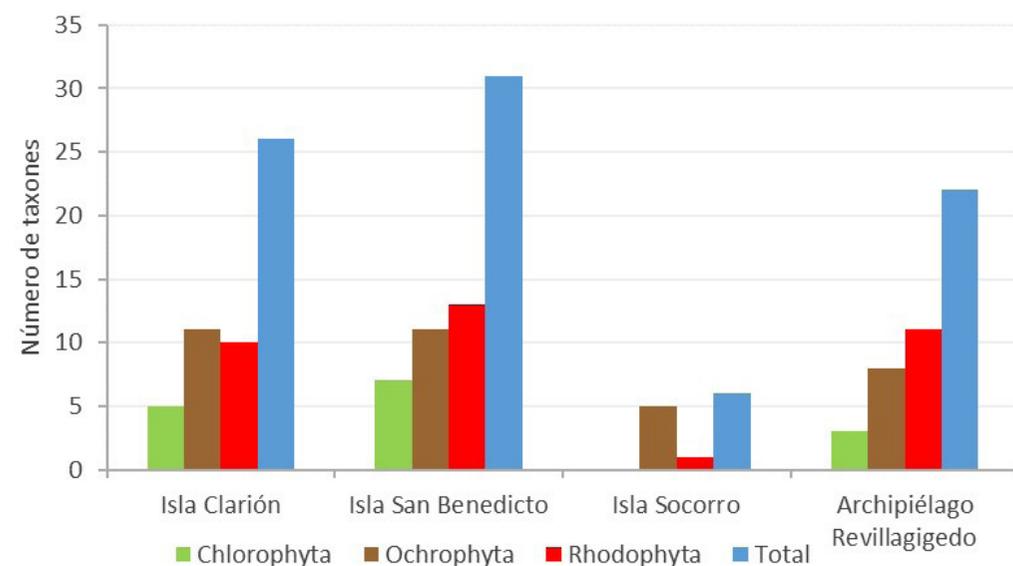


Figura 53. Nuevos registros de especies y variedades por Isla y en el Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023.

## CAPÍTULO V

# BIODIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DE ARRECIFE



### DIRECTOR DEL PROYECTO:

Carlos A. Sánchez Ortiz<sup>1</sup>

### COLABORADORES:

Carolina Galván Tirado<sup>1</sup>, Adair A. Gutiérrez Coria<sup>1</sup>, Mariae C. Estrada-González<sup>2</sup>

### ESTUDIANTES DE BIOLOGÍA MARINA (UABCS) INVOLUCRADOS:

BM Alejandro López Fuentes, BM Fernando Manuel Duarte Ramos, BM Angélica Tamayo Macklis, BM Álvaro Jiménez Ramírez, BM Mariana Stringel Rodríguez, BM Eduardo Camacho Tejeda, BM Ismael Orozco Salinas, eBM Karin Victoria Burkart Jiménez

Serviere-Zaragoza, E., López-Vivas, J. M., Mazariegos-Villarreal, A., León-Cisneros, K., & López-Fuerte, O. (2025). *Macroalgas en el Parque Nacional Revillagigedo*. En CONANP, *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 109 –128).

<sup>1</sup>Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS, México.

## RESUMEN

Del 18 al 25 de abril 2023 se realizó una expedición científica a las cuatro islas del Archipiélago de Revillagigedo, con el objeto de realizar la *Línea Base Ecológica Marina del Parque Nacional Revillagigedo*. En particular aquí se presentan los resultados sobre la *Biodiversidad de macroinvertebrados de arrecife: lista de especies, nuevos registros y nuevas especies*. Se cuenta con un total de 559 registros de los cuales 364 son de recolectas realizadas durante abril 2023 (288 con fotografías en la embarcación), 195 de fotografía submarina *in situ* (incluye a 172 registros de monitoreo ecológicos y previos). La lista taxonómica de las especies fue cuidadosamente curada respecto a la nomenclatura, estatus taxonómico y la última clasificación. Se registraron 140 especies de invertebrados incluidos 64 distintas familias de 10 phyla: Cnidaria (36 spp., 15 familias), Mollusca (25 spp., 14 familias), Platyhelminthes (24 spp., 9 familias), Echinodermata (18 spp., 11 familias), Crustacea (18 spp., 7 familias), Porifera (10 spp., 4 familias), Tunicata (4 spp., 1 familia), Annelida (2 spp., 2 familias), Nemertea (2 spp.,) y Ctenophora (1 sp., 1 familia). Respecto a los posibles registros nuevos de invertebrados para el Archipiélago de Revillagigedo se obtuvieron un total de 23 registros de especies (13 San Benedicto, 2 Socorro, 3 Roca Partida y 11 Clarión). En relación con las posibles nuevas especies (endémicas) de invertebrados se encontraron 25 especies en todo el archipiélago (10 San Benedicto, 5 Socorro, 6 Roca Partida y 15 Clarión). Como se esperaba, Isla Clarión al ser la isla más alejada del archipiélago y de México, se encontró cerca del 50% de los nuevos registros y nuevas especies. En conjunto es muy elevado el endemismo encontrado en el Archipiélago de Revillagigedo y al parecer es tan alto o mayor que en regiones como el Archipiélago de Galápagos.

## INTRODUCCIÓN

El Archipiélago de Revillagigedo, es un “hotspot” de biodiversidad por su riqueza y que alberga relevante endemismo marino (15-30%). No obstante, que Revillagigedo es la zona marina más prístina de México y es elevado el uso económico

en turismo (~30 millones de USD), la biodiversidad marina de sus arrecifes es aun altamente desconocida. Como ejemplo, en una expedición dirigida solo a peces de arrecife a Revillagigedo en noviembre de 2022 se obtuvieron poco más de 10 nuevas especies y registros. Varias de las especies de arrecife son dominantes y se desconoce qué perturbaciones su vulnerabilidad en términos antropogénicos y de cambio climático (recientemente en el Golfo de California se ha reportado que está causando defaunación; Favoretto et al 2022). Además, la mayor parte del conocimiento taxonómico sobre las comunidades de arrecifes rocosos de Revillagigedo está desactualizado y necesitan revisión adicional a través de técnicas morfológicas y genéticas avanzadas que rara vez se aplicaron (estimó una revisión actualizada del 60-80% de los taxa marinos de invertebrados). Este estudio se enfocará a las especies conspicuas dominantes de invertebrados del archipiélago, en particular a las especies endémicas o registros nuevos, especialmente de los phyla de Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes y Echinodermata. Los taxa antes mencionados por su dificultad taxonómica son muy poco conocidos, por visitas anteriores sin duda se encontrarán nuevas especies y nuevos registros para la ciencia.

## OBJETIVO GENERAL

Obtener el listado taxonómico, registro de posibles nuevas especies endémicas o nuevos registros de especies de invertebrados del ecosistema del Archipiélago de Revillagigedo.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener el listado taxonómico de macroinvertebrados conspicuos (>1cm) con mayor énfasis en los phyla de Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes y Echinodermata, y en menor proporción de los phyla Ctenophora, Nemertea, Mollusca, Annelida, Crustacea, y Chordata del Archipiélago de Revillagigedo.
- Registrar las nuevas especies endémicas y nuevos registros de especies nominales de Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes y Echinodermata en el Archi-

piélago de Revillagigedo.

- Obtener el listado taxonómico por cada una de las cuatro islas del Archipiélago de Revillagigedo.
- Depositar los especímenes recolectados en las colecciones de historia natural institucionales.

### ÁREA DE ESTUDIO Y PROFUNDIDADES DE OPERACIÓN

La zona de operación fue el Archipiélago Revillagigedo, situada entre 18° 20' y 19° 20' N y entre 110° 46' y los 114° 45' O a una distancia de 402 km al sur-oeste de Cabo San Lucas, Baja California Sur y a 681 km al oeste de Manzanillo, Colima. Del 18 al 25 abril 2023, se visitaron las cuatro islas del archipiélago: Isla San Benedicto, Isla Clarión, Roca Partida e Isla Socorro (Figura 54. Archipiélago de Revillagigedo ubicando las islas Clarión, Roca Partida, Socorro y San Benedicto. Las estrellas en rojo indican los sitios donde se realizaron las colectas durante la expedición de abril 2023.) y las profundidades de colecta fueron principalmente de la zona somera (0 a 30 m) utilizando equipo de buceo SCUBA.

### METODOLOGÍA

La recolección y fotografía submarina se orientó a todos los taxa conspicuos (>1cm) de macroinvertebrados epibentónicos asociados al ecosistema arrecifal rocoso (incluyendo los fondos coralinos pétreos). En el barco algunos especímenes de invertebrados se fijaron en formol (10%), pero la mayoría se preservaron en alcohol 90% y con técnicas especiales propias para cada taxa. La mayoría de los especímenes recolectados se fotografiaron arriba del barco en acuarios de cristal con fondo, utilizando cámara profesional NikonD300, con lente macro 100 mm y normal 50 mm, y se utilizaron juego de 4 flashes automáticos. En el laboratorio, los especímenes fueron analizados morfológicamente por los expertos, y se tomaron pequeñas submuestras de tejidos para los análisis genéticos de ADN. Especímenes de invertebrados y peces se depositarán en los museos de Historia Natural o colecciones científicas

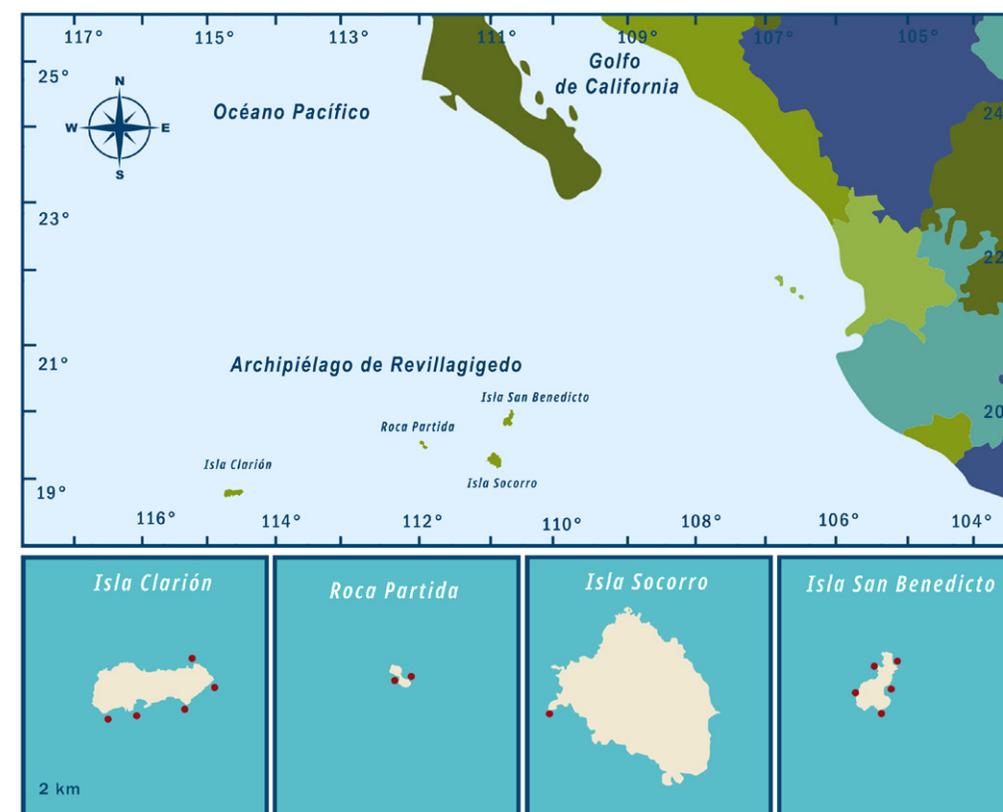


Figura 54. Archipiélago de Revillagigedo ubicando las islas Clarión, Roca Partida, Socorro y San Benedicto. Las estrellas en rojo indican los sitios donde se realizaron las colectas durante la expedición de abril 2023.

cas nacionales o internacionales dependiendo del taxa. Las secuencias moleculares se depositarán en repositorios en línea (GenBank).

La lista de especie de invertebrados resultante de esta investigación, se obtuvo de acuerdo a los siguientes criterios: 1) Especialmente especies del ecosistema arrecifal rocoso (incluyendo el cabezas de coral pétreo escleractinio); 2) Principalmente especies epibentónicas visualmente conspicuas (>1 cm), excepto en Platyhelminthes que fue debajo de rocas y algunas especies de menor tamaño; 3) La profundidad de colecta fue entre 0 y 30 m, sólo en Roca Partida se llegó a 40 m de profundidad; 4) Tomando la experiencia en la identificación taxonómica la recolecta se

dirigió principalmente a los phyla o subtaxa de Porifera, Cnidaria (Hidroidea, Octocorallia y Hexacorallia), Platyhelminthes y Echinodermata (Asteroidea, Echinoidea, y Holothuroidea); 5) Por conspicuos y dominantes adicionalmente se recolectaron algunos taxa de los phyla Nemertea, Ctenophora, Annelida (Polychaeta), Mollusca, Arthropoda (Crustacea) y Chordata (Tunicata). 6) En la lista se incluyen especies de invertebrados fotografiados *in situ* para el respaldo y análisis de las identificaciones taxonómicas realizadas o si los ejemplares no se colectaron para realizar una identificación posterior. Cabe señalar, que la mayoría de las especies fotografiadas son las conspicuas que han sido observadas en los monitoreos ecológicos ProMARES realizados en 2006, 2016, 2017 y 2018, las cuales fueron incluidas.

## RESULTADOS

### Lista de especies de macroinvertebrados conspicuos de arrecife durante abril de 2023.

Primero hay que señalar, que la lista de especies y base de datos obtenida (Tabla XI. Especies de macroinvertebrados de arrecife obtenidas en las recolectas, fotos submarinas y registros previos ProMARES, en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023. Se muestran los datos de mayor a menor riqueza encontrada por phyla., S12, S13, Figura 54. Archipiélago de Revillagigedo ubicando las islas Clarión, Roca Partida, Socorro y San Benedicto. Las estrellas en rojo indican los sitios donde se realizaron las colectas durante la expedición de abril 2023.), se basa en la identificación y determinación de especies de acuerdo con la experiencia taxonómica de los diversos investigadores expertos participantes en los taxa de Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes y Echinodermata. Además, la lista taxonómica fue cuidadosamente curada respecto a la nomenclatura, estatus taxonómico y la clasificación más reciente.

Se obtuvieron un total de 559 registros de los cuales 364 son de recolectas realizadas durante abril 2023 (288 con fotografías en la embarcación), 195 de fotografía submarina *in situ* (incluye a 172 registros de monitoreo ecológicos y previos). De estos 559 registros, se obtuvieron 140 especies de macroinvertebrados incluidos 64

distintas familias de 10 phyla: Cnidaria (36 spp., 15 familias), Mollusca (25 spp., 14 familias), Platyhelminthes (24 spp., 9 familias), Echinodermata (18 spp., 11 familias), Crustacea (18 spp., 7 familias), Porifera (10 spp., 4 familias), Tunicata (4 spp., 1 familia), Annelida (2 spp., 2 familias), Nemertea (2 spp.) y Ctenophora (1 sp., 1 familia) (Figura 55; Figura 59).

**TABLA XI.** Especies de macroinvertebrados de arrecife obtenidas en las recolectas, fotos submarinas y registros previos ProMARES, en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023. Se muestran los datos de mayor a menor riqueza encontrada por phyla.

Archipiélago de Revillagigedo			Número de especies por Isla			
Phylum	Familias	Total de Especies	San Benedicto	Socorro	Roca Partida	Clarión
CNIDARIA	15	36	21	20	12	23
MOLLUSCA	14	25	17	15	10	12
PLATYHELMINTHES	9	24	9	2		20
ECHINODERMATA	11	18	14	11	6	12
CRUSTACEA	7	18	10	3	7	3
PORIFERA	4	10	9	4	7	7
TUNICATA	1	4	2		1	1
ANNELIDA	2	2	1	1		
NEMERTEA		2	2			
CTENOPHORA	1	1			1	
	64	140	85	56	44	78

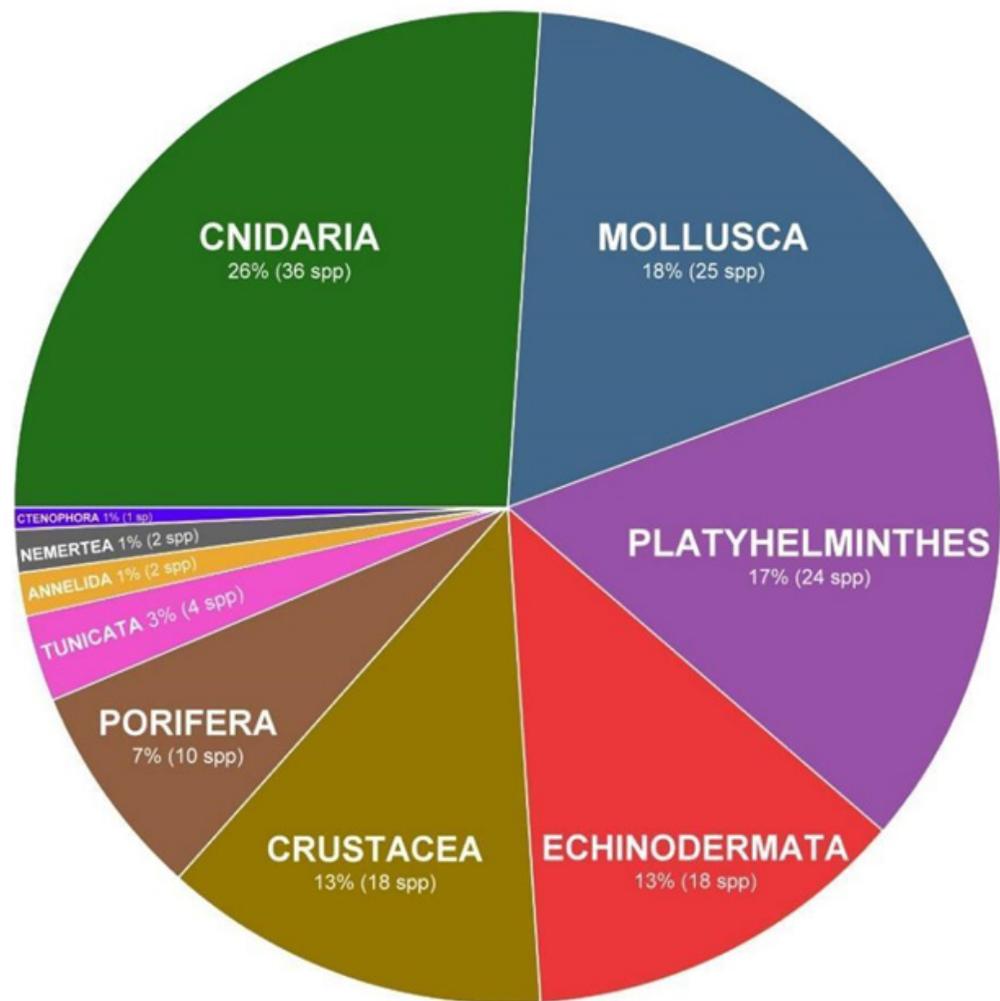


Figura 55. Número y porcentaje de especies de macroinvertebrados de arrecife por phyla en el Archipiélago de Revillagigedo durante abril de 2023.

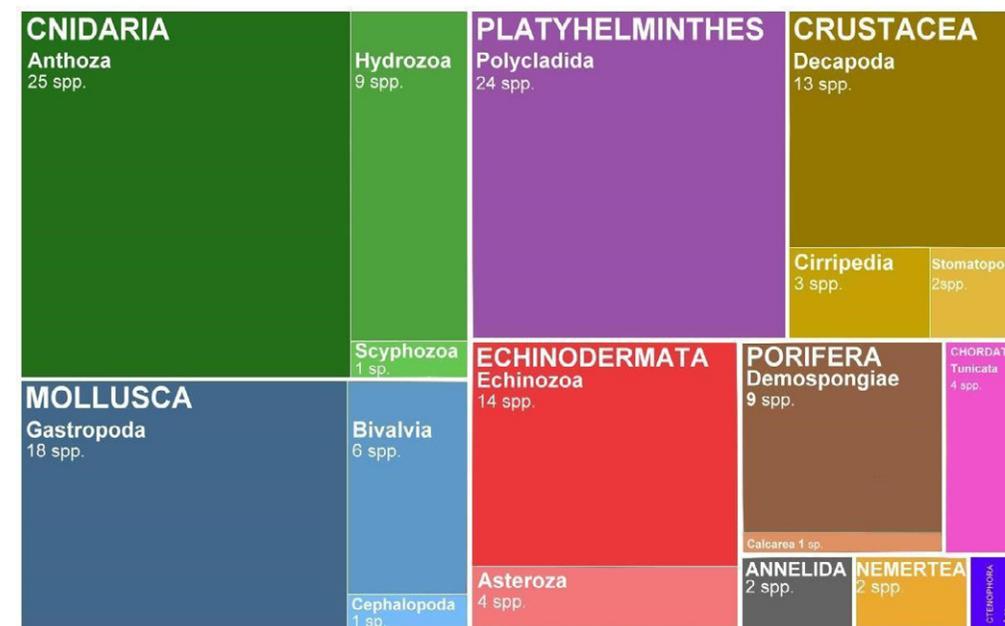


Figura 56. Número de especies de macroinvertebrados de arrecife por phyla y por clase en el Archipiélago de Revillagigedo durante abril de 2023.

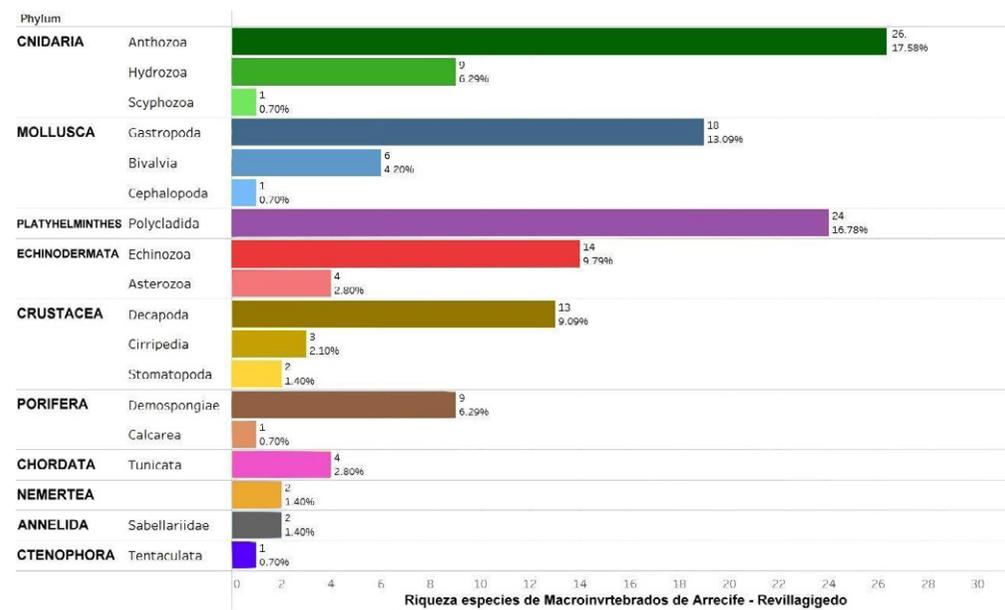


Figura 57. Número y porcentaje de especies de macroinvertebrados de arrecife por phyla y por clase en el Archipiélago de Revillagigedo durante abril de 2023.

Phylum		San Benedicto	Socorro	Roca Partida	Clarión
<b>CNIDARIA</b>	Anthozoa	19 22.35%	10 33.93%	10 22.73%	17 21.25%
	Hydrozoa	2 2.35%	1 1.79%	2 2.27%	8 10.00%
	Scyphozoa			1 2.27%	
<b>MOLLUSCA</b>	Bivalvia	4 4.71%	5 0.93%	2 4.55%	2 2.50%
	Cephalopoda	1 1.18%	1 1.79%	1 2.27%	1 1.25%
	Gastropoda	12 14.12%	9 16.07%	7 15.91%	9 11.25%
<b>PLATYHELMINTHES</b>	Polycladida	9 10.59%	2 3.57%		20 25.00%
<b>ECHINODERMATA</b>	Asterozoa	3 3.53%	3 5.36%	1 2.27%	1 1.25%
	Echinozoa	11 12.94%	8 14.29%	5 11.36%	11 13.75%
<b>CRUSTACEA</b>	Cirripedia			3 6.82%	
	Decapoda	9 10.59%	3 5.36%	4 9.09%	2 2.50%
	Stomatopoda	1 1.10%			1 1.25%
<b>PORIFERA</b>	Calcarea	1 1.10%		1 2.27%	1 1.25%
	Demospongiae	8 9.41%	4 7.14%	6 13.64%	6 7.50%
<b>CHORDATA</b>	Tunicata	2 2.35%		1 2.27%	1 1.25%
<b>NEMERTEA</b>		2 2.35%			
<b>ANNELIDA</b>	Sabellariidae	1 1.18%	1 1.79%		
<b>CTENOPHORA</b>	Tentaculata			1 2.27%	

Figura 58. Número y porcentaje de especies de macroinvertebrados de arrecife por phyla y por clase en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023.

### MACROINVERTEBRADOS DE ARRECIFE ROCOSO ARCHIPIELAGO DE REVILLAGIGEDO

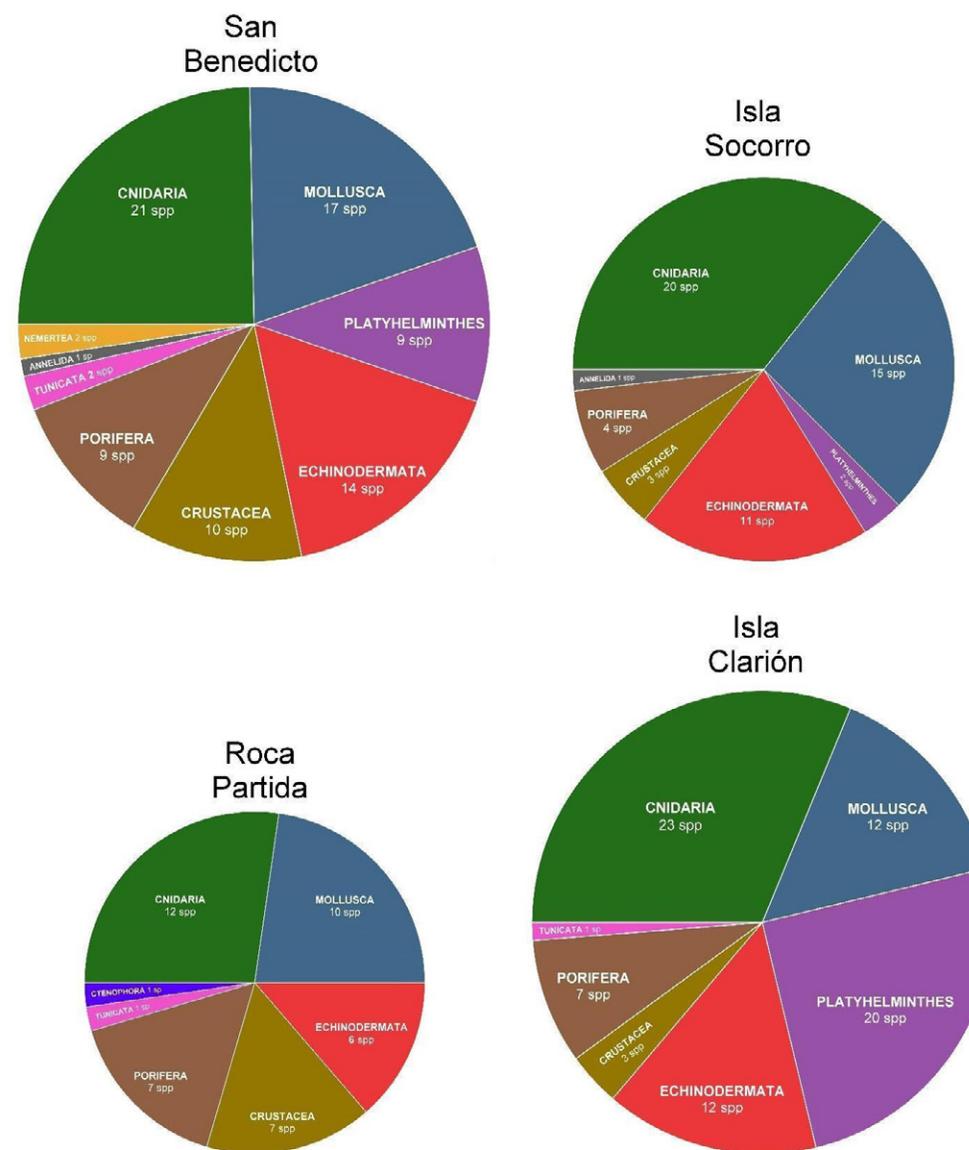


Figura 59. Número de especies de macroinvertebrados de arrecife por phyla en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023. El tamaño del pie es relativo al total de especies obtenidas en el archipiélago.

## NUEVOS REGISTROS DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS DE ARRECIFE DEL DURANTE ABRIL DE 2023.

De las 140 reportadas en este estudio, varias de ellas no fueron verificadas o identificadas en su totalidad, por ello se designaron como "sp", algunas otras aún continúan en revisión taxonómica. Entonces, los nuevos registros indicados en esta sección son especies claramente determinadas y donde se tiene la certeza que no han sido previamente registrados en el Archipiélago de Revillagigedo o en alguna de sus cuatro islas. De las 140 especies, 22 fueron nuevos registros (Tabla XII. Registros nuevos de especies de macroinvertebrados de arrecife obtenidas con recolectas, fotos submarinas y registros previos ProMARES, en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023. y Figura 60. Nuevos registros de macroinvertebrados de arrecife del Archipiélago de Revillagigedo. A) Porifera, Calcarea, *Clathrina* sp. 1, B) Porifera, Demospongiae, *Aplysina clathrata*, C) Cnidaria, Hydrozoa, Sertulariidae sp. 1, D) Nemertea, *Nemertea* sp. 1, E) Annelida, Polychaeta, *Idanthyrsus pennatus*, F) Echinodermata, Echinoidea, *Echinothrix* cf. *diadema*.), 21 de ellos para todo el archipiélago y una esponja *Aplysina revillagigedi*, que es especie dominante en los arrecifes de las islas San Benedicto y Clarión, ahora se reporta para las islas Socorro y Roca Partida.

En la Tabla XII. Registros nuevos de especies de macroinvertebrados de arrecife obtenidas con recolectas, fotos submarinas y registros previos ProMARES, en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023. se observa que los Platyhelminthes, Cnidaria (Actiniaria, Zoantharia e Hidrozoa) y Porifera, contribuyen con cerca del 80% (18 spp.) de registros nuevos para el archipiélago. El grupo de los gusanos planos sorpresivamente contribuye a nuevos registros para Revillagigedo, aunque varios de estos registros continúan con los análisis morfológicos (histología) y genéticos moleculares, y tampoco sería sorpresa que se registren como nuevas especies (Ver sección de Gusanos Planos Platyhelminthes).

En la Figura 60 se muestran fotografías de algunos nuevos registros de macroinvertebrados del Archipiélago de Revillagigedo que se destacan por su frecuen-

TABLAXII. Registros nuevos de especies de macroinvertebrados de arrecife obtenidas con recolectas, fotos submarinas y registros previos ProMARES, en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023.

Phylum	San		Roca		Posible Nuevos Registros	Nuevos Registros
	Benedicto	Socorro	Partida	Clarión		
PORIFERA	4		3	2	4	4
CNIDARIA	1	1		5	6	6
CTENOPHORA					-	
PLATYHELMINTHES	5	1		7	8	8
NEMERTEA	2				2	2
MOLLUSCA					-	
ANNELIDA	1				1	1
ECHINODERMATA				1	1	1
CRUSTACEA					-	
TUNICATA					-	
	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	

cia y abundancia, como las esponjas *Calcarea*, *Clathrina* sp. 1 (de 1 a 4 cm) muy común en todo Revillagigedo y la Demospongiae, *Aplysina clathrata*, común en el Golfo de California; el cnidario, Sertulariidae sp. 1, que es un hidroide pequeño (2 cm) forma de palito, abundante; el gusano nemerteo, *Nemertea* sp. 1; el gusano poliqueto, *Idanthyrsus pennatus*, sabellido muy abundante en la región suroeste del Golfo de California; y el erizo *Echinothrix* cf. *diadema*, registro único para México y solo es encontrado en la Isla Clarión, ocurre en islas oceánicas desde Galápagos y hasta el mar rojo.

## NUEVAS ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS DE ARRECIFE, ENDÉMICAS DE REVILLAGIGEDO.

De las 140 especies de macroinvertebrados reportados en este estudio, 25 de ellas se reportan como nuevas especies para la ciencia dentro del Archipiélago de Revillagigedo, es decir especies endémicas (Tabla XIII y Figura 61). Como se esperaba,

**TABLA XIII.** Registros de nuevas especies de macroinvertebrados de arrecife obtenidas con recolectas, fotos submarinas y registros previos ProMARES, en el Archipiélago de Revillagigedo y cada una de sus islas durante abril de 2023.

Phylum	Posible				Nuevas Especies	Nuevas especies
	San Benedicto	Socorro	Roca Partida	Clarión		
PORIFERA	1	1	1	1	2	2
CNIDARIA	3	2	4	1	7	7
CTENOPHORA					-	
PLATYHELMINTHES	4			11	14	14
NEMERTEA					-	
MOLLUSCA	1	1		1	1	1
ANNELIDA					-	
ECHINODERMATA	1	1	1	1	1	1
CRUSTACEA					-	
TUNICATA					-	
	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	2 6 10 14

Isla Clarión al ser la isla más alejada del archipiélago y de México, se encontró cerca del 50% de los nuevos registros y nuevas especies. El phylum Platyhelminthes, Cnidaria (abanicos de mar Octocorallia) y Porifera (Verongiida), contribuyen con el 92% (23 spp.) de las nuevas especies reportadas para el archipiélago. Al igual que en los nuevos registros, los gusanos planos sorprendentemente contribuyen con nuevas especies con el 56% (14 spp.) de los registros para Revillagigedo (Ver sección de Gusanos Planos Platyhelminthes).

En la Figura 61, se muestran fotografías de algunas posibles nuevas especies de macroinvertebrados de arrecife del Archipiélago de Revillagigedo. Por ejemplo, la esponja *Aplysina* sp. 8, abundante en todo Revillagigedo; los corales abanicos de mar, *Pacifigorgia* sp. 4, abundante en Isla Socorro; *Muricea* sp. 11 y *Muricea* 12 ambas sólo en Roca Partida de 30 a 60 m de profundidad; la almeja burra, *Spondylus* sp. 1, común en Revillagigedo; y el erizo punta de lápiz, *Eucidaris* sp. 1, abundante en Revillagigedo.

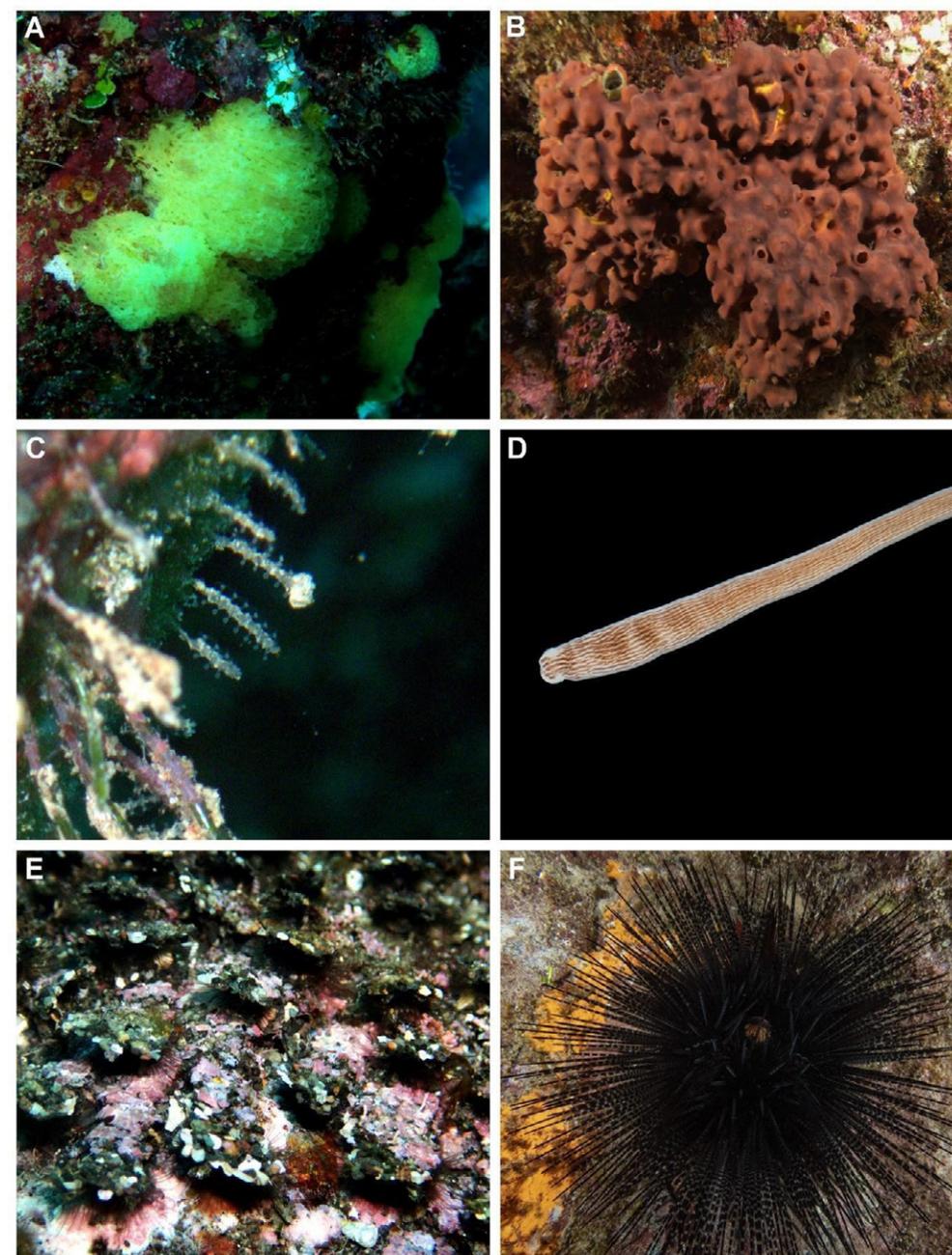


Figura 60. Nuevos registros de macroinvertebrados de arrecife del Archipiélago de Revillagigedo. **A)** Porifera, Calcarea, Clathrina sp. 1, **B)** Porifera, Demospongiae, Aplysina clathrata, **C)** Cnidaria, Hydrozoa, Sertulariidae sp. 1, **D)** Nemertea, Nemertea sp. 1, **E)** Annelida, Polychaeta, Idanthyrsus pennatus, **F)** Echinodermata, Echinoidea, Echinothrix cf. diadema.

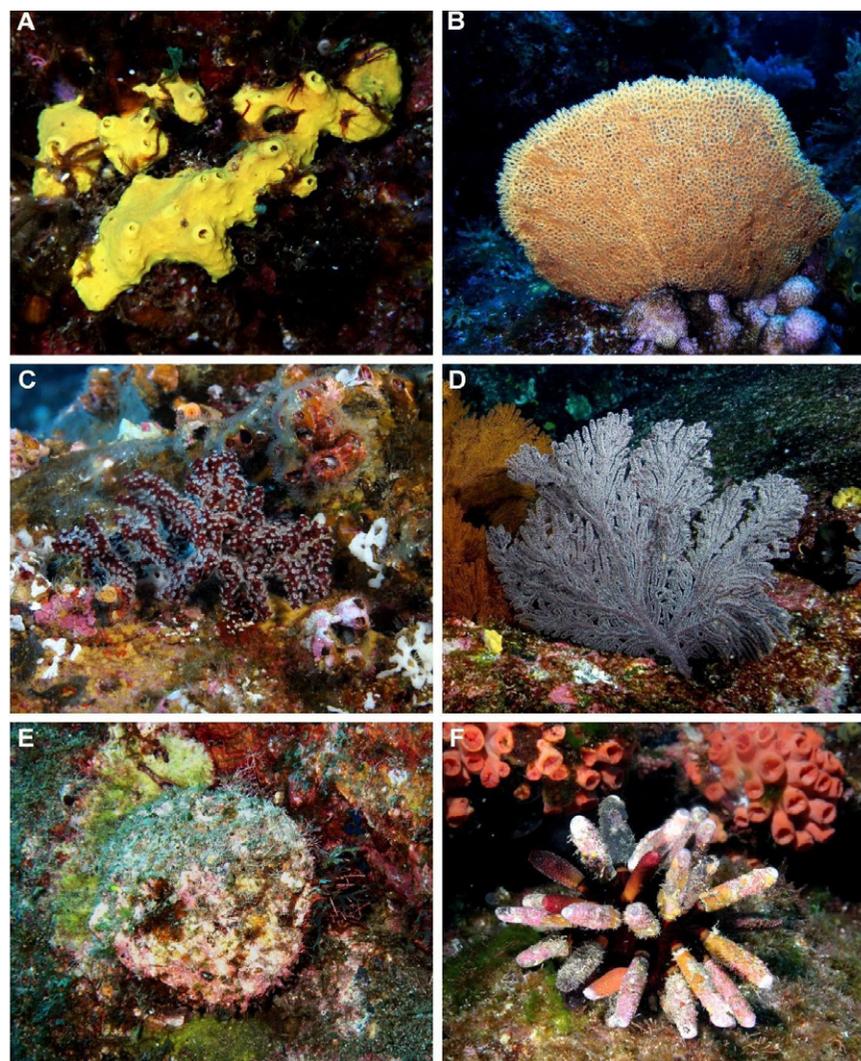


Figura 61. Nuevas especies de macroinvertebrados de arrecife del Archipiélago de Revillagigedo. **A)** Porifera, esponja *Aplysina* sp. 8, **B)** Cnidaria, abanico de mar de Isla Socorro *Pacifigorgia* sp. 4, **C)** abanicos de mar, *Muricea* sp. 11 y **D)** *Muricea* sp. 12, ambos solo de Roca Partida de 30 a 60 m, **E)** almeja burra enana *Spondylus* sp. 1, **F)** Erizo punta de lápiz, *Eucidaris* sp. 1.

Sánchez-Ortiz, C. A., Adair, A. G. C., & Estrada-González, M. (2025). *Biodiversidad de macroinvertebrados de arrecife*. En CONANP, *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 129–144)

## CAPÍTULO VI

# BIODIVERSIDAD DE GUSANOS PLANOS MARINOS POLICLÁDIDOS (PLATYHELMINTHES, POLYCLADIDA)

### DIRECTOR DE PROYECTO:

Adair A.G. Coria<sup>1</sup>

### COLABORADORES:

Carlos A. Sánchez Ortiz<sup>1</sup>, Marcela Bolaños<sup>2</sup>  
Carolina Galván Tirado<sup>1</sup>, Sigmer Quiroga<sup>3</sup>



<sup>1</sup>Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México

<sup>2</sup>Department of Organismic and Evolutionary Biology, Harvard University, Cambridge, MA 02138, USA

<sup>3</sup>Grupo de Investigación MIKU, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, Santa Marta, D.T.C.H. Colombia

## RESUMEN

Los policládidos o gusanos planos marinos, representan un grupo extremadamente diverso de platelmintos de vida libre. Habitan desde la zona intermareal a grandes profundidades, presentan una gran diversidad morfológica y exhiben una amplia gama de coloraciones. En el Archipiélago de Revillagigedo solo se han reportado dos especies en Isla Clarión. Sin embargo, en este estudio un total de 84 especímenes fueron recolectados en 13 sitios del Archipiélago de Revillagigedo, resultando en 24 especies, de las cuales son dos especies nominales, 14 son potenciales especies nuevas y siete deben ser analizadas para determinar si se trata de especies nuevas o nominales. Por lo tanto, con este estudio se incrementa considerablemente la diversidad faunística de policládidos en la región.

## SISTEMÁTICA

Las más recientes claves de identificación taxonómica para este orden son atribuidas a Faubel (1983, 1984b) y Prudhoe (1985), resultando en dos sistemas de clasificación poco concordantes. Los caracteres morfológicos de mayor peso en el sistema de clasificación de Faubel (1983, 1984b) se basan principalmente en la anatomía del aparato reproductor masculino, mientras que en el de Prudhoe (1985) en la disposición de los ojos y la morfología de los tentáculos. Es por ello que Litvaitis & Newman (2001) recomiendan utilizar ambos sistemas, para evitar confusiones en la identificación y clasificación de especies. Además de los caracteres morfológicos externos e internos, el patrón de coloración (motas, puntas, líneas, bandas, etc.) puede ser considerado como una característica diagnóstica en la identificación de especies en el suborden Cotylea (Newman & Cannon 1994; Litvaitis et al. 2010).

Con la implementación de herramientas moleculares en la actualidad, en este grupo se han realizado estudios que han validado la importancia filogenética de algunos caracteres morfológicos usados en la taxonomía y se han desarrollado nuevas filogenias basadas en los genes 18S y 28S ADN ribosomal, Cox 1 y 16S mitocondrial (Litvaitis & Newman 2001; Litvaitis et al. 2010; Aguado et al. 2016; Aguado

et al. 2017; Bahia et al. 2017; Tsunashima et al. 2017; Litvaitis et al. 2019; Dittmann et al. 2019b; Oya & Kajihara 2020). Sin embargo y de acuerdo con Dittmann et al. (2019), existe la necesidad de unificar el sistema de clasificación del orden Polycladida, basado en la morfología de especies, en análisis moleculares o en la combinación de ambos.

Con base en la identificación morfológica y molecular de especies del orden Polycladida, se reconocen 3 superfamilias (Faubel 1983; Litvaitis et al. 2019), 29 familias, 120 géneros y 495 especies en el suborden Acotylea. Mientras que en el suborden Cotylea 15 familias, 56 géneros y 396 especies. Además, se considera un género del suborden Acotylea y 109 especies de ambos subórdenes como datos inciertos (Tyler et al. 2023).

## DIVERSIDAD DE ESPECIES

En el mundo se han descrito aproximadamente 1000 especies, clasificadas en ambos subórdenes (Tyler et al. 2023). En el Pacífico mexicano, se han realizado estudios de policládidos en casi todo el litoral, exceptuando los estados de Colima y Chiapas; registrando un total de 39 especies de las cuales, 28 se clasifican en el suborden Acotylea y 12 en el suborden Cotylea (Woodworth 1894; Hyman 1953, 1955; Salgado-Maldonado & López-Jiménez 1980; Marcus & Harry 1982; Pineda-López & González-Bulnes 1984; Faubel et al. 2007; Ramos-Sánchez et al. 2019, 2020, 2021). Específicamente en el archipiélago de Revillagigedo, solo se conocen dos especies reportadas por Hyman (1953) en Isla Clarión: *Marcusia ernesti* Hyman, 1953 y *Koinostylochus burchami* (Heath & McGregor, 1912). Mientras que, en Isla Socorro, Isla San Benedicto y Roca Partida, el conocimiento es nulo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos en 13 sitios del Archipiélago de Revillagigedo, cinco en Isla San Benedicto, siete en Isla Clarión y uno en Isla Socorro. Los policládidos fueron recolectados del sustrato con un pincel y colocados en un contenedor. Se fotogra-

fiaron en vivo en la embarcación para documentar los patrones de coloración y la morfología externa de los organismos. Posteriormente, una porción de tejido fue cortado y colocado en alcohol 96% para futuros análisis moleculares. El resto del organismo fue fijado en formalina al 10% congelada y preservados en alcohol al 70%.

## RESULTADOS

Un total de 84 especímenes fueron recolectados en los 13 sitios de muestreo del Archipiélago de Revillagigedo. Con base en los análisis morfológicos, se identificaron 24 especies, nueve clasificadas en el suborden Acotylea y 15 en el suborden Cotylea (Tabla XIV). Por lo tanto, se incrementa en 92% el número de especies registradas en esta región. De las 24 especies reportadas en este estudio (Tabla XIV), dos son especies nominales (Figura 62), 13 son potenciales especies nuevas (Figura 63). Potenciales especies nuevas de policládidos pertenecientes al suborden Acotylea. Escalas: A y C 3 mm, B 2 mm, el resto 5 mm. y Figura 64) y ocho deben ser analizadas para determinar si se trata de especies nuevas o nominales (Figura 65).

La riqueza de especies presente en cada Isla del Archipiélago se conformó de nueve especies en San Benedicto, 18 en Isla Clarión y dos especies en Isla Socorro. Sin embargo, se encontraron especies con distribución compartida entre Islas, cinco especies se distribuyen en Isla San Benedicto e Isla Clarión y dos especies en Isla San Benedicto e Isla Socorro (Tabla XIV). Específicamente, en San Benedicto, se muestrearon seis localidades, donde Punta Suroeste (Zoológico) y Dedos de lava fueron los sitios con la mayor riqueza con cuatro especies cada uno, seguido de Cuevitas con tres especies, El Boiler y Fondeadero con una especie cada uno, mientras que, en Parte Norte no se encontraron organismos.

En Isla Clarión se recolectó en siete localidades, en la que el mayor número de especies fue el Isote Sureste (Punta Este) con 10 especies, seguido de Barbas de Bin Laden con ocho especies, Herradura-Punta Faro con seis especies, Punta Este con cuatro especies y Roca Cuervo con tres especies. Mientras que, Caleta Norte y Punta Suroeste fueron los sitios con la menor riqueza con una especie cada uno.



Figura 62. Especies nominales de policládidos registradas en el Archipiélago de Revillagigedo.

Finalmente, en Isla Socorro, Punta Tosca fue el único sitio de muestreo en el que se recolectaron dos especies.

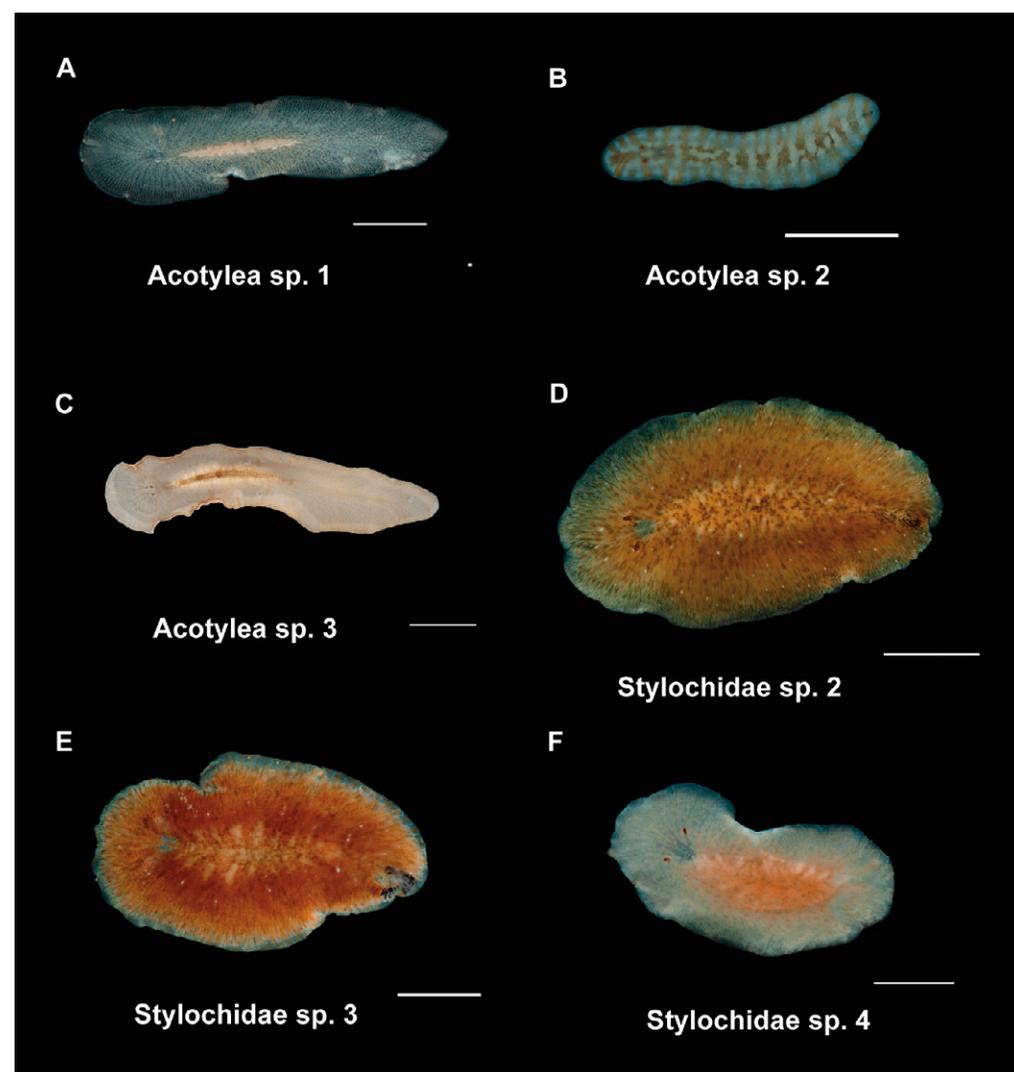


Figura 63. Potenciales especies nuevas de policládidos pertenecientes al suborden Acotylea. Escalas: A y C 3 mm, B 2 mm, el resto 5 mm.

## DISCUSIÓN

De las 24 especies de policládidos recolectadas en el Archipiélago de Revillagigedo, se identificaron nueve especies pertenecientes al suborden Acotylea y 15 al suborden Cotylea (Tabla XIV). Este es el primer estudio dirigido a conocer la riqueza de

especies de policládidos en el Archipiélago de Revillagigedo, en el que, para poder entender qué fue lo que se determinó que la diversidad de especies es mayor en el suborden Cotylea que en Acotylea. Sin embargo y de acuerdo con Rawlinson (2008), deben realizarse estudios ecológicos para determinar si la dominancia de especies pertenecientes al suborden Cotylea es por diferencias en la biología y ecología de ambos subórdenes o a un sesgo en el muestreo.

La diferencia en la riqueza de especies (2 spp.) previamente reportada para el Archipiélago de Revillagigedo por Hyman (1953), es menor a la registrada en este estudio (24 spp.). Es factible, que los muestreos previos no fueron dirigidos a los platelmintos, asimismo, por la falta de métodos fiables para la fijación y preservación de estos organismos.

La mayor riqueza de especies de policládidos en el Archipiélago de Revillagigedo fue registrada en Isla Clarión. Sin embargo, lo anterior no determina que exista una menor riqueza de especies en San Benedicto e Isla Socorro, esto podría deberse a la diferencia en el esfuerzo de muestreo, al tipo de hábitat muestreado en cada sitio (bloques, pared), a la ecología de las especies o a la naturaleza críptica de las mismas.

Para corroborar la presencia de *Marcusia ernesti* Hyman, 1953 y *Koinostylochus burchami* (Heath & McGregor, 1912) en Isla Clarión o en otras islas del Archipiélago, se deben consultar los holotipos de la especie y realizar los análisis morfológicos e histológicos a los organismos de este estudio, debido a que las descripciones originales se realizaron a partir de organismos preservados. Aquí se reporta por primera vez la presencia de *Notocomplana mexicana* (Hyman, 1953) en Isla Clarión y de *Pseudobiceros bajae* (Hyman, 1953) en Isla Clarión e Isla Socorro. Por lo tanto, el rango de distribución conocido de estas especies se amplía desde el Golfo de California al Archipiélago de Revillagigedo.

**TABLA XIV.** Lista de especies recolectadas en el Archipiélago de Revillagigedo. Todos los especímenes de hábitat rocoso.

Taxón	Isla	Localidad
<b>Suborden Acotylea Lang, 1884; Litvaitis et al., 2019</b>		
Acotylea sp. 1	San Benedicto	Las Cuevitas
Acotylea sp. 2	Clarión	Islote Sureste (Punta Este)
Acotylea sp. 3	Clarión	Barbas de Bin Laden
<b>Superfamilia Stylochoidea Poche, 1926</b>		
Familia Stylochidae Stimpson, 1857		
Stylochidae sp. 1	San Benedicto, Clarión	Punta Suroeste (Zoológico), Dedos de Lava, Islote Sureste (Punta Este), Herradura-Punta Faro
Stylochidae sp. 2	San Benedicto	Dedos de Lava
Stylochidae sp. 3	Clarión	Islote Sureste (Punta Este), Herradura-Punta Faro, Barbas de Bin Laden
Stylochidae sp. 4	Clarión	Islote Sureste (Punta Este)
<b>Familia Planoceridae Lang, 1884</b>		
<i>Planocera</i> sp. 1	San Benedicto, Clarión	El Boiler, Dedos de Lava, Las Cuevitas, Islote Sureste (Punta Este), Barbas de Bin Laden, Roca Cuervo
<b>Superfamilia Leptoplanoidea Faubel, 1983</b>		
<b>Familia Notocomplanidae Litvaitis, Bolaños &amp; Quiroga, 2019</b>		
<i>Notocomplana mexicana</i> (Hyman, 1953)	Clarión	Barbas de Bin Laden, Punta Suroeste
<b>Suborden Cotylea Lang, 1884; Litvaitis et al., 2019</b>		
<b>Familia Boniniidae Bock, 1923</b>		
<i>Boninia</i> sp.	Clarión	Islote Sureste (Punta Este)
<b>Familia Cestoplanidae Lang, 1884</b>		
Cestoplanidae sp.	Clarión	Barbas de Bin Laden
<b>Familia Pericelidae Laidlaw, 1902</b>		

Taxón	Isla	Localidad
<i>Pericelis</i> sp. 1	San Benedicto, Clarión	Punta Suroeste (Zoológico), Islote Sureste (Punta Este), Herradura-Punta Faro
<i>Pericelis</i> sp. 2	Clarión	Islote Sureste (Punta Este), Herradura-Punta Faro
<i>Pericelis</i> sp. 3	Clarión, Socorro	Islote Sureste (Punta Este), Herradura-Punta Faro, Barbas de Bin Laden, Punta Tosca
<b>Familia Pseudocerotidae Lang, 1884</b>		
<i>Phrikoceros</i> sp.	San Benedicto, Clarión	Fondeadero, Punta Suroeste (Zoológico), Dedos de Lava, Cuevitas, Barbas de Bin Laden
<i>Pseudoceros</i> sp.	Clarión	Islote Sureste (Punta Este)
<i>Pseudobiceros baja</i> e (Hyman, 1953)	Clarión, Socorro	Caleta norte, Punta Tosca
<i>Pseudobiceros</i> sp. 1	San Benedicto, Clarión	Dedos de Lava, Islote Sureste (Punta Este), Herradura-Punta Faro, Roca Cuervo
<i>Pseudobiceros</i> sp. 2	Clarión	Herradura-Punta Faro
<i>Thysanozoon</i> sp.	San Benedicto	Dedos de Lava
<b>Familia Euryleptidae Stimpson, 1857</b>		
Euryleptidae sp.	San Benedicto	Punta Suroeste (Zoológico)
<b>Familia Prosthiostomidae Lang, 1884</b>		
Prosthiostomidae sp. 1	Clarión	Islote Sureste (Punta Este)
Prosthiostomidae sp. 2	Clarión	Barbas de Bin Laden
Prosthiostomidae sp. 3	Clarión	Roca Cuervo

**TABLA XV.** Lista de especies de gusanos planos policládidos registradas en las distintas islas del Archipiélago de Revillagigedo.

\*: posible especie no descrita (nueva para la ciencia). R: especímenes en revisión.

Archipiélago de Revillagigedo			
Taxón	Isla Clarión	Isla San Benedicto	Isla Socorro
Suborden Acotylea Lang, 1884; Litvaitis et al., 2019			
Acotylea sp. 1 *		x	
Acotylea sp. 2 *	x		
Acotylea sp. 3 *	x		
<i>Notocomplana mexicana</i> (Hyman, 1953)	x		
<i>Planocera</i> sp. R		x	
Stylochidae sp. 1 R	x		
Stylochidae sp. 2 *	x	x	
Stylochidae sp. 3 *		x	
Stylochidae sp. 4 *	x		
Suborden Cotylea Lang, 1884; Litvaitis et al., 2019			
<i>Boninia</i> sp. R	x		
Cestoplanidae sp. *	x		
<i>Euryleptidae</i> sp. R		x	
<i>Pericelis</i> sp. 1 R	x	x	
<i>Pericelis</i> sp. 2 *	x		
<i>Pericelis</i> sp. 3 R	x		x
<i>Phrikoceros</i> sp. 1 *	x	x	
Prosthiostomidae sp. 1 *	x		
Prosthiostomidae sp. 2 *	x		
Prosthiostomidae sp. 3 R	x		
<i>Pseudobiceros baja</i> e (Hyman, 1953)	x		x
<i>Pseudobiceros</i> sp. 1 R	x	x	
<i>Pseudobiceros</i> sp. 2 *	x		
<i>Pseudoceros</i> sp. *	x		
<i>Thysanozoon</i> sp. *		x	

## CONCLUSIONES

Se incrementa el número de especies de policládidos en el Archipiélago de Revillagigedo de dos a 24 especies. De confirmarse la presencia de *Marcusia ernesti* Hyman, 1953 y *Koinostylochus burchami* (Heath & McGregor, 1912) en Isla Clarión, 22 especies son nuevos registros para la zona. La riqueza de especies de policládidos es mayor en el suborden Cotylea (15 especies) que en el suborden Acotylea (9 especies). Finalmente, se registra por primera vez la presencia de *Notocomplana mexicana* (Hyman, 1953) y *Pseudobiceros baja*e (Hyman, 1953) en el área de estudio, incrementando su rango de distribución desde el Golfo de California al Archipiélago de Revillagigedo.

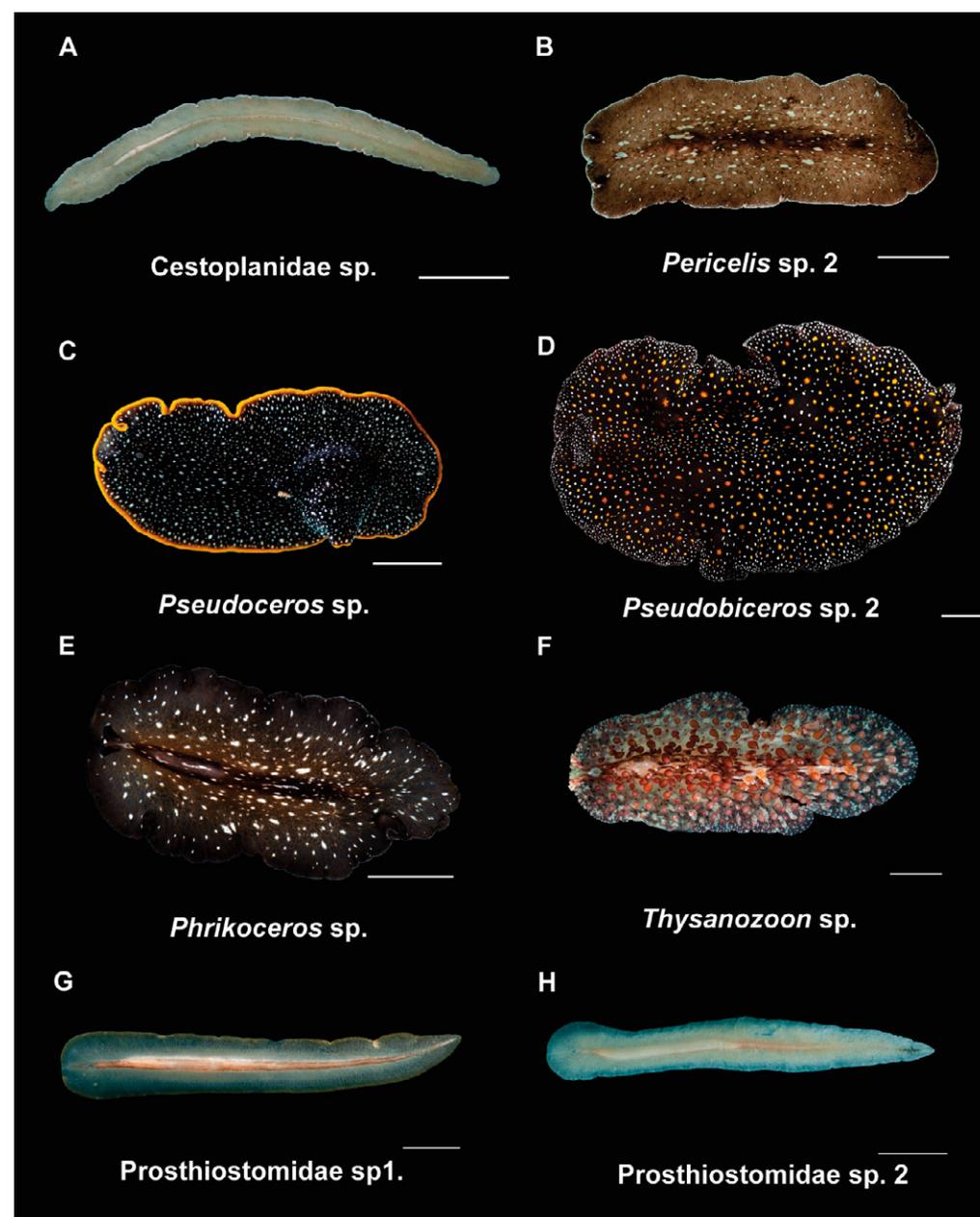


Figura 64. Potenciales especies nuevas de policládidos pertenecientes al suborden Cotylea. Escalas: A 2 cm, F 3 mm, el resto 5 mm.

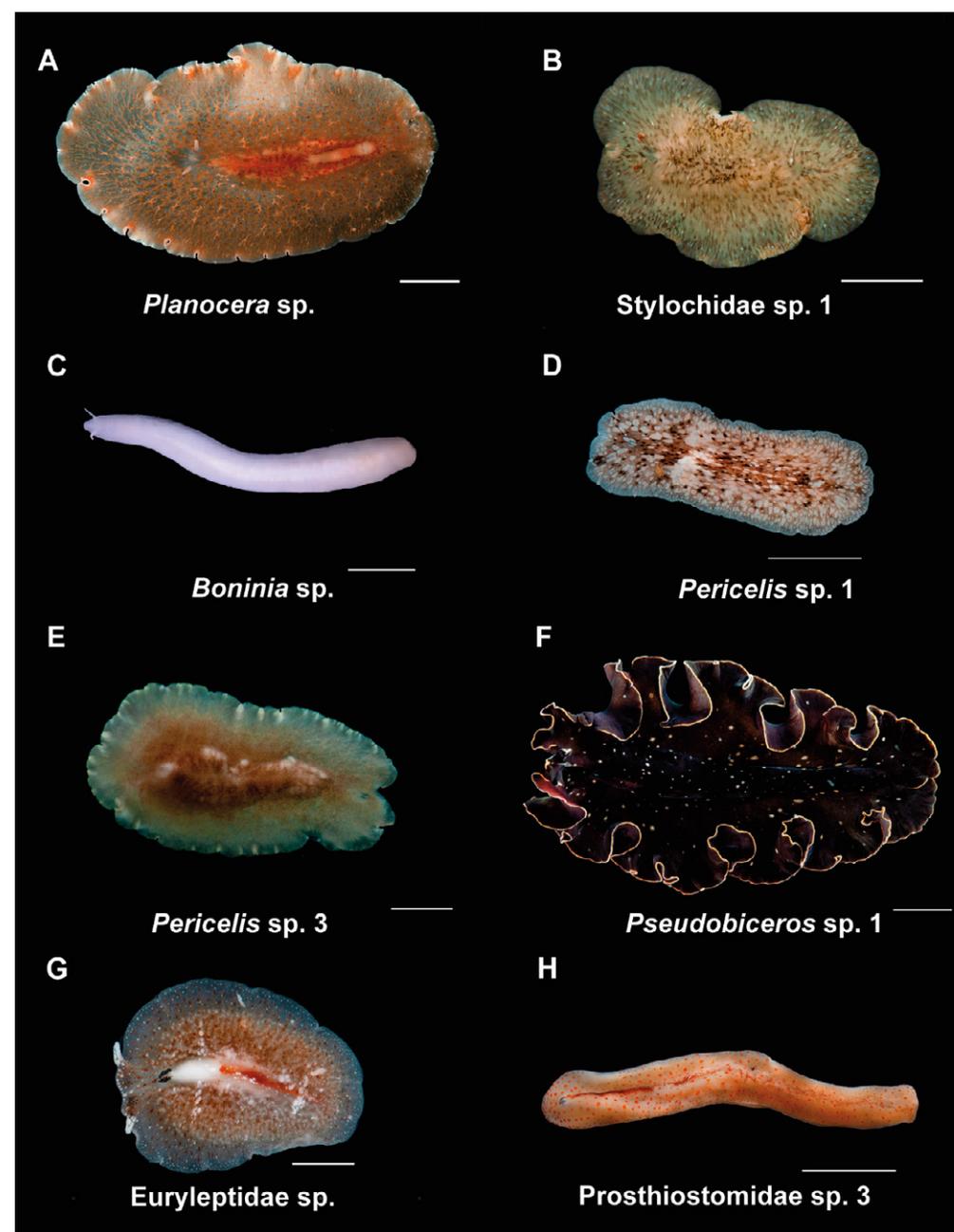


Figura 65. Especies de policládidos que deben ser examinados para determinar si son especies nuevas o especies nominales. Escalas: C y G 3 mm, el resto 5 mm.

## CAPÍTULO VII

# DIVERSIDAD DE BACTERIAS Y POTENCIAL MICROBIOLÓGICO ASOCIADA A ESPONJAS MARINAS Y CORALES ABANICOS DE MAR

---

### DIRECTORA DE PROYECTO:

Anidia Blanco Jarvio<sup>1</sup>

### COLABORADORES:

Andrea Bautista García<sup>1</sup>, Carolina Galván Tirado<sup>2</sup>  
y Carlos A. Sánchez Ortiz<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México.

<sup>2</sup>Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México.

## INTRODUCCIÓN

En el ambiente las poblaciones bacterianas interactúan y la abundancia y diversidad de estas comunidades está mediada por los recursos disponibles y por las condiciones del entorno (Brock et al. 2015). Los flujos de reciclaje entre los diferentes ciclos biogeoquímicos se dan por acción microbiana en los ecosistemas, siendo los marinos reservorios de diversos compuestos que son utilizados y asimilados (Falkowski et al 2008). Aunque la actividad microbiana ejerce una gran influencia sobre los ecosistemas, aún existen muchos vacíos de información en los diferentes ecosistemas. En el caso de la presente propuesta nos enfocaremos en los “sistemas”; biomineralizantes, como octocorales y/o esponjas. La formación de los sistemas mineralizantes están asociados a condiciones físico-químicas, climáticas y geológicas particulares que están asociadas a la presencia de una gran variedad de microorganismos halófilos y halotolerantes (Oren et al., 2016), los cuales cuentan con adaptaciones bioquímicas y fisiológicas que les permiten tolerar diversas condiciones (Hollister et al., 2010; Javor, 2012). Por lo que resulta de gran interés conocer la diversidad de linajes microbianos que habitan sistemas, describir los roles que desempeñan en modelar y modificar la geoquímica de estos ambientes, así como entender los factores que influyen en los patrones de distribución y composición.

## ANTECEDENTES

Actualmente nuestro grupo de investigación Biotecnología, Innovación y Ciencias Ambientales (BICA) de la UABCS, ha abordado el estudio de los sistemas mineralizantes y biomineralizantes desde un enfoque interdisciplinario que aborda distintos ejes y ha involucrado diferentes aproximaciones. El conocimiento y experiencia obtenidos durante estos años nos han permitido sentar las bases para el planteamiento de hacer de manera dirigida el aislamiento y la obtención de cepas bacterianas con diversos potenciales biotecnológicos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, no son claras las rutas metabólicas responsables de llevar a cabo el flujo de elementos principales (N, P, S, entre otros) en muchos sistemas, incluyendo las esponjas y octocorales, sobre todo, se desconoce qué microorganismos metabólicamente activos son responsables del reciclaje de dichos nutrientes. La estabilidad del microbioma en sistemas biomineralizantes y la presencia de grupos de procariontes que participan en diferentes ciclos biogeoquímicos, sugiere que los integrantes de estos consorcios microbianos con diferentes habilidades metabólicas llevan a cabo un funcionamiento coordinado y complementario que garantiza el óptimo crecimiento del holobionte (esponja y/o octocorales) incluso en condiciones adversas (Schink, 2002; Kato y Watanabe, 2010; Bernstein et al., 2012). Conocer más mediante aislados microbianos sobre la manera en que funcionan sistemas minerales por acción geológica y biológica podría ser fundamental en términos biotecnológicos, desde una aplicación acuícola relacionados con problemáticas de mineralización (nacar, concha, perla, etc) de diferentes moluscos hasta estrategias, de biorremediación para suelos salinos y/o inclusive alternativas médicas.

## OBJETIVO

Aislar y caracterizar bacterias con potencial biotecnológico de sistemas mineralizantes de esponjas marinas y corales abanicos de mar del Archipiélago de Revillagigedo

## METODOLOGÍA

Se desarrollaron aislamientos microbianos a partir de muestras de diversos organismos mineralizantes (Figura 66. Muestras de esponjas y corales abanicos de mar mineralizantes obtenidas del Archipiélago de Revillagigedo durante abril de 2023.). Octocorales, corales abanicos de mar caracterizados: *Pacificorgia* sp.4 (Isla Socorro, amarilla); *Muricea* sp. 13 (semejante a *M. austera*), *Muricea* sp. 11 (Roca Partida, enana), *Muricea* sp. 14 (semejante a *M. planataginea*), *Pacificorgia* sp. 8 (Isla Clarión, roja) y *Pacifi-*

*gorgia* sp. 9 (Isla Clarión, amarilla). Porifera, Demospongiae, Verongiida: *Aplysina* sp.8 (Amarilla de Pristine seas), *Aplysina revillagigedi*, *Aplysina* sp.10 (Roca Partida, amarilla) y *Aplysina* sp.11 (Isla Clarión, amarilla)

Para aislar las bacterias de las muestras recolectadas, aproximadamente 4 g se mezclaron en buffer salino, se trituraron y se agitaron por 10 minutos utilizando un agitador vórtex. El sobrenadante y diluciones seriadas, con un factor de dilución en base 10, se cultivaron en placas con agar nutritivo diluido al tercio (Figura 67). Las placas se mantuvieron en incubadora a 37°C durante 24 horas. Las colonias se transfirieron al mismo medio hasta ser purificadas.

## RESULTADOS PARCIALES

Se hicieron siembras y se caracterizaron 159 colonias de esponjas y octocorales (Tabla S15), de estas actualmente se tiene la purificación de 14 cepas bacterianas.

**TABLA XVI.** Purificación de cepas bacterianas y organismos de donde fueron aisladas.

Organismo de donde se aisló	Número de cepa
<i>Pacifigorgia</i> sp.4 (Isla Socorro amarilla)	1.1
<i>Pacifigorgia</i> sp.4 (Isla Socorro)	1.2
<i>Pacifigorgia</i> sp.4 (Isla Socorro)	1.4
<i>Aplysina</i> sp.8 (Amarilla Pristine seas)	2.4
<i>Muricea</i> sp. 13 (semejante a <i>M. austera</i> )	3.2
<i>Muricea</i> sp. 13 (semejante a <i>M. austera</i> )	3.5
<i>Aplysina revillagigedi</i>	4.1
<i>Aplysina revillagigedi</i>	4.2B
<i>Aplysina revillagigedi</i>	4.3
<i>Aplysina revillagigedi</i>	4.4
<i>Aplysina revillagigedi</i>	4.6
<i>Muricea</i> sp. 11 (Roca Partida, enana)	5A.10
<i>Muricea</i> sp. 14 (semejante a <i>M. plantaginea</i> )	5A.19
<i>Aplysina</i> sp.10 (Roca Partida, amarilla)	6.4

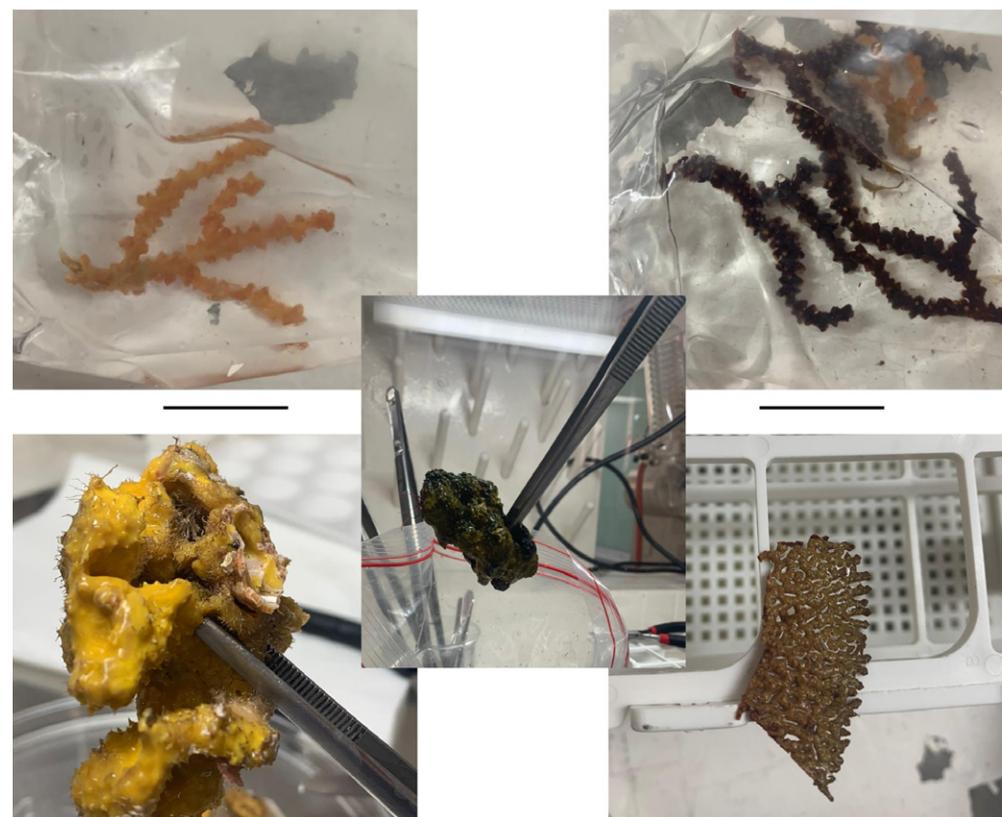


Figura 66. Muestras de esponjas y corales abanicos de mar mineralizantes obtenidas del Archipiélago de Revillagigedo durante abril de 2023.

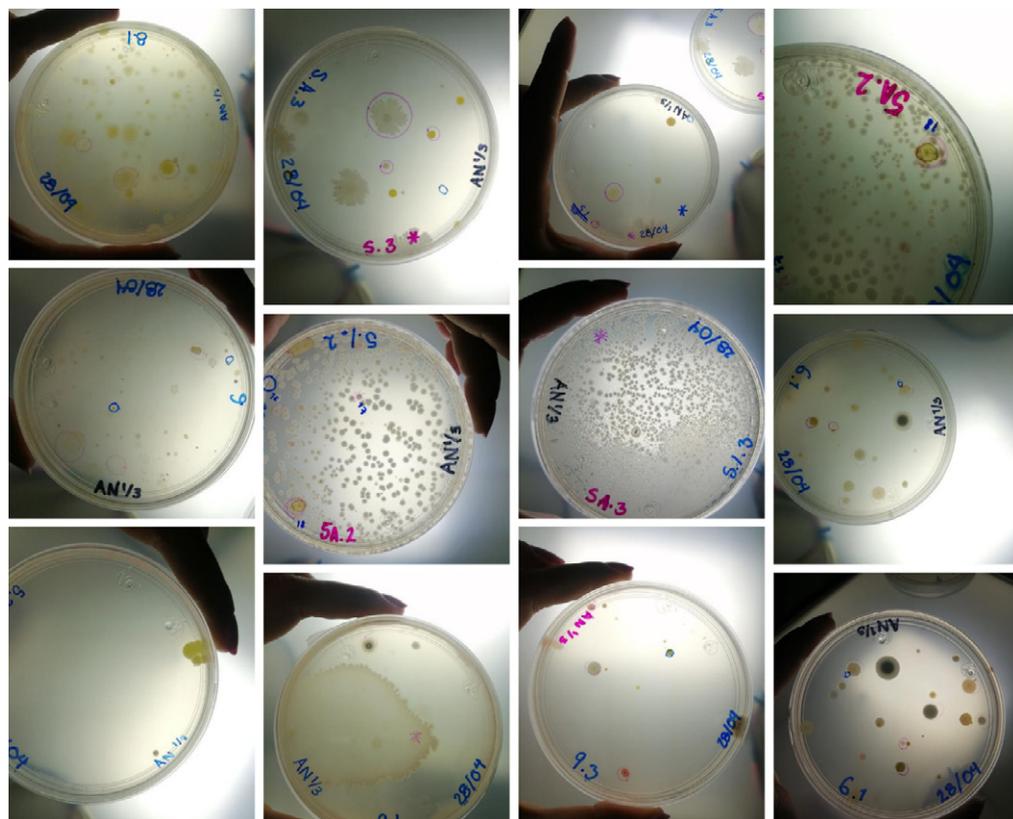


Figura 67. Aislamientos microbianos

## CAPÍTULO VIII

# DIVERSIDAD DE HONGOS MARINOS ASOCIADOS A PLAYAS Y CORALES ABANICOS DE MAR

### DIRECTORA DE PROYECTO:

María del Carmen González<sup>1</sup>

### COLABORADORES:

Carlos A. Sánchez Ortiz<sup>2</sup> y Eduardo Camacho Tejeda<sup>1,2</sup>



<sup>1</sup>Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Zona Deportiva s/n. C. U. Coyoacán, 04510, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México.

## RESUMEN

El Archipiélago de Revillagigedo posee un registro de 18 hongos terrestres, siendo desconocida la diversidad de hongos marinos. De acuerdo con Hughes (1975), los hongos marinos de pequeñas islas son de extremo valor para entender la ecología del grupo. Debido a la localización remota y aislada del Archipiélago, los distintos ecosistemas costeros y marinos que posee, la gran biodiversidad y alto índice de endemismo, es de suma importancia determinar la diversidad de hongos marinos asociados a octocorales y arena de las playas. En el mes de marzo de 2022, se colectaron 7 muestras de arena en la Isla Clarión, así como cinco muestras de *Pacifigorgia* spp. y cinco de *Muricea* sp. en la Isla Socorro y Clarión. De las muestras de arena se colocaron un grano en cada uno de los viales con agua esterilizada y se agitaron por 30 segundos. Posteriormente con una pipeta se inocularon 2 microlitros de suspensión de cada submuestra en el centro de placas de agar que se incubaron de 7 a 14 días a una temperatura de 25 °C. Las muestras de coral se procesaron por la metodología modificada de Morrison-Gardiner (2002), se inocularon cuatro fragmentos de una especie de coral y después se incubaron a una temperatura de 25°C de 7 a 14 días en placas con medio V8A. Los hongos coralinos y arenícolas se aislaron durante su incubación para su posterior identificación microscópica y macroscópica. El proyecto se encuentra en la fase de aislamiento, esto debido a que siguen apareciendo hongos nuevos cuando se aíslan, y algunos aislamientos fúngicos presentan crecimientos lento, lo cual abre la posibilidad de descubrimiento de nuevos taxa y metabolitos para bioprospección, ampliando el conocimiento de la diversidad de hongos en México.

## INTRODUCCIÓN

Desde el descubrimiento de los hongos marinos y los beneficios al ecosistema y su bio-prospección, el número de estudios se ha incrementado sobre diversidad de hongos marinos en islas dada su localización extrema, diversidad genética y bioquímica. Por tanto, son un recurso importante para investigar. Los estudios de

la diversidad micótica son muy variables a lo largo de los ecosistemas marinos y costeros de diferentes islas. La diversidad de hongos saprobiontes es similar al de las líneas de costa insulares, a pesar de que estas islas se encuentren en locaciones extremas, no obstante, esta diversidad se encuentra regida por las diferentes zonas de temperaturas. En contraste los hongos marinos endémicos tienen mayor probabilidad de encontrarse siendo parásitos o simbioses de plantas o animales marinos (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979).

Los hongos marinos son una parte fundamental de la microbiota que habita en los ecosistemas porque brindan servicios ecosistémicos y constituyen un eslabón esencial en la cadena trófica y los ciclos biogeoquímicos. El potencial del uso de este recurso mico-microbiológico, como consecuencia del desconocimiento de su biología, permanece inexplorado en gran parte. En nuestro país son pocas las contribuciones que se han realizado del grupo de hongos marinos. El Archipiélago de Revillagigedo, región sin explorar, cuenta con un registro de 18 hongos terrestres. La falta de conocimiento sobre los hongos marinos, su localización remota y aislada del continente, los distintos ecosistemas que posee, costas arenosas, rocosas y arrecifes, la gran biodiversidad y alto endemismo la hacen un sitio de importancia para el descubrimiento de nuevos taxa y análisis de la diversidad de hongos marinos.

## ANTECEDENTES

En el océano Atlántico se han estudiado las islas de Cuba (Gonzalez *et al.* 2003), Martinica (Kohlmeyer, 1981), Trinidad y Tobago, Islas Vírgenes (Kohlmeyer, 1980; Kohlmeyer, 1984). En el Pacífico las islas estudiadas son Aldabra y Galápagos (Kohlmeyer y Volkmann-Kohlmeyer 1987), Hawaii (Kohlmeyer y Volkmann-Kohlmeyer, 1989), Australia (Hyde, 1990; Kohlmeyer y Volkmann-Kohlmeyer 1991), Islas Sargao en Filipinas (Besituloa *et al.* 2002), Nueva Zelandia (Lintott y Lintott, 2002). En el océano Índico se ha estudiado a Seychelle (Hyde y Jones 1989), Sumatra e Indonesia

(Hyde, 1989); Pirotan y otras islas en India (Borse *et al.* 2000; Prasannarai y Sridhar, 2001; Ananda y Sridhar, 2003), y Singapur (Tan, 2002; Tan *et al.* 1989).

En México el estudio de los hongos marinos en islas se ha enfocado al estudio de hongos arenícolas en las Islas del mar Caribe y hongos coralicolas en islas Marietas del océano Pacífico. Hernández-Castillo (2002) para su tesis estudió las playas de la Bahía Ixmápoli en Isla Contoy, registrando nueve especies de hongos arenícolas. Vélez *et al.* (2014) estudiaron los hongos arenícolas de cinco playas de la isla de Cozumel, encontrando en total siete especies de Ascomycetes. García-Martínez *et al.* (2021) se registraron 20 especies de hongos en los manglares, siendo 19 nuevos registros para México. Medina-Ortiz (2005; 2008) estudió la diversidad de hongos en los abanicos de mar de las Islas Marietas en Nayarit, registrando 45 hongos coralicolas.

## OBJETIVO

Determinar la diversidad de hongos marinos asociados a corales abanicos de mar (octocorales) y la arena de las playas del Archipiélago de Revillagigedo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo Hongos Arenícolas

El muestreo de los hongos arenícolas se realizó en la playa de la Isla Clarión, con una cuchara de plástico esterilizada se recolectaron 7 muestras con 20 gramos de arena y se colocó la muestra en bolsas ZipLock. En el Laboratorio de Micología Marina y Agua Dulce del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, la arena de playa fue procesada en viales, donde a cada vial se le colocó un gramo de arena con 10 mililitros de agua esterilizada. Los viales se agitaron en el agitador Diager Vortex por 30 segundos. Con una pipeta se inoculó 2 microlitros de la suspensión en el centro de una placa de agar. Las muestras se incubaron de 7 a 14 días a una temperatura de 25 °C. Posteriormente se revisaron las cajas Petri

y cuando se detectó un crecimiento fúngico, se procedió a aislar el crecimiento en cultivos puros con medio de cultivo V8A.

### Muestreo Hongos Coralinos

Para el muestreo de los hongos asociados a los abanicos de mar se modificó la metodología Morrison-Gardener (2002). El muestreo se realizó en el Archipiélago Revillagigedo, en la Isla Clarión e Isla San Benedicto, por medio de buceo autónomo, donde se extrajeron cinco muestras de *Pacifigorgia sp.* y cinco de *Muricea sp.* Los abanicos de mar permanecieron en una pecera hasta su desembarque donde se trasladaron en bolsas para congelar con cierre hermético para su posterior procesamiento en el Laboratorio de Micología Marina y Agua Dulce del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las muestras en el laboratorio se procesaron por la metodología modificada de Morrison - Gardiner (2002). Cada una de las muestras se cortó en fragmentos de 1 cm de alto por 1 cm de ancho. Los fragmentos de coral se desinfectaron superficialmente con un tratamiento de etanol, hipoclorito de sodio y agua de mar estéril. En cajas Petri con medio V8 Agar se inocularon cuatro fragmentos de una especie de coral y después se incubaron a una temperatura de 25°C de 7 a 14 días. Durante la incubación se examinaron diariamente las cajas Petri para localizar el desarrollo de crecimiento micótico. Los inóculos que presentaron crecimiento se aislaron en cajas Petri con medio de V8 agar hasta un aislamiento puro.

## IDENTIFICACIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA

Para identificar macroscópicamente a los hongos arenícolas y coralicolas se transfirieron a medios de cultivo específicos para su caracterización morfológica. Se describieron las características de los cultivos, color, tamaño y textura. Para la caracterización microscópica se emplearon técnicas de microscopía utilizando un microscopio estereoscópico, donde se analizaron las estructuras reproductivas que los componen.

Figura 68. Procesamiento de las muestras de *Pacifigorgia* spp.

## RESULTADOS PRELIMINARES

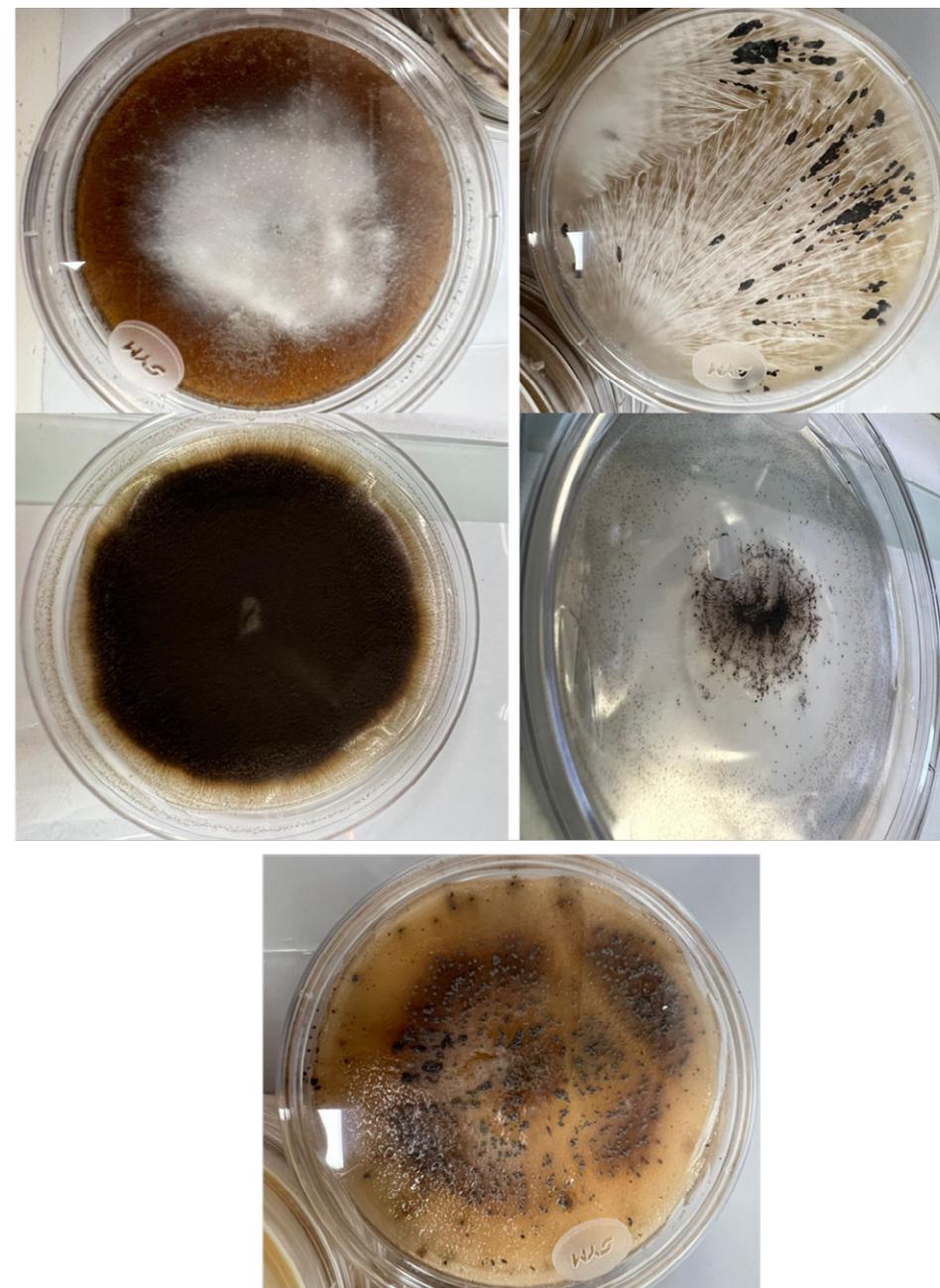


Figura 69. Aislamiento de los hongos arenícolas de las playas de Isla Clarión

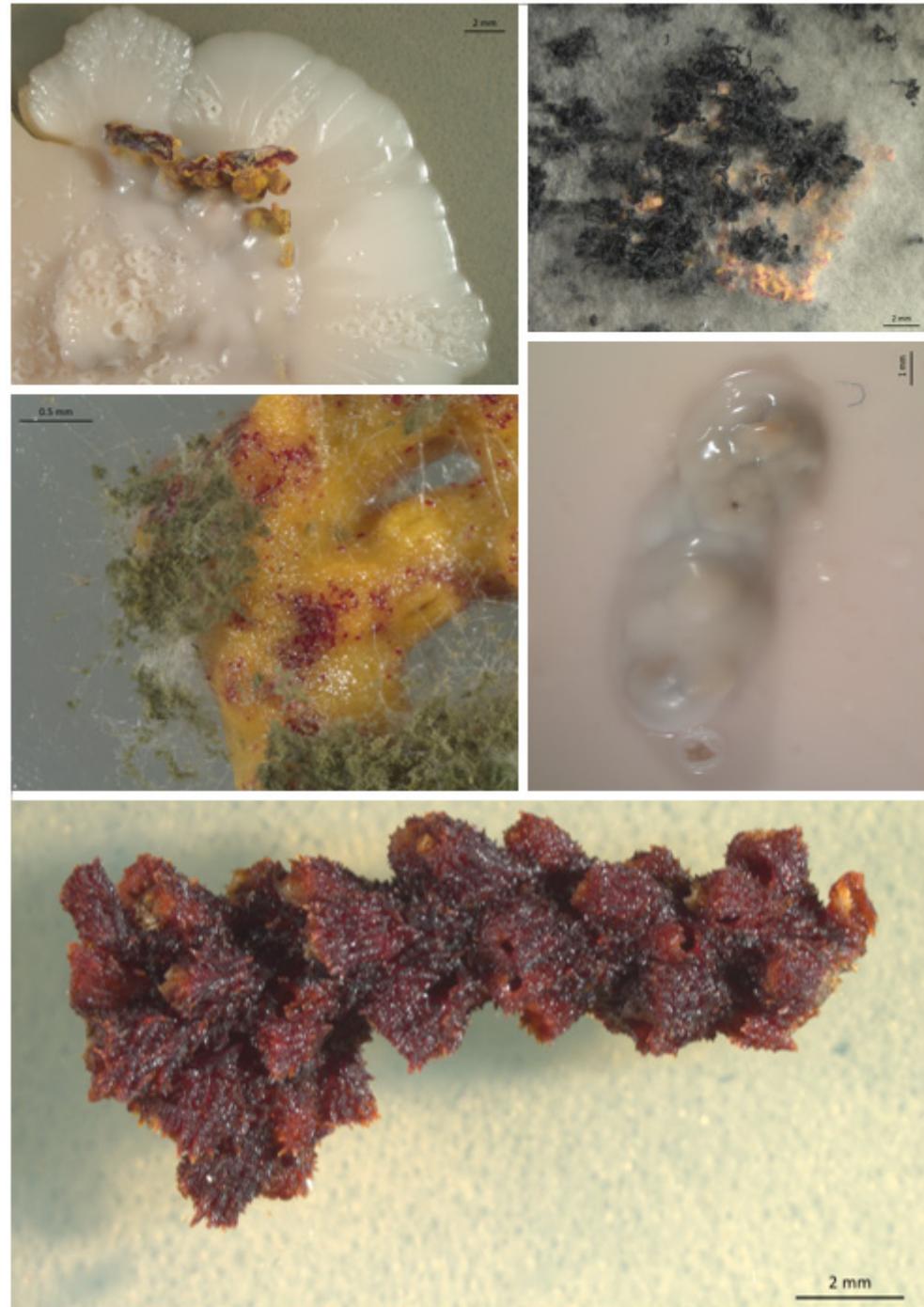


Figura 70. Hongos creciendo sobre abanicos de mar en V8A a los 15 días.

## CONCLUSIÓN

La finalidad del proyecto es determinar la diversidad de hongos arenícolas y coralinos del Archipiélago, actualmente se encuentra en la fase de aislamiento (40%), esto debido que al aislar los hongos siguen apareciendo nuevos crecimientos de distintos hongos, además hay aislamientos fúngicos con crecimiento lento, dichos factores nos abren la posibilidad de descubrir nuevas taxa y ampliar el conocimiento de la diversidad de hongos en México.

CAPÍTULO IX

ESTADO DE SALUD DE LAS  
COLONIAS CORALINAS  
DEL PARQUE NACIONAL  
REVILLAGIGEDO: DETECCIÓN DE  
AMENAZAS

---

DIRECTORA DEL PROYECTO:

Jenny Carolina Rodríguez Villalobos<sup>1,2</sup>

PARTICIPANTES EN LA EXPEDICIÓN:

Arturo Ayala Bocos<sup>2</sup>

José Carlos Fernando San Esteban Belmar<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Avenida Instituto Politécnico Nacional S/N,  
Playa Palo de Sta. Rita, 23096 La Paz, B.C.S.

<sup>2</sup>ECO: Ecosistemas y Conservación, Proazul Terrestre A.C., La Paz, B.C.S. México.

## INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad de los arrecifes coralinos ante las condiciones ambientales actuales es más que evidente, su persistencia en gran parte de su área de distribución está en riesgo. Su destrucción ante diversos impactos incrementa en intensidad y extensión con el paso del tiempo (Pandolfi et al. 2003, 2005, Jackson et al. 2014). Lo anterior es aún más impactante en consideración con la importancia que representan estos ecosistemas desde el punto de vista ecológico y económico, pues para millones de personas son fundamentales en relación con la diversidad de servicios ambientales que prestan.

Para nadie es un secreto que los arrecifes de coral son ecológicamente fundamentales. Actúan como áreas nodrizas brindando protección a gran número de individuos juveniles de casi todos los phyla marinos, debido a la alta variedad de hábitats estables que ofrecen para el asentamiento de la vida marina (Prahly y Erdhart 1985; Hardy et al. 1992; INVEMAR 2003), proporcionan protección a las costas al actuar como barreras naturales contra eventos climáticos, lo cual viven de manera “cotidiana” en el Pacífico mexicano donde se localiza el Parque Nacional Revillagigedo. En este lugar son pocos los estudios realizados para conocer el estado de salud de los individuos dentro de los arrecifes, sin embargo bajo las condiciones actuales, es importante identificar las amenazas a la estabilidad del ecosistema y la detección de cambios en éste a lo largo del tiempo y a partir de una línea base.

En el Pacífico mexicano se han realizado estudios evaluando el estado de salud de las colonias coralinas encontrando una prevalencia promedio del 42% de individuos afectados por algún tipo de lesión, principalmente aquellas asociadas con sobrecrecimiento de material no coralino (Rodríguez-Villalobos et al, 2016) y pérdida de tejido asociada principalmente con la depredación (Rodríguez-Villalobos et al, 2015), aunque también se ha reportado la presencia del síndrome blanco y la potencialidad ambiental de su distribución dentro de diversas localidades incluyendo el PN Revillagigedo (Rodríguez-Villalobos et al., 2022).

De igual manera otra de las amenazas reportadas para los arrecifes en el Pacífico continental mexicano es la estrella *Acanthaster planci*, conocida como estrella corona de espinas, que depreda de manera masiva sobre los corales, causando un desequilibrio general sobre los arrecifes coralinos. Se ha observado su aumento tanto en densidad como en la actividad coralívora confirmándose su estado de outbreak en algunos arrecifes del Golfo de California (Rodríguez-Villalobos y Ayala-Bocos, 2018, 2021). Evaluar la población de la estrella y la depredación de ésta sobre las colonias coralinas en el PN Revillagigedo es una necesidad actual para conocer la condición de los arrecifes. En este trabajo, por lo tanto, se presenta a manera de línea base un primer reporte del estado de salud de las colonias de coral escleractinio en el Parque Nacional Revillagigedo.

## JUSTIFICACIÓN

El presente plan de monitoreo propone obtención de información de base importante y relevante desde el punto de vista biológico y ecológico que justifican su ejecución. De inicio, la compilación del estado de salud de las colonias del Archipiélago de Revillagigedo, se traducirá en un gran avance en nuestro conocimiento sobre el estado natural de las comunidades de las únicas islas oceánicas de clima tropical existentes en el Pacífico de México y de la influencia que pudiera o no tener la intervención humana teniendo como referencia la poca actividad antropogénica de tipo urbana e industrial en la zona. Finalmente, también hay que considerar que dado que las Revillagigedo son un punto clave para la llegada de especies desde el Pacífico central, es muy probable que durante las visitas al campo podamos detectar la presencia de especies que pudiesen ser considerados amenazas para la fauna local, tales como la estrella corona de espinas *Acanthaster planci*, que si bien no es una especie introducida, puede poner en riesgo la fauna coralina dentro de los ecosistemas arrecifales altamente aislados del archipiélago.

Desde la perspectiva del manejo y la conservación, es importante definir las líneas base cualitativas (presencia y tipo de lesiones encontradas), y cuantitativas (prevalencia y frecuencia de ocurrencia de lesiones tanto por interacción ecológica como por enfermedad) para el seguimiento de las condiciones de las comunidades marinas y costeras de las islas. Ambas representan insumos de gran utilidad para cumplir los mandatos del Programa de manejo, para efectuar futuras actualizaciones a dicho documento a partir de la creación del Parque, e incluso para determinar eventualmente la eficiencia de las políticas empleadas por los manejadores. Por esas razones, el plan de monitoreo de línea base aquí propuesto puede ser instrumental para la protección eficiente de los ecosistemas marinos mejor desarrollados en el oeste del país.

## METODOLOGÍA

Establecimiento del estado de salud coralino: Lesiones y enfermedades en corales escleractinios

El estado de salud de las colonias de coral escleractinio presentes en el Parque Nacional Revillagigedo, se evaluó en cada sitio, a partir de buceo autónomo (SCUBA) por medio de transectos de banda de 20m de largo por 3m de ancho paralelos a la línea de costa para preservar un mismo perfil de profundidad el cuál se encontraba entre 7 y 25 metros, siguiendo la metodología utilizada para el estudio de salud de corales escleractinios del Pacífico Oriental Tropical (Rodríguez Villalobos et al., 2014) y la Guía de Identificación de lesiones y enfermedades en corales del Pacífico Oriental Tropical (Rodríguez-Villalobos 2022). Se visitaron en total 15 sitios dentro de las cuatro islas que componen el Archipiélago (Tabla XVII).

De manera comparativa con los individuos sanos, se definieron los individuos afectados por lesiones comprendidas dentro de las categorías enlistadas en la Tabla XIII.

TABLA XVII. Sitios de Monitoreo durante la expedición Científica 2023 al Parque Nacional Revillagigedo

Isla	Sitio	Intervalo de profundidad (m)
<b>San Benedicto</b>	Fondeadero	18 - 20
	El Boiler	17 - 22
	Punta Norte	10 - 20
	Punta Sur Oeste	12 - 20
	El Cañón	22 - 23
	Cuevitas	9- 19
<b>Clarión</b>	Barba de Bin Laden	13 - 14
	Punta Este	16 - 26
	Punta Sur Oeste	11 - 19
	Piedra Caleta	11- 20
	Punta Faro	8 - 22
	Punta Noreste	10 - 18
	Roca Monumento	8 - 21
<b>Roca Partida</b>	Roca Partida	15 - 25
<b>Socorro</b>	Punta Tosca	17 - 22

Se contaron los individuos sanos y lesionados para estimar la prevalencia (proporción de individuos afectados dentro de la población o comunidad \*100) de la lesión y la frecuencia de ocurrencia de la misma (proporción de sitios donde se presenta determinada condición dentro de un área de estudio particular \*100).

Las lesiones identificadas se fotografiaron, siempre que las condiciones lo permitieron, con una cámara para la alta definición de las características de la afectación.

**TABLA XVIII.** Categorías y tipo de lesiones observadas en corales escleractinios durante la Expedición Científica 2023 Parque Nacional Revillagigedo

Categoría	Tipo		
	Mortalidad	Total: MT	Partial MP
	Daño mecánico	Fragmentación	Divers: FB
	Deformidad esquelética	Tumores, Cangrejos gall, tubícolas (verméticos o poliquetos)	
	Sobrecrecimiento	Algas, esponjas, mejillones, octocorales, balanos	
	Cambio de Coloración	Blanqueamiento, reacción de pigmentación (línea rosa, puntos azules, rosa, blancos), banda rosa	
	Pérdida de tejido	Depredación	Síndrome blanco

### DEPREDACIÓN POR *Acanthaster planci*

Para la estimación del impacto de depredación a lo largo de los transectos se contaron las colonias de coral y categorizaron en sanas o lesionadas. Las heridas causadas por la estrella fueron diferenciadas de acuerdo con el tiempo probable de evolución, entre agudas (esqueleto blanco desnudo, no sobrecrecido por algas) y subagudas (esqueleto sobrecrecido por algas). Los individuos de las estrellas se midieron (diámetro de disco) y se caracterizaron de acuerdo con su comportamiento de alimentación. Adicionalmente en buceo errante se contaron los individuos observados, se midió el diámetro de su disco y se caracterizó el estado de su alimentación, así como su alimento o el sustrato sobre el cuál se encontraba la estrella.

## RESULTADOS

Tras la visita a las cuatro islas del Archipiélago, se evaluó el estado de salud de 1249 individuos pertenecientes a 12 especies de cuatro géneros de corales escleractinios (Tabla XIX). Se encontró una prevalencia general de 83% de individuos afectados por algún tipo de lesión contemplada dentro de las cinco categorías mencionadas en la Tabla XVIII.

**TABLA XIX.** Estado de salud de las colonias de especies de corales escleractinios observadas en el el Parque Nacional Revillagigedo durante la Expedición Científica 2023.

Especie	Lesionado	Sanos
<i>Pavona gigantea</i>	58	18
<i>Pocillopora damicornis</i>	3	0
<i>Pocillopora effusus</i>	22	2
<i>Pocillopora eydouxi</i>	127	29
<i>Pocillopora meandrina</i>	324	64
<i>Pocillopora verrucosa</i>	327	64
<i>Pocillopora woodjonesi</i>	6	1
<i>Porites</i> sp.		1
<i>Porites lutea</i>		1
<i>Porites panamensis</i>	5	4
<i>Porites lobata</i>	158	31
<i>Psamocora</i> sp.	3	1
Total	1033	216

### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS LESIONES EN EL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

En el Archipiélago, considerando todos los sitios visitados, se presentaron valores altos de prevalencia de lesiones, superando el umbral del 50% en todas las islas (Figura 71. Prevalencia general de lesiones observadas en corales escleractinios del Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023).

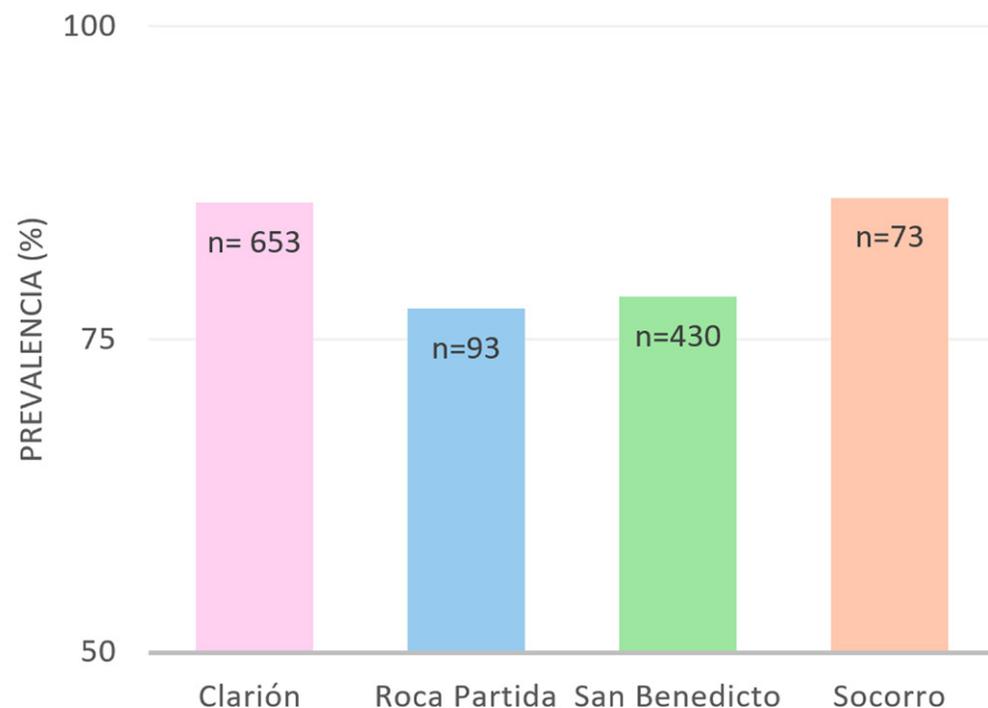


Figura 71. Prevalencia general de lesiones observadas en corales escleractinios del Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023.

La mayor prevalencia de lesiones se registró en Isla Clarión y Socorro, donde el 86% de los individuos ( $n = 653$  y  $n = 30$ ) resultó afectado por algún tipo de lesión (Figura 72). Vale la pena señalar que en Socorro solamente se visitó el sitio Punta tosca. Dentro de la isla Clarión, los valores de prevalencia oscilaron entre el 59 y el 94% en Herradura Punta Faro y en Barbas de Bin Laden, respectivamente (Figura 72).

En San Benedicto, los valores más bajos de lesiones se observaron en el sitio Fondeadero con una prevalencia del 47% y los más altos se registraron en Punta Suroeste donde el 90% de los individuos resultaron afectados (Figura 73).

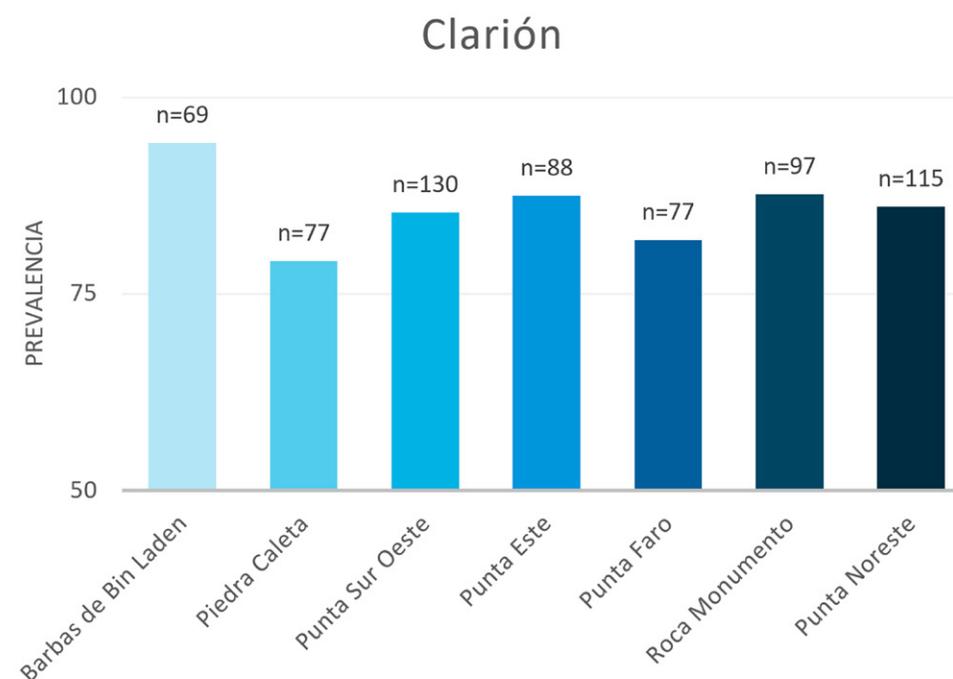


Figura 72. Prevalencia general de lesiones observadas en corales escleractinios dentro de Isla Clarión en el Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023.

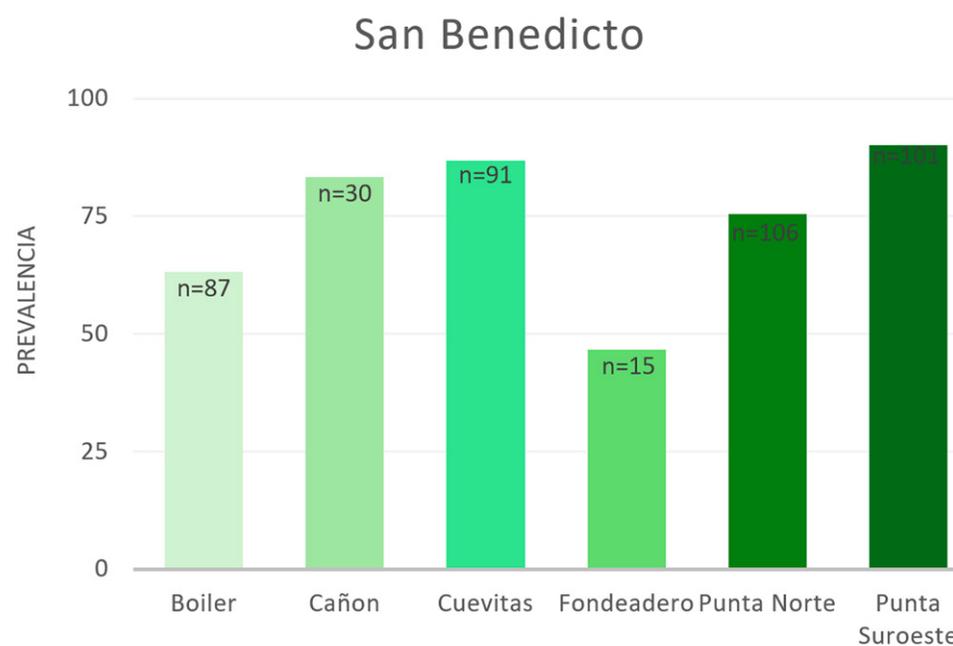


Figura 73. Prevalencia general de lesiones observadas en corales escleractinios dentro de Isla San Benedicto en el Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023.

## CATEGORÍAS Y TIPOS DE LESIONES OBSERVADAS EN LOS CORALES

En las colonias observadas se contabilizaron un total de 1888 lesiones. Es importante mencionar que las lesiones no son mutuamente excluyentes por lo que una colonia puede presentar más de un tipo de lesión en ella. Dentro de las categorías de lesión (Tabla XVIII) la más comúnmente observada fue el sobrecrecimiento de material pigmentado de origen no coralino con 857 observaciones (Figura 74).

El material no coralino que sobrecrece los corales en Revillagigedo es altamente diverso reportándose principalmente algas, de éstas se pudieron observar de los tres grupos conocidos: verdes, rojas y pardas. El grupo más sobresaliente por ser el más comúnmente observado fue el alga verde que se presentó en 493 observaciones seguida por las algas pardas con 336 ocurrencias. Además de las algas, se pudo observar el sobrecrecimiento por esponjas, balanos, alga coralina articulada e incrustante, cianobacterias y octocorales en mucha menor proporción (Figura 75).

La mortalidad es la segunda causa de afección a la salud reportada en las colonias de coral escleractinio en el Parque Nacional Revillagigedo. Se observaron 307 casos de mortalidad parcial, es decir alguna parte de la colonia presentaba signos de mortalidad del tejido y 61 casos de mortalidad total de la colonia (Figura 76).

La pérdida de tejido en los corales fue la tercera categoría de lesión observada en el Parque Nacional Revillagigedo (Figura 77). Esta pérdida de tejido se asoció principalmente con la depredación por peces (185 casos) y por la estrella corona de espinas (119 casos). Es importante mencionar que solamente se observaron dos casos de síndrome blanco en las especies *Pocillopora verrucosa* y *P. meandrina*. También se reportaron algunos casos de depredación, pero no se pudo definir el agente causante de esta actividad (50 casos).

La deformidad esquelética de la cual se observaron 207 casos estuvo representada principalmente por el crecimiento de cangrejos llamados "gall crabs" que crean sus guaridas en las colonias de coral, generando un cambio en la esqueletogénesis coralina (Figura 78). También se reportaron 32 casos de tubícolas (verméticos y poliquetos) y dos casos de tumores.

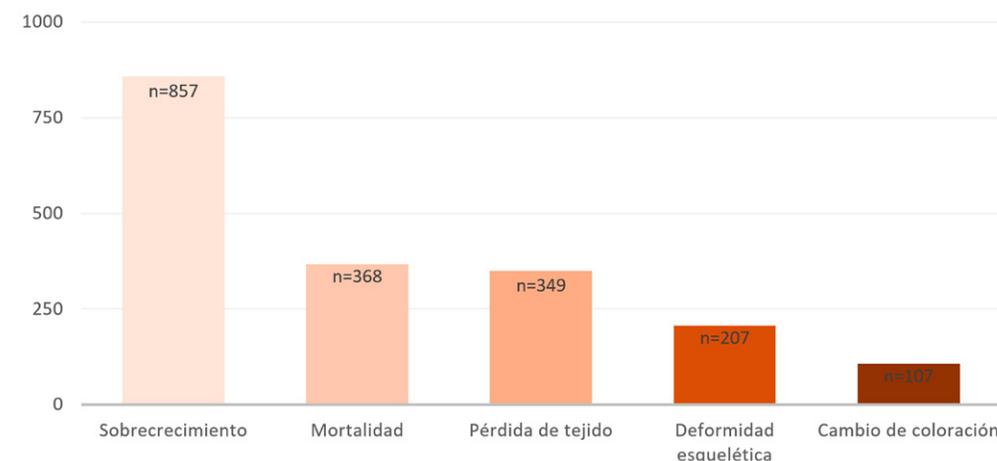


Figura 74. Categorías de lesiones observadas en las colonias coralinas del Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023.

Finalmente, el cambio de coloración (Figura 79) estuvo principalmente representado por los casos de empaldecimiento de las colonias que se observó en 46 ocasiones junto con la enfermedad conocida como síndrome de la línea rosa en colonias masivas del género *Porites* que se vio en 27 individuos (Figura 80) y la pérdida de coloración rosa que fue observada en 13 colonias. Los casos restantes estuvieron asociados con pérdida de coloración azul (18 casos) y puntos azules (6 casos, Figura 80).

## FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LESIONES

La mortalidad y el sobrecrecimiento se observaron en las cuatro islas dentro de los 15 sitios visitados. Mientras la pérdida de tejido y el cambio de coloración fueron las categorías que presentaron una menor ocurrencia espacial, estando ausentes en Fondeadero de Isla San Benedicto. Por su Parte la pérdida de tejido no se presentó tampoco en Fondeadero (Figura 81. Frecuencia de ocurrencia de lesiones en las colonias de coral escleractinio en el Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023).

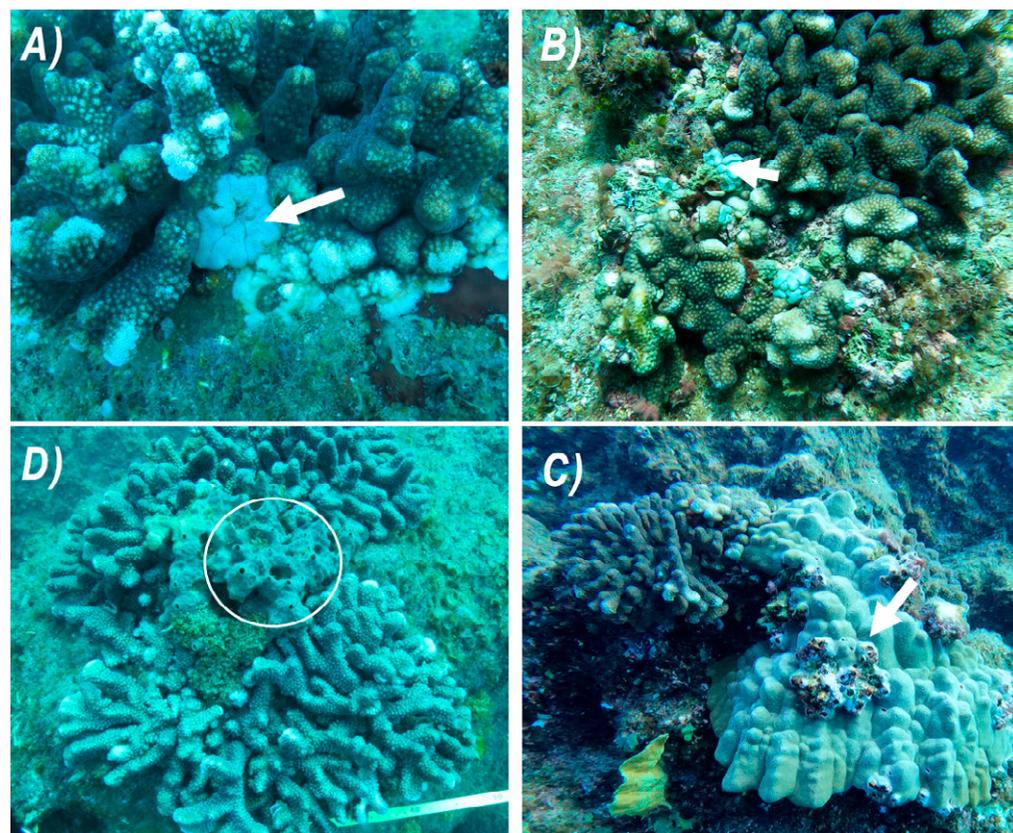


Figura 75. Sobrecrecimiento por material no coralino en colonias de coral escleractinio en el Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023. **A y B**). Alga verde *Dityosphaeria versluysii* sobre *Pocillopora* spp. (flecha **C**). esponja sobre *Pocillopora* spp. (círculo **D**). Balanos sobre *Pavona* sp. (flecha)

### PREVALENCIA DE LESIONES EN LAS COMUNIDADES DE CORAL ESCLERACTINIO

En isla Clarión, las prevalencias de las 10 especies (653 individuos) de coral escleractinio observadas oscilaron entre 50 y 100% de los individuos afectados. Las especies *Psammocora* sp. y *Porites panamensis* fueron las que presentaron un menor número de lesiones mientras que *Pavona gigantea*, *Pocillopora damicornis* y *P. woodjonesi* fueron las más afectadas dentro de la comunidad (Figura 82).



Figura 76. Mortalidad parcial en colonia de coral escleractinio.

En Roca Partida (Figura 83), se observaron y diagnosticaron 93 individuos de cuatro especies de coral escleractinio, reportándose las mayores prevalencias en *Pocillopora eydouxi* (95.23%) y las más bajas en *P. verrucosa* (66.6%).

En la Isla San Benedicto, se diagnosticaron 430 individuos de 10 especies. Las prevalencias oscilaron entre 0 y 100%. Las poblaciones de *Porites* sp. y *P. lutea*, no presentaron individuos afectados por ninguna lesión, mientras que la totalidad de individuos observados de *Psammocora* sp. y *P. eydouxi*, se observaron afectados por algún tipo de lesión morfológica (Figura 84).

Finalmente, en isla Socorro se diagnosticaron 73 individuos de cinco especies de coral escleractinio. *P. eydouxi* presentó la prevalencia poblacional más baja con 66% mientras que en *P. woodjonesi* y *P. verrucosa*, 100% de los individuos resultaron afectados por algún tipo de lesión morfológica (Figura 85).

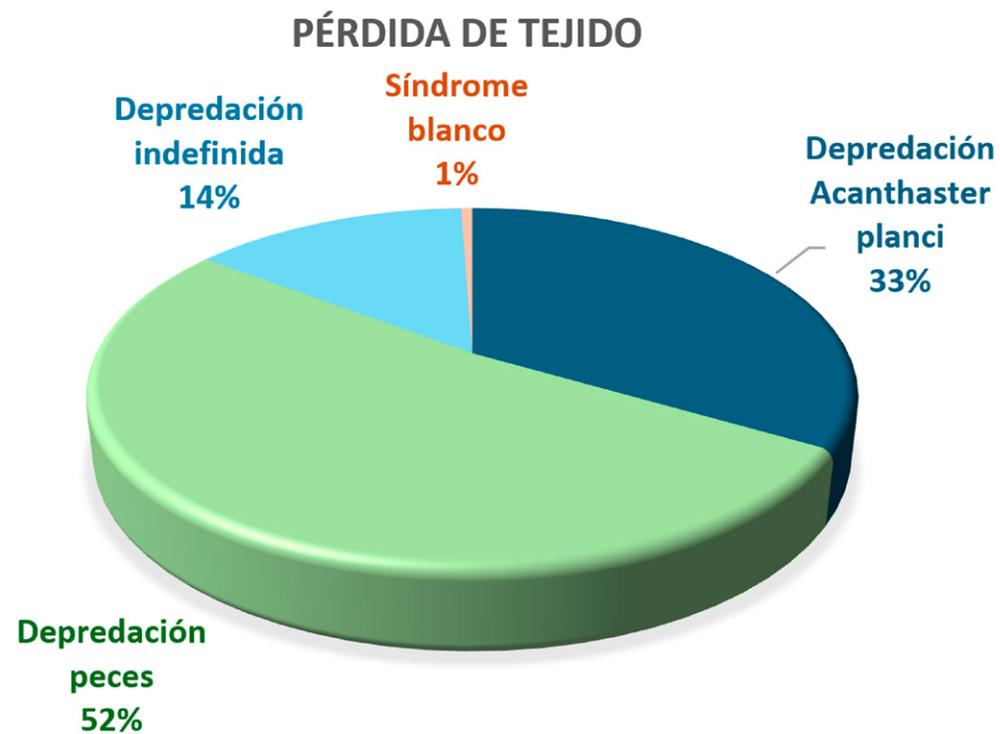


Figura 77. Lesiones asociadas con la pérdida de tejido en colonias de coral escleratinio en el Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023.

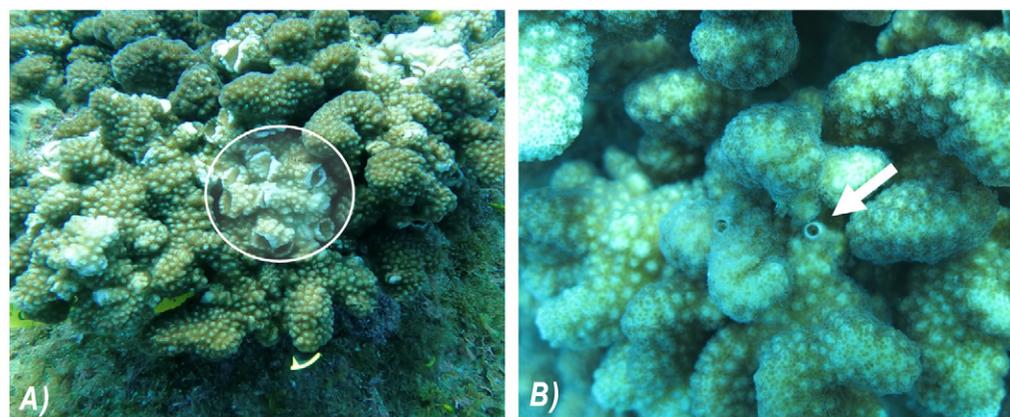


Figura 78. Deformación esquelética originada por el crecimiento de (A, círculo) cangrejos tipo gall y (B, flecha) por poliquetos tubícolas en colonias de *Pocillopora* spp.

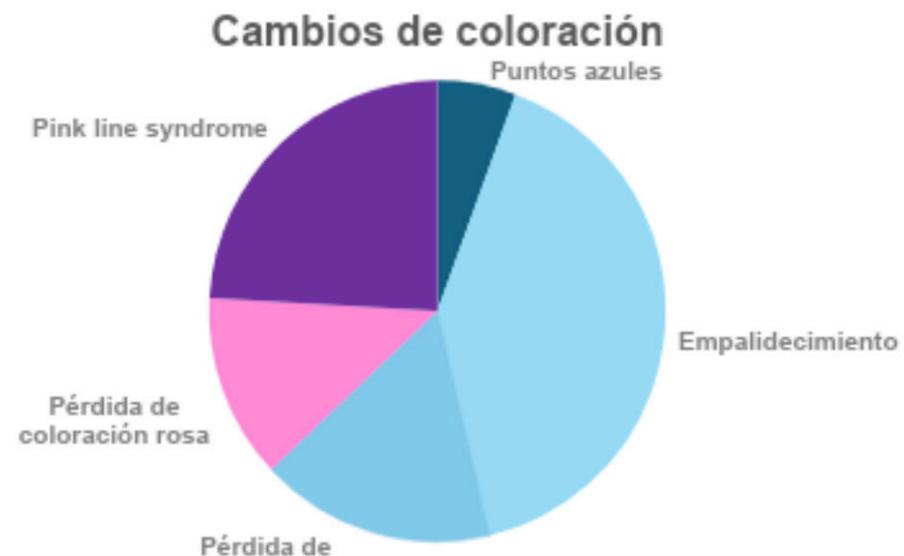


Figura 79. Casos de cambio de coloración observados en las colonias de coral escleractinio en el Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023.

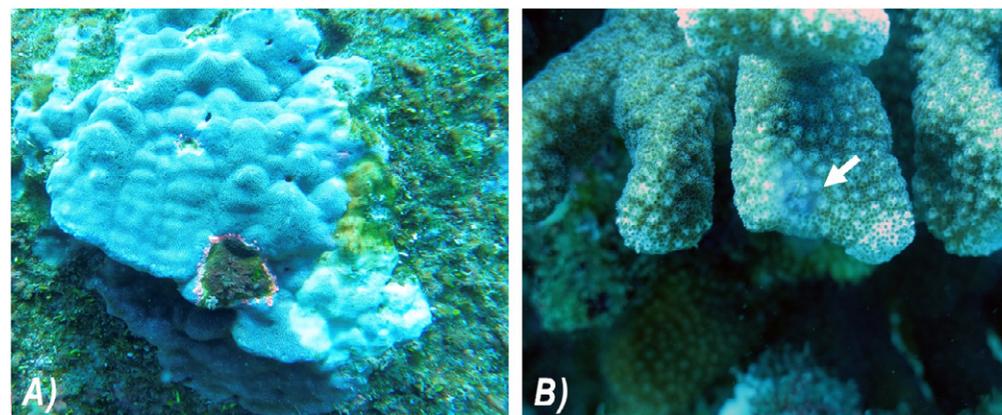


Figura 80. Ejemplos de lesiones asociadas con cambio de coloración en el tejido. **A)** enfermedad del síndrome de la línea rosa, **B)** puntos azules (flecha)

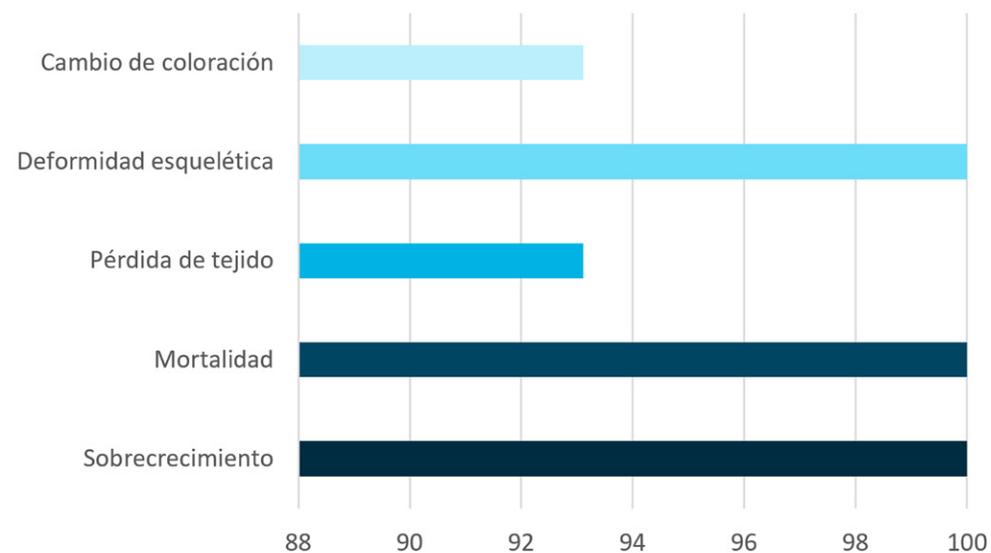


Figura 81. Frecuencia de ocurrencia de lesiones en las colonias de coral escleractinio en el Parque Nacional Revillagigedo durante la expedición de abril de 2023.

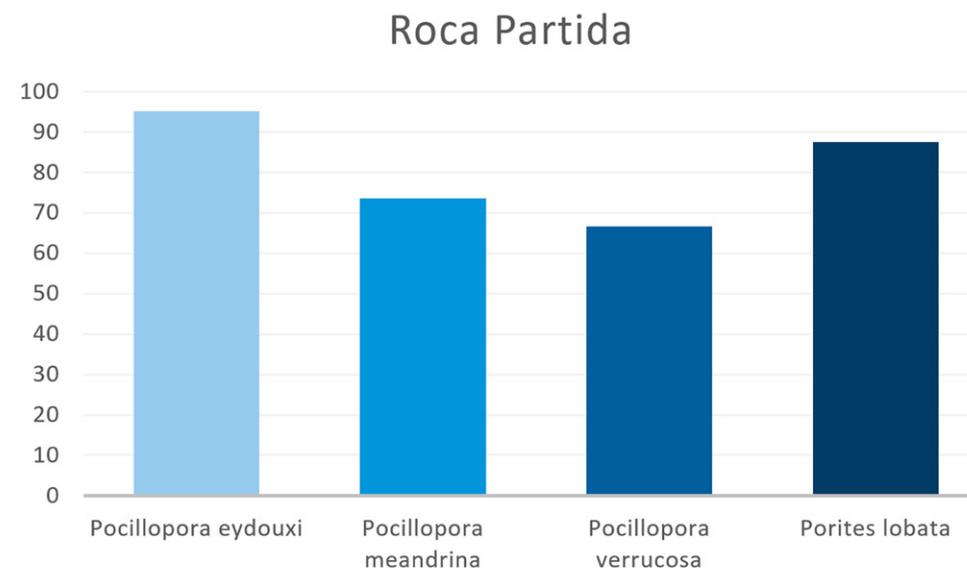


Figura 83. Prevalencia poblacional de lesiones en las colonias de coral escleractinio en Roca

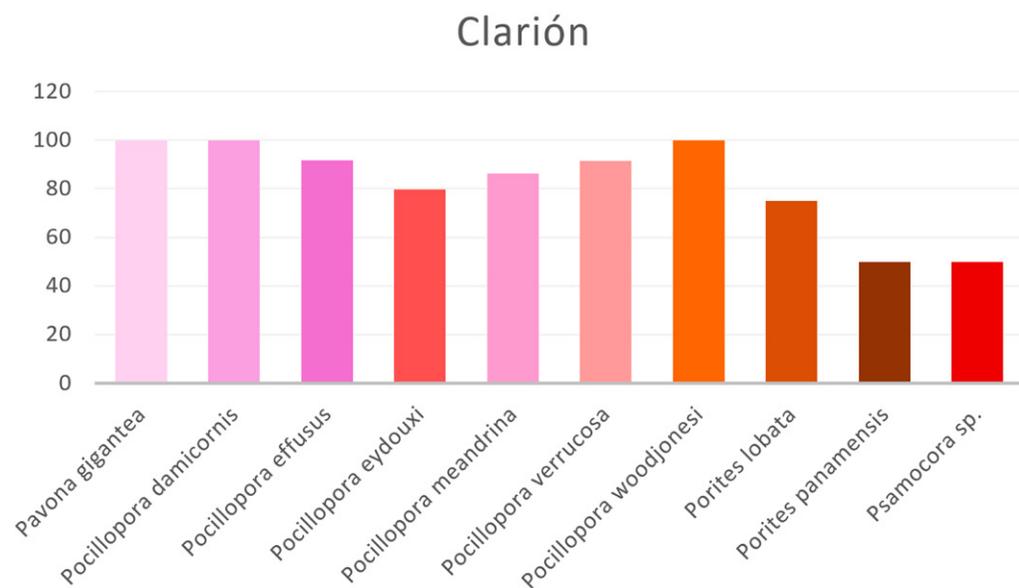


Figura 82. Prevalencia poblacional de lesiones en las colonias de coral escleractinio en Isla Clarión, Parque Nacional Revillagigedo, durante la expedición de abril de 2023.

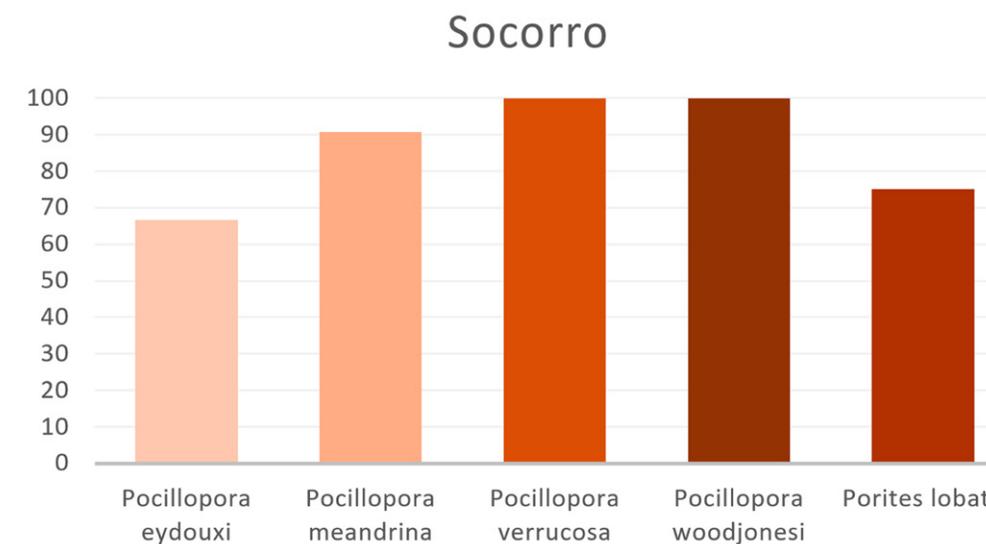


Figura 84. Prevalencia poblacional de lesiones en las colonias de coral escleractinio en Isla San Benedicto, Parque Nacional Revillagigedo, durante la expedición de abril de 2023.

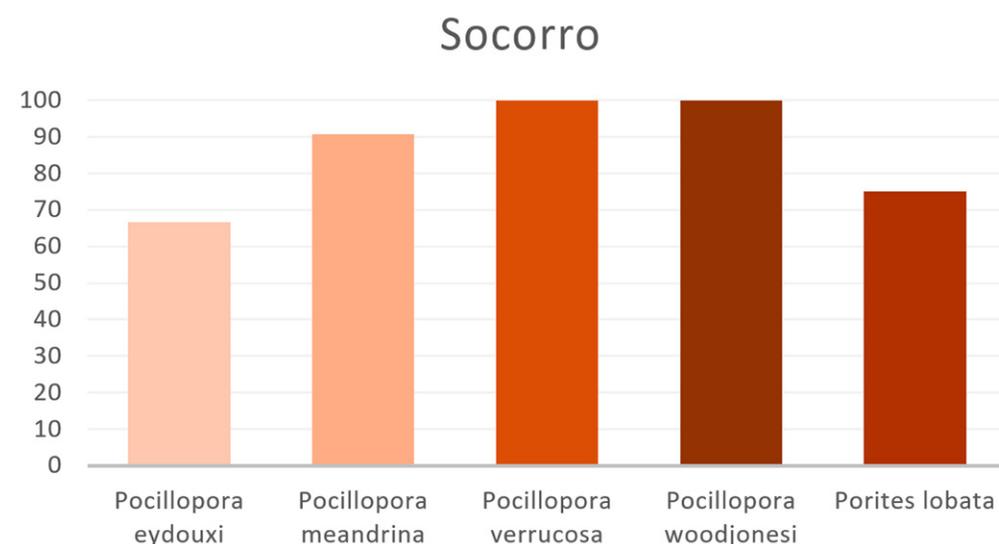


Figura 85. Prevalencia poblacional de lesiones en las colonias de coral escleractinio en Isla Socorro, Parque Nacional Revillagigedo, durante la expedición de abril de 2023.

## DEPREDACIÓN POR LA ESTRELLA CORONA DE ESPINAS

### *Acanthaster planci*

Durante los censos visuales se observaron un total de 44 individuos. Es importante mencionar que estas estrellas se observaron durante los buceos y no necesariamente sobre los transectos realizados para el análisis del estado de salud de las colonias coralinas. La mayoría de los individuos presentó tallas entre los 10 y 12 cm de diámetro de disco, con muy pocos individuos mayores de 15 cm y menores de 7 (Figura 86).

Del total de las 44 estrellas, el 65% se encontraban alimentándose, la mayoría de ellas de colonias de *Pocillopora* (n=17), seguida de *Porites* (n=7), *Pavona* (n=4) y coral blando (n=1). Dentro de los transectos, solamente se lograron observar 19 individuos de *A. planci* durante toda la expedición, registrándose una densidad promedio que osciló entre 16.66 y 50 individuos / hectárea. Los mayores valores se presentaron Punta Norte y el Boiler, en Isla San Benedicto.

Respecto al impacto sobre la salud de los individuos, la depredación activa de la estrella es evidente. Se contabilizaron un total de 233 colonias depredadas por *A.*

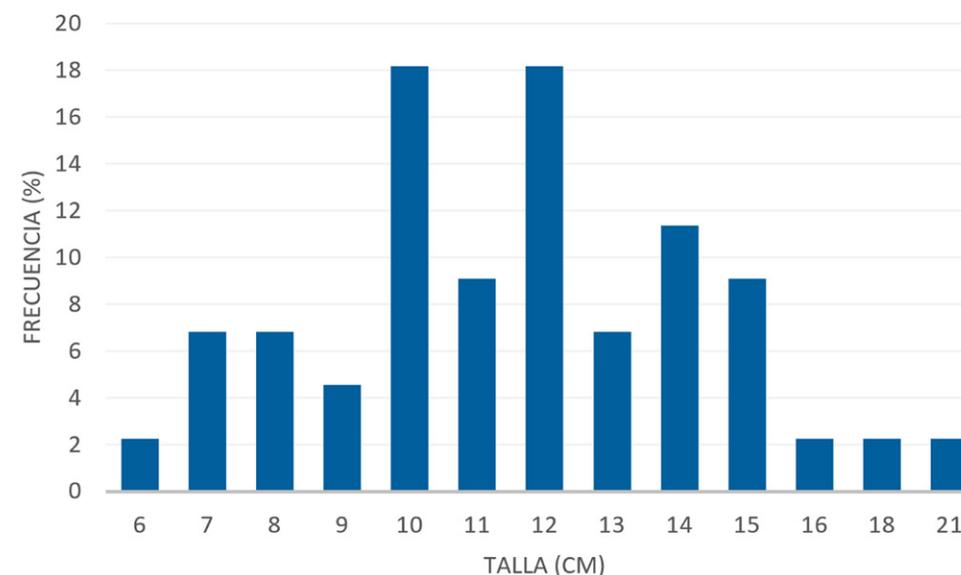


Figura 86. Frecuencia de talla de los individuos de *Acanthaster planci* observados durante los buceos errantes en el Parque Nacional Revillagigedo, durante la expedición de abril de 2023.

*planci*, de las cuáles 73% correspondían a lesiones de tipo agudo, lo cual indica que la pérdida de tejido ocurrió horas antes de la observación (Figura 87).

Respecto a la distribución espacial, se observa que en Clarión y San Benedicto es donde hay una mayor actividad coralívora por parte de la estrella pues es donde las heridas agudas fueron más comunes, mientras que, en Socorro, las heridas subagudas fueron las predominantes (Figura 88).

Finalmente, con relación a la preferencia coralina, observamos que se presentó una mayor cantidad de lesiones agudas en colonias de *Pocillopora verrucosa*, *Porites lobata* y *P. meandrina* (Figura 89).

## DISCUSIÓN

La generación de conocimiento a nivel de línea base es útil como una referencia antes de implementar medidas de manejo, pero además se realiza idealmente previo a que ocurra una perturbación natural o de origen humana. Conceptualmente este tipo de estudios es realizado sobre poblaciones o comunidades que no han

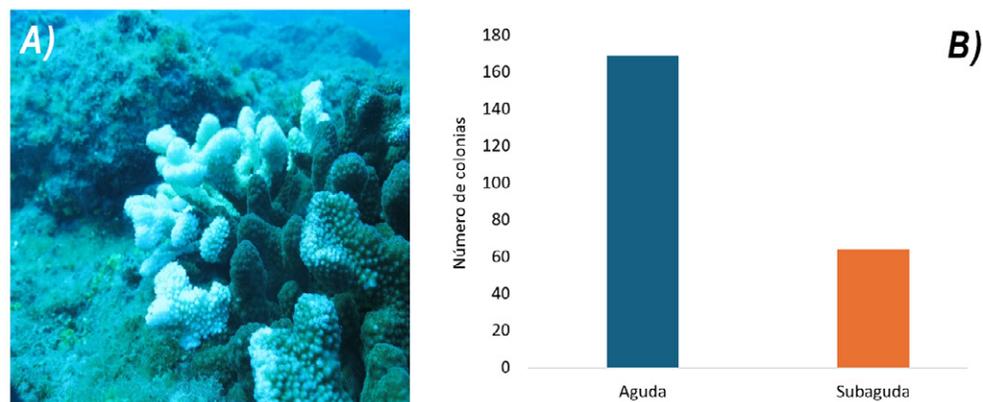


Figura 87. **A)** Pérdida de tejido aguda por depredación por *Acanthaster planci* **B)** Tiempo de evolución de las lesiones de depredación de *A. planci* observadas en el Parque Nacional Revillagigedo, durante la expedición de abril de 2023.

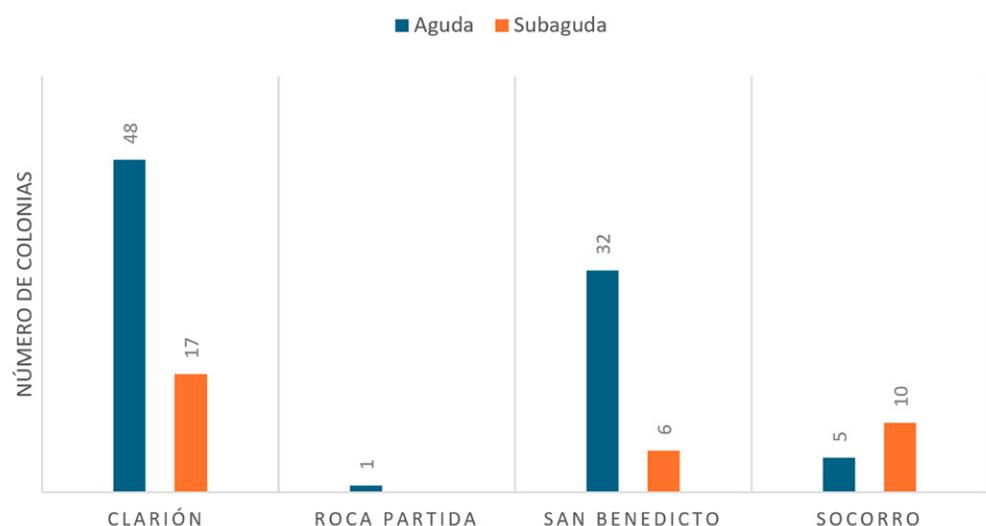


Figura 88. Tiempo de evolución de las lesiones de depredación de *Acanthaster planci* en las cuatro islas del Parque Nacional Revillagigedo, durante la expedición de abril de 2023.

presentado mayores perturbaciones, aunque en muchas ocasiones, éste se realiza sobre ecosistemas que ya presentan ciertos tipos de modificaciones (Bruno et al., 2014). En el caso particular que nos ocupa, el Parque Nacional Revillagigedo, presenta cierto grado de perturbación relacionada principalmente con actividades de tipo turístico, pero al ser un área remota y con regulaciones concedidas por ser un

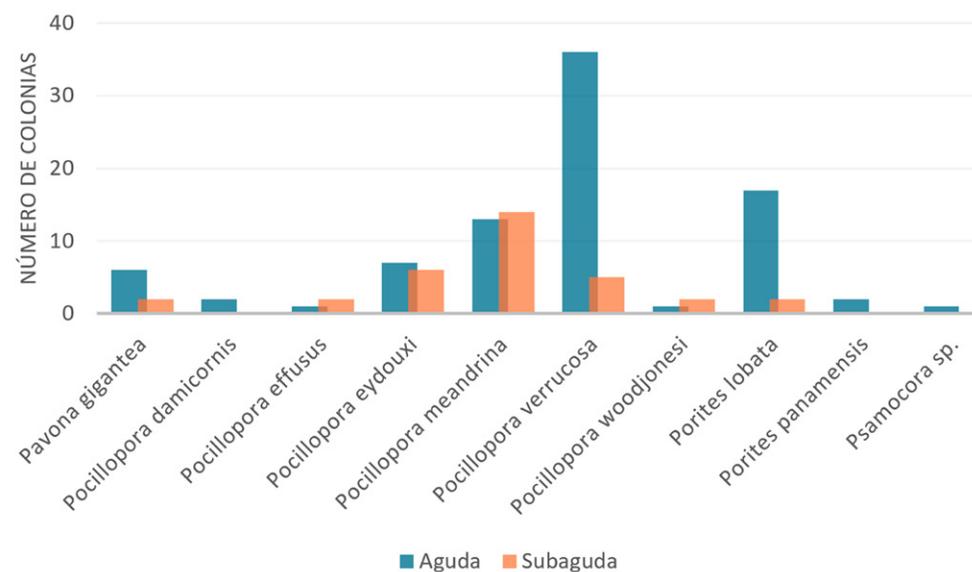


Figura 89. Tiempo de evolución de las lesiones de depredación de *Acanthaster planci* en las especies de coral escleractinio observadas en el Parque Nacional Revillagigedo, durante la expedición de abril de 2023.

área protegida desde 2017, las perturbaciones de origen humano que presenta no son mayores.

Existe una alta prevalencia de lesiones en las colonias de coral escleractinio del PN Revillagigedo. Son diversas las lesiones que afectan el estado de salud de los corales dentro del parque y además se evidencia la presencia de enfermedades como el Síndrome Blanco y el síndrome de la línea rosa, aunque en una baja prevalencia general. Los valores de prevalencia observados en el PN Revillagigedo superan lo reportado para el Pacífico mexicano (un máximo de 72%) por Rodríguez Villalobos (2016). Las comparaciones de prevalencias de lesiones entre localidades deben realizarse de manera cuidadosa, puesto que tanto las condiciones ambientales como las influencias antrópicas locales pueden relacionarse con la salud de los individuos o con las interacciones entre las especies presentes (Hobbs y Frisch, 2010). Se ha reportado que incluso en lugares apartados de la influencia humana y con baja perturbación es posible encontrar diversas afectaciones en la salud de las colonias coralinas (Miller y Williams, 2007, Williams et al., 2008).

De manera comparativa con los arrecifes continentales en el Pacífico mexicano, el sobrecrecimiento también es la categoría de lesión sobresaliente en los corales del PN Revillagigedo (45% de las observaciones de lesión) y se reportó en todas las islas visitadas en la zona. Este sobrecrecimiento se observó por algas rojas, verdes y pardas, así como por esponjas, balanos e incluso octocorales. La competencia en los arrecifes es una de las relaciones interespecíficas más comunes que ejerce una gran influencia en la composición de las comunidades que conforman estos ecosistemas (Lang y Choresky, 1990, Barott et al., 2012).

En la actualidad muchos arrecifes coralinos están cambiando de ser dominados por coral a estar constituidos por ensamblajes que incluyen macroalgas y esto ha llevado a los investigadores a indagar sobre los disparadores de los cambios en ecosistemas perturbados debido a actividades humanas que están ocasionando un aumento en la competencia entre corales y algas (Brown et al 2018). Sin embargo, es importante mencionar que aún y en ausencia de moduladores de origen humano, las macroalgas presentan un alto dinamismo dentro de los arrecifes por una combinación de factores bióticos tales como la herbívora y la competencia y abióticos como puede ser la acción del oleaje y la temperatura del agua (Brown et al 2018). Por este motivo es importante realizar estudios estacionales que permitan establecer las variaciones naturales de las macroalgas en el PN Revillagigedo para conocer las características de la relación de competencia que se presenta en los arrecifes con las especies de coral escleractinios. De igual manera es importante mencionar que el monitoreo sobre esta interacción debe ser constante, puesto que un incremento en la abundancia de las algas trae como consecuencia inminente un aumento en la intensidad de la competencia alga-coral (Díaz-Pulido et al., 2009) por recursos limitados como luz y espacio, que puede llevar a reducciones en el crecimiento y la supervivencia de los corales (Clements et al., 2018) lo cual trae consigo consecuencias importantes sobre la estructura y la función del ecosistema.

Pero las interacciones entre los corales y las algas no solamente ocasionan reducciones en el crecimiento del coral, también hay evidencia de abrasiones, pérdida

de tejido, cambios en la coloración del coral y otras afecciones en el estado de salud como consecuencia de la cercanía coral-alga (Thinesh et al., 2019). Ahí también radica la importancia de realizar un seguimiento a este tipo de lesiones y evaluar la evolución hacia otros estados de salud no deseables dentro de arrecife.

La mortalidad coralina presente en las cuatro islas es la segunda lesión asociada con un estado desfavorable de salud. Como organismos modulares los corales tienen la habilidad de sobrellevar la muerte de secciones de sus colonias, y presentar lo que se conoce como mortalidad parcial del individuo (Nugues y Roberts, 2003). A través de este tipo de mortalidad las colonias coralinas pueden llegar a subdividirse en un proceso de reproducción que se conoce como fisión (Highsmith, 1982). La mortalidad puede ser multicausal: asociado a factores bióticos o abióticos como huracanes, enfermedades, exposición al aire, depredación, y otro tipo de interacciones. Conocer el agente no siempre es posible (Meesters et al., 1996), sin embargo, en algunos estudios se ha propuesto que su presencia sea utilizada como un indicador de estrés por sedimentación, pues encontraron mayores valores de mortalidad parcial en colonias masivas en desembocadura de ríos (Nugues y Roberts, 2003). En el caso del PN Revillagigedo, y dado el origen volcánico de las islas, existe una alta sedimentación de origen terrestre que puede ser causa de mortalidad de las colonias coralinas y que podría ser materia de investigación futura. De igual manera se puede realizar un análisis más fino a nivel del tipo de morfología coralina y la prevalencia de mortalidad parcial para evidenciar patrones relacionados con dichas variables biológico-ecológicas.

La pérdida de tejido con una frecuencia de ocurrencia de 94%, de manera similar a lo reportado para el Pacífico mexicano (Rodríguez- Villalobos et al., 2015) estuvo dominado por la depredación por peces (52%) y en este caso por la estrella corona de espinas *Acanthaster planci* (33%). Se ha reconocido que el monitoreo de la depredación por los peces puede aportar información importante sobre el estado general de los ecosistemas. Grandes depredadores en el arrecife indican que en las funciones ecológicas en el ecosistema se dan de manera óptima mientras que su

ausencia indicaría un desequilibrio dentro de éste (Sandin et al., 2008) que podría estar asociado a actividades humanas, por ejemplo, la sobre pesca. Los altos niveles de depredación observados en el PN Revillagigedo, pueden ser evidencia del nivel de protección del área que se refleja en redes tróficas complejas con presencia de diversos grupos de depredadores (Sandin et al., 2008). Un estudio complementario de interés radica en la caracterización de los peces coralívoros presentes que permita conocer su abundancia y composición dentro del PN Revillagigedo.

En el caso de la depredación por *A. planci*, la prevalencia es relativamente alta (15%). Encontramos densidades promedio entre 16.66 y 50 individuos/hectárea que superan los valores considerados adecuados (15 individuo/ hectárea) para los arrecifes del Pacífico australiano que sobrepasa la tasa de crecimiento óptimo coralino (Moran y De'ath, 1992). Desde 2017, se han venido observando eventos de brotes poblacionales de la estrella en arrecifes del Golfo de California ocasionando mortalidades masivas en colonias de los géneros *Pavona*, *Pocillopora* y *Porites* (Rodríguez-Villalobos y Ayala-Bocos, 2018, Rodríguez-Villalobos y Ayala-Bocos, 2021) con prevalencias superiores al 60% de los individuos observados y con densidades superiores a los 600 individuos por hectárea en un sitio específico. En el caso del PN Revillagigedo, la presencia de lesiones agudas, caracterizadas por tejido recientemente removido por las estrellas (esqueleto blanco sin evidencia de sobrecrecimiento algal), la activa alimentación de las estrellas (65%) y las altas densidades observadas, podrían indicar un estado de sobrecrecimiento poblacional. Sin embargo, para confirmar este estado, se debe conocer aquella densidad de la estrella en la que su consumo excede la tasa de crecimiento de los corales dentro de los arrecifes evaluados (Fabricius, 2013), en el caso de los arrecifes del Indo Pacífico, esta densidad ha sido postulada como 15 individuos/hectárea. En el PN Revillagigedo, la mayoría de la población está conformada por individuos juveniles a sub-adultos (Pratchett et al., 2014) con tallas entre los 10-12 cm de diámetro de radio, lo que sugiere un tiempo de reclutamiento de un par de años atrás. Se sugiere el monitoreo permanente sobre la población del asteroideo y de la recuperación o muerte de las

colonias coralinas para establecer un protocolo de manejo y remediación.

La deformidad esquelética es otra de las categorías de lesión evidenciada en las colonias coralinas del PN Revillagigedo en las cuatro islas visitadas. La principal deformidad esquelética es aquella generada por la asociación con los conocidos como "gall crabs", crustáceos del infraorden Brachyura y la familia Cryptochiridae que son "simbiontes" obligados de los corales, habitantes de sus esqueletos coralinos mientras forman guaridas en el tejido de sus huéspedes (Wei et al., 2013) induciendo cambios en la esqueletogénesis coralina. La obligatoriedad en la asociación ha sido ampliamente demostrada, sin embargo, el carácter simbiótico de la relación es debatida pues los cangrejos han sido propuestos como comensalistas, mutualistas e incluso como parásitos coralinos (Carricart-Gavinet et al., 2004, Terrana et al., 2016). Se sugiere realizar un estudio de la intensidad de la presencia de los "gall crabs" y la influencia de estos sobre el crecimiento de las colonias coralinas dentro del Parque.

En menor proporción se observaron tubícolas verméticos y poliquetos en las colonias escleractinias los cuales causan deformidades esqueléticas en los huéspedes. Se conoce que el crecimiento de los verméticos sobre las colonias escleractinias afecta negativamente el crecimiento y la supervivencia de los organismos (Shima et al., 2013) e incluso conduce a la mortalidad parcial de las colonias (Shima et al., 2010). En conjunto con la sedimentación, su efecto se potencializa causando un detrimento en el crecimiento de las colonias coralinas, pues el mucus de los verméticos atrapa grandes partículas del sedimento, disminuyendo la capacidad natural del coral para removerlo (Zill et al., 2017).

Finalmente, el cambio de coloración en corales fue la categoría de lesión con menor número de observaciones dentro del PN Revillagigedo y una frecuencia de ocurrencia de 83%. La mayoría (41%) de las lesiones se asoció con el empaldecimiento de las colonias, y con la pérdida de coloración azul (17%) y rosa (13%) de las colonias. Este tipo de lesión representó una prevalencia del 30% en arrecifes de Micronesia (Work et al., 2016) y se asoció con diversos agentes desde microalgas

pasando por moluscos perforadores hasta hongos. La evidencia histológica muestra la disminución de zooxantelas en este tipo de lesión, representando un grado de blanqueamiento en las colonias coralinas (Work et al., 2016).

La pérdida de coloración rosa o puntos rosas, evidenciados principalmente en las especies de *Porites*, se han reportado en especies de Nueva Caledonia (Work et al., 2014), Micronesia (Work et al., 2016), India (Sharma y Ravindran, 2020). Histológicamente se han asociado con diversos agentes desde hongos hasta tremátodos, aunque no siempre se ha diagnosticado esta enfermedad como la trematodiasis de *Porites* reportada originalmente para corales en arrecifes de Hawaii (Aeby, 2015). Se sugiere tomar muestras histológicas para realizar un diagnóstico adecuado de estas lesiones morfológicas en el PN Revillagigedo.

Respecto a los puntos azules, evidenciados en especies de *Pocillopora*, podrían estar relacionados con el conocido como el “síndrome del punto rosa-azul” reportado inicialmente para especies del género *Acropora* (Bongiorni y Rinkevich, 2005). La coloración azul en los individuos de *Acropora* es debida a un compuesto tipo pocilloporina, producida por el estrés causado por la competencia por algas endolíticas o tipo tapete (Bongiorni y Rinkevich, 2005). Se sugiere realizar una caracterización histológica de las lesiones asociadas con puntos azules para registrar los cambios en el tejido y los posibles agentes asociados con el estrés del coral en el PN Revillagigedo.

Finalmente, el síndrome de la línea rosa, o el Pink line síndrome, es una enfermedad reportada para especies de *Porites*. Fue observada por primera vez en 1996, afectando al coral *Porites lutea* en arrecifes del mar Árabe. También se conoce a esta enfermedad como una “reacción de pigmentación” o como “reacciones hiperpigmentadas”, no ha sido reportada en otros géneros y se caracteriza por presentarse como una banda de 2-10 mm de tejido de color rosa. Su etiología se ha asociado con cianobacterias (*Phormidium valderianum*, Ravindran et al., 2015) y bacterias de la especie *Bacillus cereus* (Asadi et al., 2019). También es importante mencionar que este tipo de reacción de pigmentación y la decoloración rosa se ha

presentado en otras especies de *Porites* sin estar necesariamente asociados con un agente microbiano. Es necesario realizar una caracterización histológica de las lesiones asociadas con esta enfermedad en el PN Revillagigedo para hacer un diagnóstico apropiado de la enfermedad en las especies de *Porites* en la zona.

## CONCLUSIONES

En el PN Revillagigedo se presenta una alta prevalencia de lesiones (83%) superando los valores máximos reportados para arrecifes continentales del Pacífico mexicano. La mayoría de las afectaciones están relacionadas con el sobrecrecimiento por algas verdes y pardas, cuya dinámica espacial y temporal debe ser evaluada con el fin de determinar la influencia de agentes bióticos y abióticos en la interacción algal coral, en consideración con las consecuencias que el incremento en productores primarios puede tener sobre los ecosistemas arrecifales.

La mortalidad parcial en las colonias y la deformidad esquelética causada por moluscos verméticos, puede estar asociada con sedimentación proveniente de las islas lo cual sugiere la realización de estudios específicos que permitan corroborar los niveles de partículas suspendidas en los arrecifes y de esta manera evaluar las consecuencias sobre los arrecifes, principalmente evidenciadas por una disminución en las tasas de crecimiento de los corales escleractinios.

Las altas tasas de depredación por peces pueden ser evidencia de redes tróficas conservadas producto del grado de protección de las islas. Se evidencia la presencia en baja prevalencia de la enfermedad del síndrome blanco, la enfermedad de la línea rosa, y otros tipos de reacciones de pigmentación.

Existe la amenaza de la estrella *Acanthaster planci* sobre las colonias coralinas con densidades superiores (15 individuos/hectárea) a los umbrales de normalidad establecidos para arrecifes del Indo Pacífico. En el momento del monitoreo no se evidenciaron señales de blanqueamiento en los corales.

CAPÍTULO X

# ECOLOGÍA DE ARRECIFES ROCOSOS DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO



ANALISTA DE DATOS:

Yamili A. Carmona Ruiz<sup>1</sup>, Fabio Favoretto<sup>1,5</sup>

MONITORES DE EXPEDICIÓN 2023:

Oswaldo Hernández Gonzalez<sup>2</sup>

Nathaniel Rivera Reyes<sup>2</sup>, Penélope Berumen Solórzano<sup>2</sup>

Fernando Duarte Ramos<sup>3</sup>, Deneb Saldierna Cálapiz<sup>4</sup>

Benigno G. Guerrero Martínez<sup>1</sup> y Melissa Salgado  
Castrejón<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación A.C. Del pirata 420, 23090. La Paz, Baja California Sur

<sup>2</sup>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Parque Nacional Revillagigedo, Langosta 130, La Paz, Baja California Sur

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. México

<sup>4</sup>Centro Interdisciplinarios en Ciencias Aplicadas de Baja California Sur, A.C. La Paz, Baja California Sur

<sup>5</sup> Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, CA, USA

## METODOLOGÍA DE MONITOREO

### Técnica de monitoreo para la obtención de datos faunísticos

La recopilación de información sobre las especies de invertebrados y peces en Revillagigedo se realiza mediante la metodología implementada por el programa de monitoreo ecológico arrecifal que opera en el Pacífico Tropical Mexicano desde 25 años (Sala *et al.* 2002). Este enfoque incluye censos visuales llevados a cabo en transectos de banda a dos profundidades (10 m y 20 m), considerando dos grupos principales: peces e invertebrados. Se ejecutaron 4 réplicas de estos transectos en cada profundidad, abarcando un área de 250 m<sup>2</sup> para peces y 30 m<sup>2</sup> para invertebrados por transecto (Figura 90). Durante las inmersiones, se forman dos equipos de monitoreo, cada uno compuesto por 2 buzos especializados, uno enfocado en peces y otro en invertebrados. La metodología se inicia con el monitor de peces desplegando un transecto de 50 m de longitud, delineando una ventana imaginaria de 5 metros de ancho y 5 metros de alto. Durante el avance, se registran los peces demersales presentes en la columna de agua, identificando los organismos hasta el nivel taxonómico más específico, contando los individuos y midiendo sus dimensiones. Al regresar, se lleva a cabo el conteo de los peces crípticos. Simultáneamente, el monitor de invertebrados realiza un censo en un recorrido de 30 m de longitud por 1 m de ancho, identificando a los individuos y registrando la cantidad presente.

Para estimar la talla de cada individuo, se emplearon tubos de PVC con marcas a intervalos de 5 cm para peces y 2 cm para invertebrados. Además, se recopilaron datos relevantes como el nombre del sitio, la profundidad, el número de transecto, el tipo de hábitat y el área monitoreada. Todos estos datos fueron digitalizados por los monitores para su análisis y posterior interpretación.

### ÁREA DE ESTUDIO Y SITIOS MONITOREADOS

Durante la primera fase de expedición (del 16 al 25 de abril) se monitorearon un total de 14 sitios, abarcando principalmente las islas Clarión, San Benedicto y Roca Partida. La segunda fase, enfocada exclusivamente en la isla Socorro (del 5 al 15 de

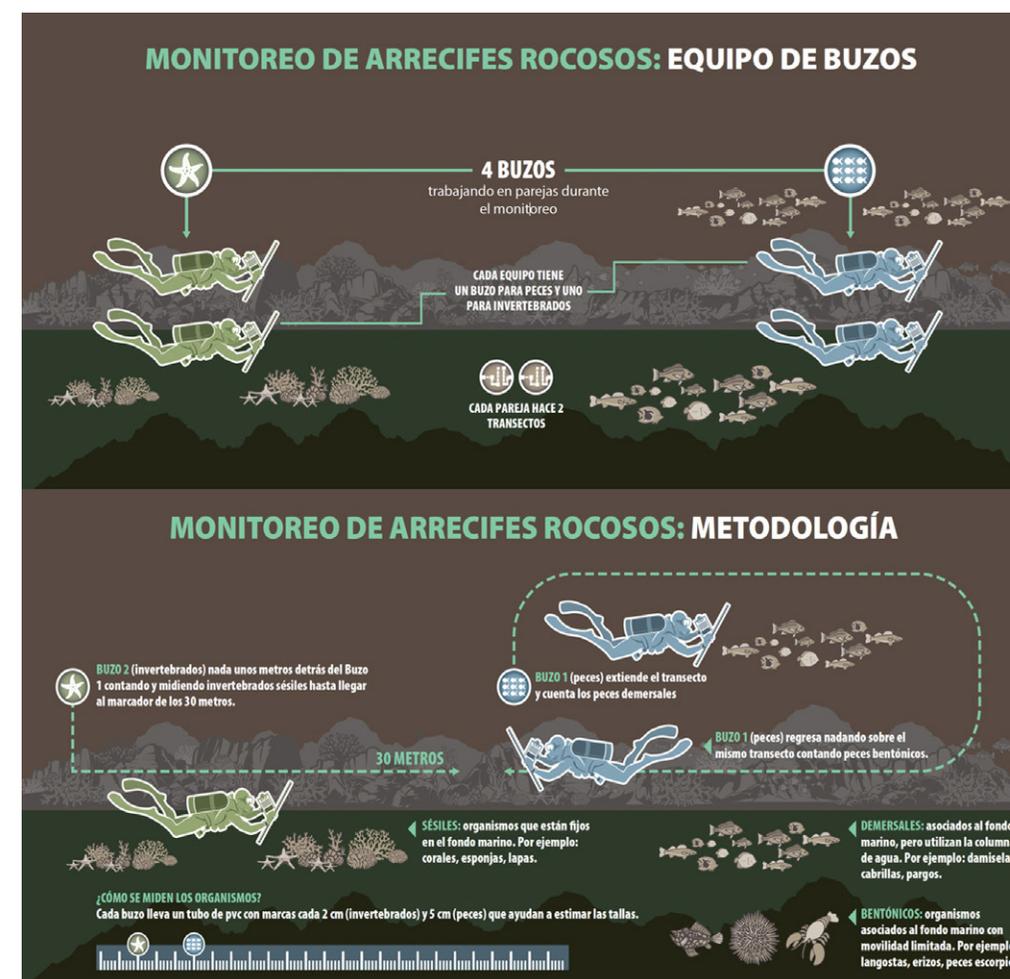


Figura 90. Descripción gráfica de la metodología de monitoreo de arrecifes rocosos

mayo), cubrió un total de 6 sitios. En conjunto se censaron un total de 20 arrecifes (Figura 91).

## RESULTADOS

Durante este proceso, se identificaron y registraron un total de 105 especies de peces y 40 de invertebrados. El registro detallado comprendió un total de 82 transectos para peces y 80 de invertebrados. Es posible que esta discrepancia se deba

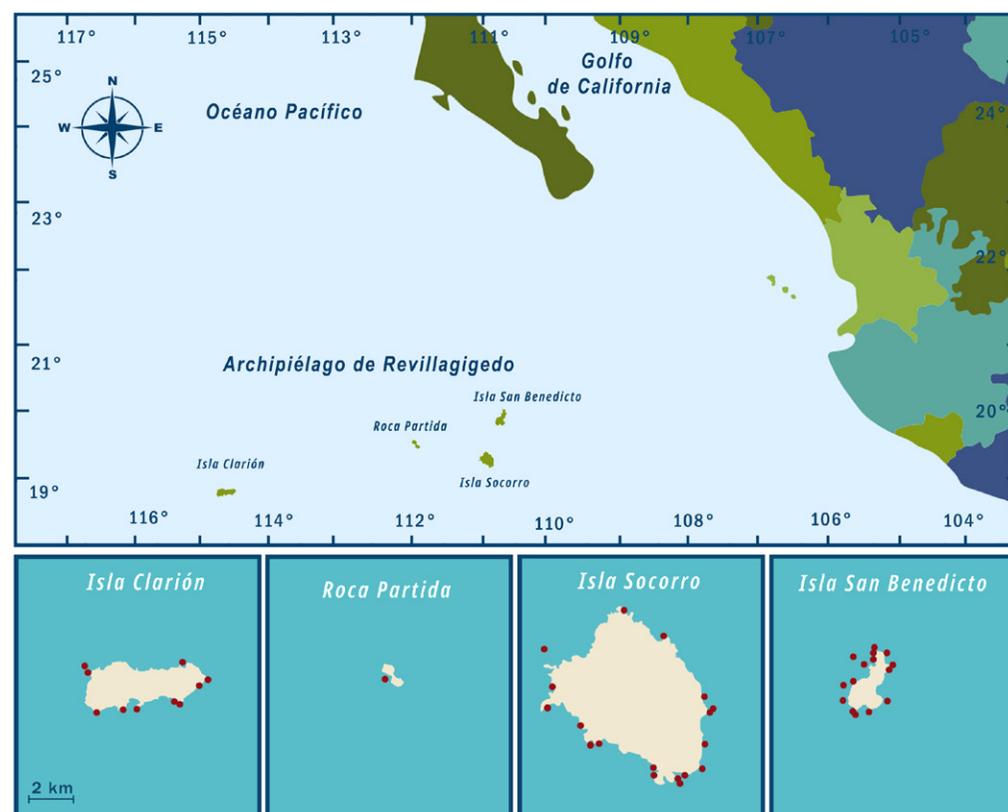


Figura 91. Sitios monitoreados en la base de datos histórica y en la expedición 2023

a que en dos de los sitios se realizaron cinco réplicas para peces, en lugar de las cuatro que establece la metodología. La riqueza de especies (Figura 92) mostró una variación significativa entre las diferentes islas, lo cual puede atribuirse a diversos factores, como las diferencias naturales de los sitios en cada isla, el número de transectos realizados, la profundidad monitoreada y las variaciones en la observación por parte de los investigadores. En particular, el sitio que presentó mayor riqueza fue San Benedicto Parte Norte, con un promedio de 31.5 especies de peces y 9 de invertebrados, mientras que en los sitios Socorro Braulia y Socorro Cabo Pearce Sur se observó una menor riqueza, con un promedio de 14 especies de peces y 4 de invertebrados. En la isla de San Benedicto se registró la mayor cantidad de especies en ambas categorías, con 62 especies de invertebrados y 89 de peces. La isla Cla-

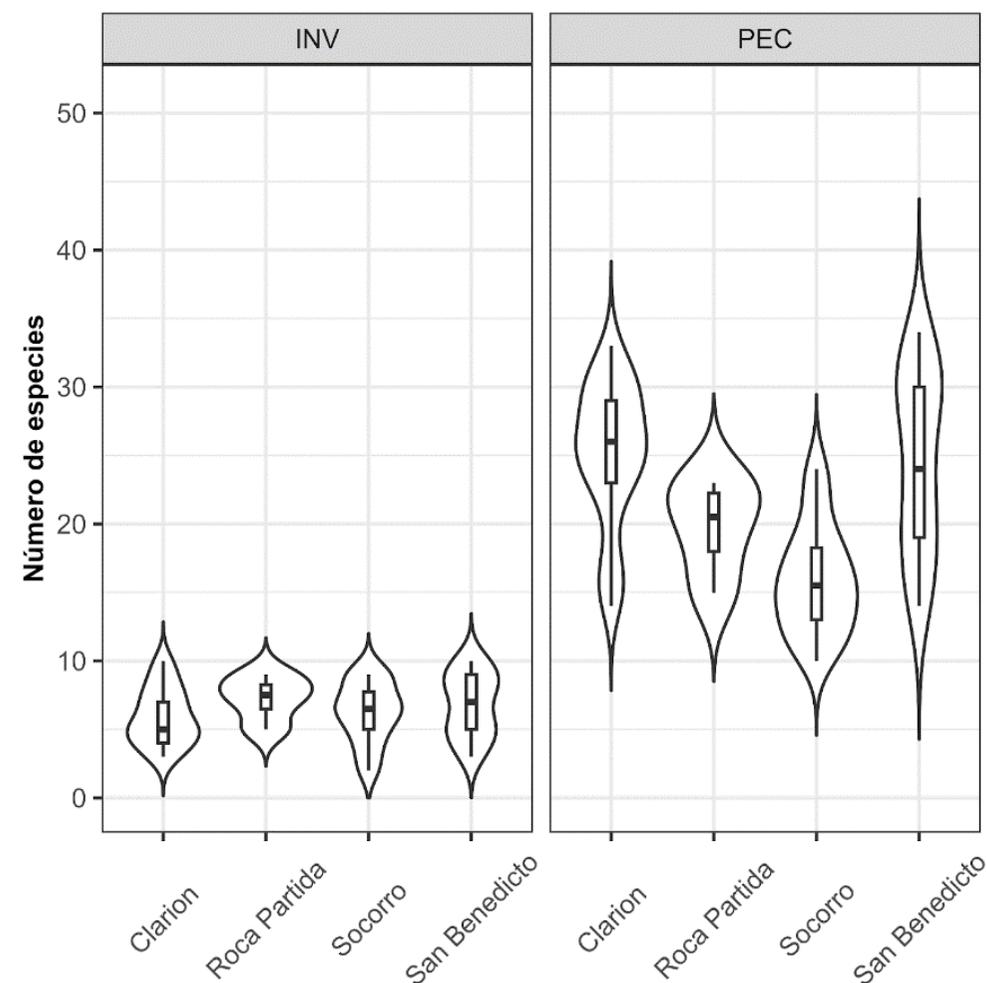


Figura 92. Riqueza promedio de invertebrados (INV) y peces (PEC) representada por isla.

rión mostró el menor número de especies de invertebrados (33 especies) pero una cantidad considerable de especies de peces (74 especies). Roca Partida y Socorro presentaron conteos intermedios, con Roca Partida contabilizando 37 especies de invertebrados y 53 de peces, y Socorro con 59 especies de invertebrados y 85 de peces.

De manera comparativa con monitoreos en años anteriores (entre los años 2005 y 2023) se observó que en cuestión de invertebrados se ha presentado una variabilidad interanual en el número de especies, con un rango de variación moderado. Por otro lado, el grupo de peces ha experimentado cambios más significativos a lo largo del tiempo en comparación con los invertebrados (Figura 93).

Se comparó la distribución de la biomasa de peces según el grupo trófico (Figura 95) en cada isla del Parque Nacional Revillagigedo. El gráfico de barras apiladas muestra la proporción de la biomasa total de peces en cada isla, dividida entre los diferentes grupos tróficos: piscívoros, carnívoros, herbívoros y zooplanctívoros. Se observaron variaciones en la distribución de la biomasa de peces entre las islas y los diferentes grupos tróficos. En particular, Roca Partida se destacó como la isla con la mayor proporción de biomasa de piscívoros, seguida por San Benedicto. En cuanto al grupo trófico de herbívoros, la isla Clarión mostró la mayor proporción de biomasa, seguida por San Benedicto y Socorro, mientras que Roca Partida registró la menor proporción de biomasa para este grupo. Y de manera interanual se observa la variación en la biomasa que Revillagigedo ha experimentado (Figura 94).

La Figura 96 presentada muestra las distribuciones de la biomasa de peces en varias regiones del Pacífico mexicano, incluyendo Revillagigedo y otras áreas importantes para la conservación marina. Cada línea horizontal representa una región distinta, con Revillagigedo en la parte superior. Las formas rojas simbolizan la distribución del promedio de la biomasa de peces en cada región, obtenida a través del método de bootstrapping. El bootstrapping es un método de remuestreo con reemplazo utilizado para estimar la distribución de una estadística (en este caso, la media) a partir de los datos disponibles. Este método proporciona una manera práctica y fuerte de entender la variabilidad de las estimaciones estadísticas y de construir intervalos de confianza sin depender de supuestos estrictos sobre la forma de la distribución de los datos subyacentes.

El eje horizontal indica la biomasa de peces en una escala logarítmica, lo que ayuda a visualizar mejor las diferencias cuando los rangos de biomasa varían am-

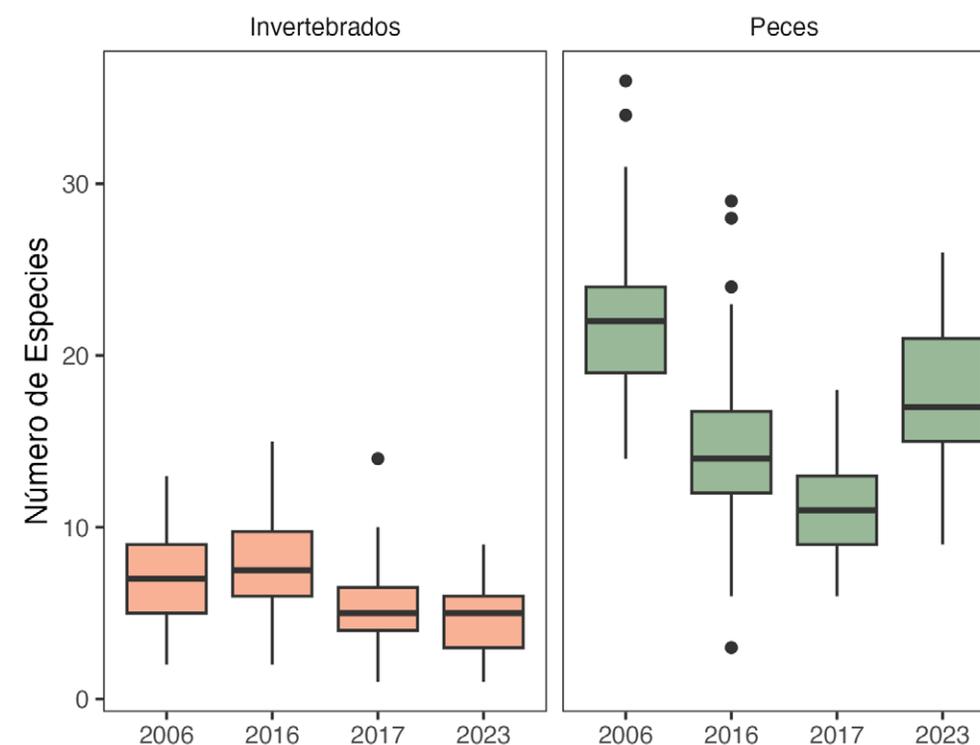


Figura 93. Variabilidad temporal en el número de especies de invertebrados (izquierda) y peces (derecha) observadas en monitoreos ecológicos entre los años 2006 y 2023. Las cajas representan los cuartiles intermedios con la línea central indicando la mediana. Las barras de error se extienden desde el mínimo al máximo valor, excluyendo los puntos atípicos, que se muestran como puntos individuales. Se observa una variabilidad interanual en ambas categorías, con un rango de variación más amplio en el número de especies de peces en comparación con los invertebrados.

pliamente. Los picos más altos y anchos sugieren una mayor biomasa promedio y una variabilidad mayor en las estimaciones de biomasa para esa región específica.

La figura permite comparar las regiones entre sí respecto a la biomasa de peces. Por ejemplo, se observa que Revillagigedo tiene una distribución de biomasa relativamente alta en comparación con las otras áreas mostradas, destacando la importancia de esta zona como un hábitat crítico para la vida marina.

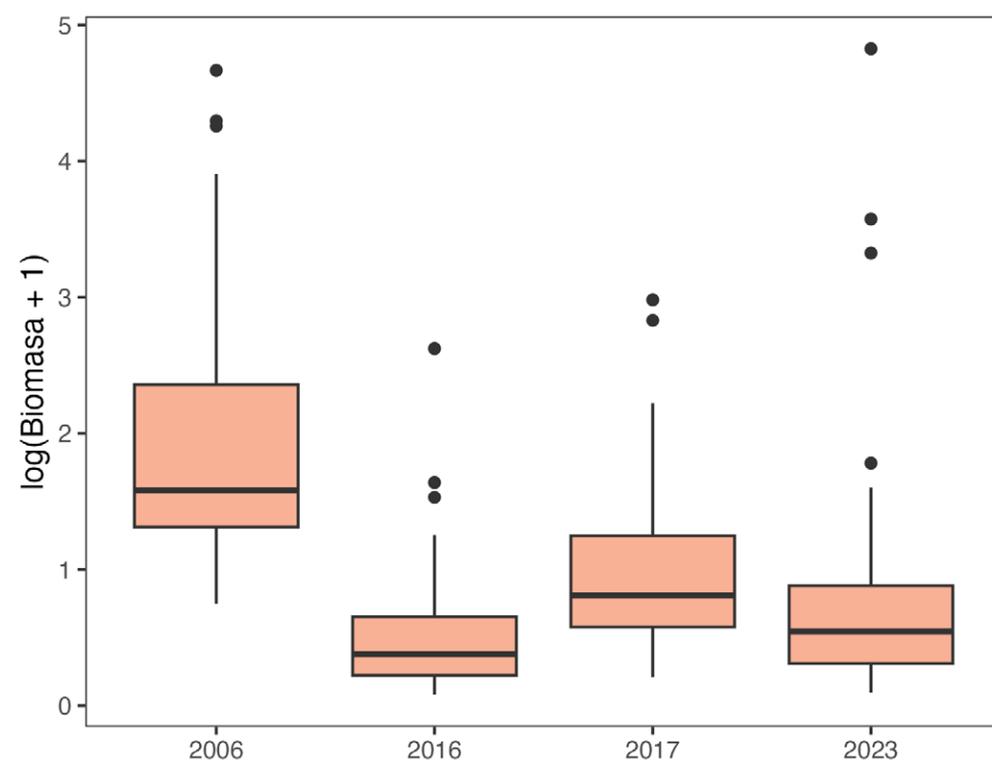


Figura 94. Variabilidad temporal en la biomasa de peces observadas en monitoreos ecológicos entre los años 2006 y 2023. Las cajas representan los cuartiles intermedios con la línea central indicando la mediana. Las barras de error se extienden desde el mínimo al máximo valor, excluyendo los puntos atípicos, que se muestran como puntos individuales.

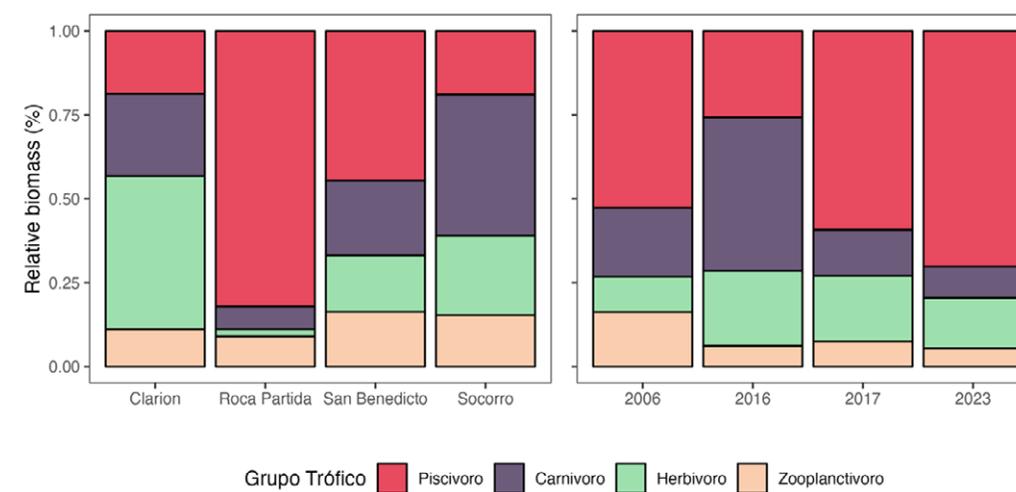


Figura 95. Distribución porcentual de la biomasa relativa de diferentes grupos tróficos entre las islas Clarión, Roca Partida, San Benedicto y Socorro (izquierda), y a lo largo de los años 2006, 2016, 2017 y 2023 (derecha). Los grupos tróficos están representados por colores distintos: piscívoros (rojo), carnívoros (púrpura), herbívoros (verde) y zooplanctívoros (beige). Se puede observar una consistencia en la composición de biomasa relativa de los grupos tróficos entre las diferentes islas, mientras que la comparación interanual muestra una variabilidad en la proporción de los grupos tróficos a lo largo del tiempo. Esto refleja las dinámicas ecológicas tanto a nivel espacial como temporal en las comunidades marinas estudiadas.

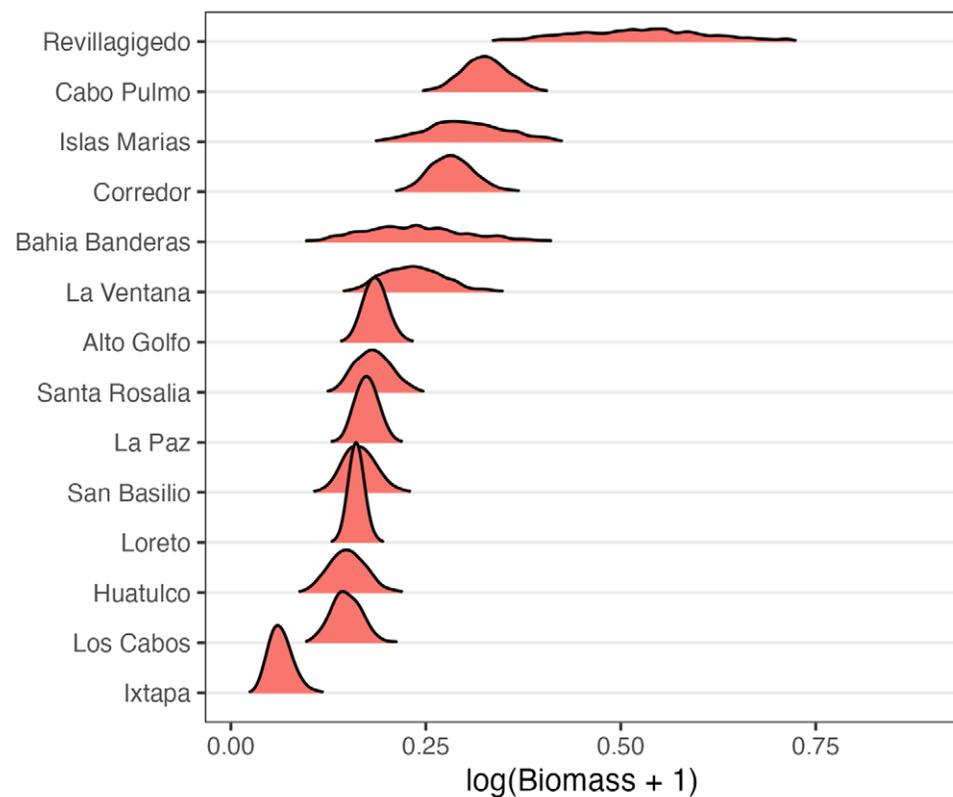


Figura 96. Estatus ecológico de diversas localidades de relevancia ambiental.

## CAPÍTULO XI

# ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE TIBURONES EN EL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

### DIRECTOR DEL PROYECTO:

James T. Ketchum<sup>1,2,3</sup>

### COLABORADORES:

Hugo Sánchez-Gómez<sup>1</sup>, Carlos Robalino-Mejía<sup>1,2</sup>,  
Mauricio Hoyos-Padilla<sup>1,2</sup>



Carmona, Y., & Favoretto, F. (2023). Ecología de arrecifes rocosos del Parque Nacional Revillagigedo. En CONANP y Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación (Eds.), *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 203-212).

<sup>1</sup>Pelagios Kakunjá A.C., La Paz, México

<sup>2</sup>MigraMar, Bodega Bay, California, United States of America

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), La Paz, Baja California Sur, México

## INTRODUCCIÓN

Las islas oceánicas son conocidos como importantes sitios de agregación para especies pelágicas (Worm et al., 2003; Morato et al., 2010). La abundancia y riqueza de peces óseos, tiburones, tortugas y mamíferos marinos están asociados a ciertos sitios, generalmente para cumplir roles biológicos como alimentación, reproducción, descanso y limpieza (Klimley et al., 2003; Duncan & Holland, 2006; Morato et al., 2010; Plotkin, 2010; Acuña-Marrero et al., 2018). Las Áreas Marinas Protegidas (AMP) son una estrategia de conservación clave para todos los países en sus territorios marinos y también para las áreas fuera de la jurisdicción nacional (Game et al., 2009). El Parque Nacional Revillagigedo (PNR), es un área protegida de gran importancia para la conservación de las especies (CONANP, 2019). Debido a su posición estratégica en el corredor migratorio del Pacífico Oriental Tropical, el PNR también es un punto clave para la supervivencia de numerosas especies pelágicas migratorias (Lara Lizardi, 2018; Peñaherrera-Palma et al., 2018; CONANP, 2019). Las especies pelágicas más abundantes de los grupos de depredadores de elasmobranquios en el Archipiélago de Revillagigedo son la cornuda común (*Sphyrna lewini*), el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*), el tiburón puntas plateadas (*Carcharhinus albimarginatus*), el tiburón puntas blancas de arrecife (*Triaenodon obesus*) y la manta gigante (*Mobula birostris*) (CONANP, 2017). En contraste, el pez volador bonito (*Cypselurus callopterus*), el barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), el jurel isleño (*Carangoides orthogrammus*), el wahoo (*Acanthocybium solandri*) y el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), son considerados como las especies de teleósteos más abundantes (CONANP, 2017).

La observación de diferentes especies ha permitido el desarrollo de la industria del buceo dentro del PNR (Baske, 2008; Cisneros-Montemayor et al., 2020). Sin embargo, la investigación científica de las especies marinas vulnerables y el manejo de elasmobranquios del archipiélago aún son escasas (Aldana-Moreno et al., 2020). El estudio de comunidades de especies pelágicas ha representado un reto enorme para la ciencia debido a la falta de herramientas para medir la diversidad y abundancia (Myers & Worm, 2005). Las estaciones de estéreo video submarino

remotas con cebo (BRUVS, por sus siglas en inglés) pueden recorrer grandes distancias y también ser utilizadas a diferentes profundidades, y no solo eso, también por medio de la fotogrametría se puede estimar las tallas y biomasa (Schramm et al., 2020). Por esta razón, los BRUVS son quizás una de las herramientas más accesibles, altamente replicadas, no destructivas y efectivas para cuantificar conjuntos de peces, asociaciones de especies y hábitats (Osgood et al., 2019; Espinoza et al., 2020).

Teniendo en cuenta los datos de este informe, se presenta información clave para determinar los sitios de agregación y evaluar cambios en la abundancia y diversidad de especies pelágicas de manera espacial y temporal, con el fin de conocer el efecto de la creación del PNR. La incorporación de esta información puede ayudar a definir el papel funcional de una amplia gama de depredadores. Además, proporcionará una línea base de referencia para los conjuntos de depredadores en el PNR. Estos hallazgos en conjunto con los demás enfoques marinos que se realizaron en la expedición servirán para implementar estrategias de manejo y conservación para la sostenibilidad de los recursos del Pacífico Mexicano.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El archipiélago está conformado por un grupo de cuatro islas volcánicas: Socorro, San Benedicto, Roca Partida y Clarión (CONANP, 2017), se encuentra ubicado en el Pacífico Oriental Tropical, a unos 550 km al suroeste de Baja California Sur y aproximadamente a 700 km al oeste de Manzanillo, Colima (CONANP, 2004; Aguirre Muñoz et al., 2015). Es el archipiélago más occidental del territorio insular mexicano y fue declarado Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera en 1994 (CONANP, 2004). En julio de 2016, el Archipiélago de Revillagigedo fue incluido en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, y en noviembre de 2017 se estableció como el Parque Nacional Revillagigedo (PNR), abarcando una superficie de 14,808,780 hectáreas, de las cuales 14,793,262 corresponden a la parte marina

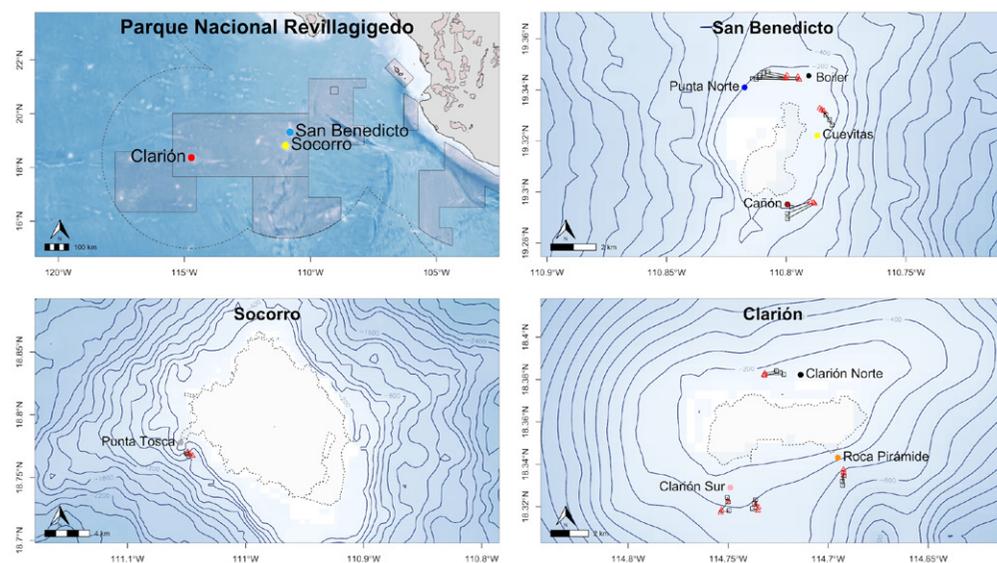


Figura 97. Sitios de muestreo en el Parque Nacional Revillagigedo. Las líneas negras representan el desplazamiento de los BRUVS de media agua. El cuadrado de color negro representa el inicio de las estaciones, y el triángulo de color rojo representa el final. En el mapa los contornos en azul corresponden a la batimetría (m).

y 15,518 a la parte insular (CONANP, 2017). El Archipiélago de Revillagigedo se ve influenciado por diversos factores ambientales, siendo la corriente Nor-ecuatorial una de las más influyentes. Esta corriente contribuye a estabilizar la variación de la temperatura a lo largo del año. Sin embargo, se observa una clara variabilidad estacional en las temperaturas del archipiélago. Durante los primeros cinco meses del año, se registran valores que oscilan entre 24 y 26 °C, lo cual está relacionado con la influencia de las aguas frías transportadas por la corriente de California (Castro-Aguirre & Balart, 2002). Posteriormente, en los meses siguientes, se produce un aumento en las temperaturas alrededor de los 28 y 30 °C. Este patrón de variación de temperaturas es similar en todas las islas del archipiélago (Cacho Movellan, 2022).

## TÉCNICA DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE VIDEO

### Recolección de datos

Durante el período de muestreo, que abarcó desde el 18 hasta el 25 de abril de 2023, se llevaron a cabo un total de 9 lances de BRUVS pelágicos. Se realizaron dos días de muestreo en cada isla, excepto en la Isla Socorro donde solo se desplegó una línea en un día. Los muestreos se realizaron en horarios del día en diferentes periodos (mañana y tarde). Durante el despliegue de cada sistema BRUVS se registró la posición geográfica, fecha y hora (Tabla XXI). Para evaluar las tendencias espaciales y temporales de la abundancia, diversidad e índice trófico, se utilizaron las estaciones de video submarino remoto con cebo (BRUVS, por sus siglas en inglés). Los estéreos BRUVS consisten en dos cámaras GoPro frontales colocadas en un ángulo de 4 grados utilizadas para crear una imagen tridimensional (estéreo), que luego es utilizada para medir cualquier objeto (pez) que pase frente a las cámaras Figura 98. Diagrama esquemático de un sistema estéreo BRUVS. Los números muestran los detalles de sistema: (1) estructura de acero inoxidable; (2) cámara GoPro; (3) recipiente de cebo de PVC perforado; (4) contrapeso; (5) cabo secundario; (6) boya principal; (7) bolla secundaria; (8) cabo principal.8). Los sistemas estuvieron conformados por 3 estéreo BRUVS, a una distancia de 250 m entre ellos. Cada sistema se configuró para grabar a una profundidad de 10 m y evaluar conjuntos de especies cerca de la superficie. Los lances permanecieron a la deriva durante 2 horas y los controles se realizaron desde embarcaciones pequeñas. El despliegue de los sistemas BRUVS generalmente fueron colocados en los puntos de mayor presencia de especies pelágicas cercanos a las islas (San Benedicto, Clarión y Socorro). Esta metodología no invasiva ofrece ventajas significativas en comparación con la pesca experimental, especialmente cuando se evalúan AMP.

### Análisis de los videos

La identificación, obtención de abundancia relativa y estimación de tallas de las especies se realizaron mediante la visualización de imágenes de vídeo. Los individuos

**TABLAXX.** Ubicación, fecha y número de sistemas lanzados en los diferentes sitios de las islas del PNR durante la expedición 2023.

Isla	Sitio	Latitud	Longitud	Fecha	Nº sistemas
San Benedicto	Boiler	19.34491°	-110.81126°	18/04/2023	1
	Punta Norte	19.34711°	-110.80763°	18/04/2023	1
	Cañón	19.28950°	-110.79951°	19/04/2023	1
Clarión	Cuevitas	19.33016°	-110.78348°	19/04/2023	1
	Roca Pirámide	18.33460°	-114.69203°	22/04/2023	1
	Clarión Sur	18.32328°	-114.73630°	22/04/2023	2
	Clarión Norte	18.38411°	-114.72588°	23/04/2023	1
Socorro	Punta Tosca	18.76726°	-111.04823°	25/04/2023	1

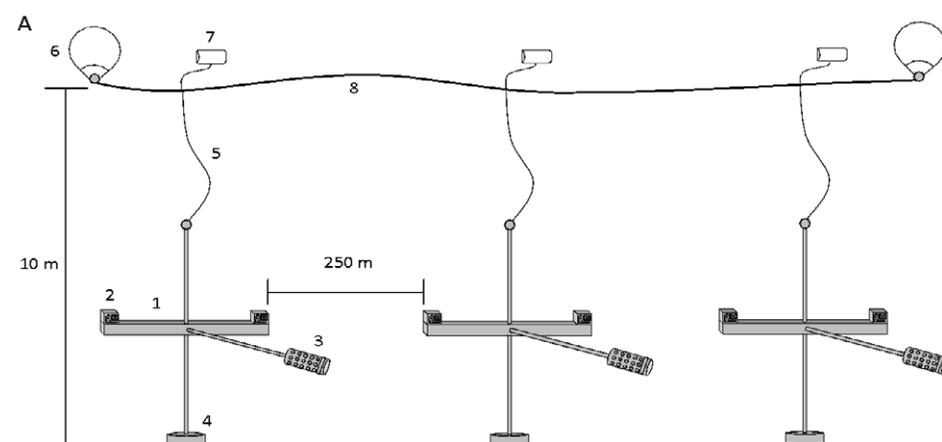


Figura 98. Diagrama esquemático de un sistema estéreo BRUVS. Los números muestran los detalles de sistema: (1) estructura de acero inoxidable; (2) cámara GoPro; (3) recipiente de cebo de PVC perforado; (4) contrapeso; (5) cabo secundario; (6) boya principal; (7) bolla secundaria; (8) cabo principal.

observados se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible utilizando claves taxonómicas del Sistema de información en línea de Peces Costeros del Pacífico Oriental del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (Robertson & Allen,

2015), y consultando a un experto si era necesario. Se registró la riqueza (S), como el conteo de unidades taxonómicas únicas, y la abundancia medida por MaxN, como el número máximo de individuos de una unidad taxonómica en un cuadro de video. MaxN es la métrica más utilizada para estimar de forma conservadora la abundancia relativa (Cappo et al., 2004), ya que evita el recuento de los mismos individuos si aparece en más de uno de los BRUVS del conjunto, o si es grabado varias veces por el mismo sistema (Coghlan et al., 2017). Cada sistema BRUVS fue considerado una unidad de muestreo, obteniendo primero el MaxN por estación y posteriormente por sistema. Por otro lado, se obtuvo el nivel trófico de cada especie de FishBase y para conocer si existen diferencias en el valor trófico promedio se obtuvieron los valores tróficos de cada especie a través de FishBase y SeaLifeBase. El nivel trófico se multiplicó por el MaxN de cada especie y se obtuvo un valor promedio por sitio. La clasificación de los valores tróficos se tomó en cuenta según Sánchez Gómez, (2022).

## RESULTADOS

En la expedición se identificaron un total de 13 especies distribuidas en 5 familias. Las especies más abundantes en el PNR fueron *Elagatis bipinnulata* (89), *Carcharhinus falciformis* (42) y *Carcharhinus galapagensis* (28). Sin embargo, las especies con una mayor frecuencia de ocurrencia fueron *Carcharhinus falciformis* registrada en 9 sistemas y *Carcharhinus galapagensis* en 5 sistemas. Aunque la especie *Elagatis bipinnulata* fue la más abundante, solamente se reportó en 4 sistemas (Tabla XXI).

De manera general, los elasmobranchios y teleósteos fueron los grupos con más especies observadas (6,6, respectivamente), seguido de reptiles (1). Los elasmobranchios y teleósteos se detectaron en todas las islas y en la mayoría de los sitios muestreados que se ubican a las diferentes islas, mientras que el grupo reptil que hace referencia a la especie *C. mydas* fue detectada solamente en la Isla Clarión. El 77 % de las especies registradas en el PNR, presentaron un nivel trófico mayor a 4, que corresponde a la clasificación de carnívoros superiores (piscívoros, depredadores topos).

**TABLA XXI.** Lista de especies observadas en BRUVS durante la expedición, clasificadas por grupo, estado de conservación de la UICN, nivel trófico, con su respectiva abundancia relativa (MaxN) y frecuencia de ocurrencia (FO). Menor preocupación (LC), casi amenazada (NT), vulnerable (VU), en peligro de extinción (EN) y en peligro crítico de extinción (CR).

Familia	Nombre científico	Grupo	UICN	Nivel trófico	MaxN total	FO
Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	Teleósteos	LC	4.1	1	1
	<i>Elagatis bipinnulata</i>	Teleósteos	LC	4.3	89	4
	<i>Naucrates ductor</i>	Teleósteos	LC	3.4	5	2
	<i>Decapterus sp</i>	Teleósteos	LC	3.5	1	1
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	Elasmobranquios	VU	4.2	14	4
	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Elasmobranquios	VU	4.5	42	9
	<i>Carcharhinus galapagensis</i>	Elasmobranquios	LC	4.2	28	5
	<i>Carcharhinus limbatus</i>	Elasmobranquios	VU	4.4	3	3
	<i>Galeocerdo cuvier</i>	Elasmobranquios	NT	4.5	1	1
Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i>	Reptil	EN	2.1	5	4
Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i>	Teleósteos	LC	4.3	7	3
	<i>Thunnus albacares</i>	Teleósteos	LC	4.4	19	4
Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>	Elasmobranquios	CR	4.1	4	4

Se obtuvieron datos de abundancia relativa y riqueza por isla y por sitio (Figura 4). La riqueza observada fue mayor en San Benedicto (10), seguido de Clarión (7) y Socorro (3) (Figura 100 A). En el caso de la abundancia relativa, San Benedicto fue el sitio con un mayor número de individuos observados (124), seguido de Clarión (92) y Socorro (3) (Figura 100B). En la Isla San Benedicto se reportó una mayor riqueza en los sitios Boiler y Punta Norte, sin embargo, los sitios con una mayor

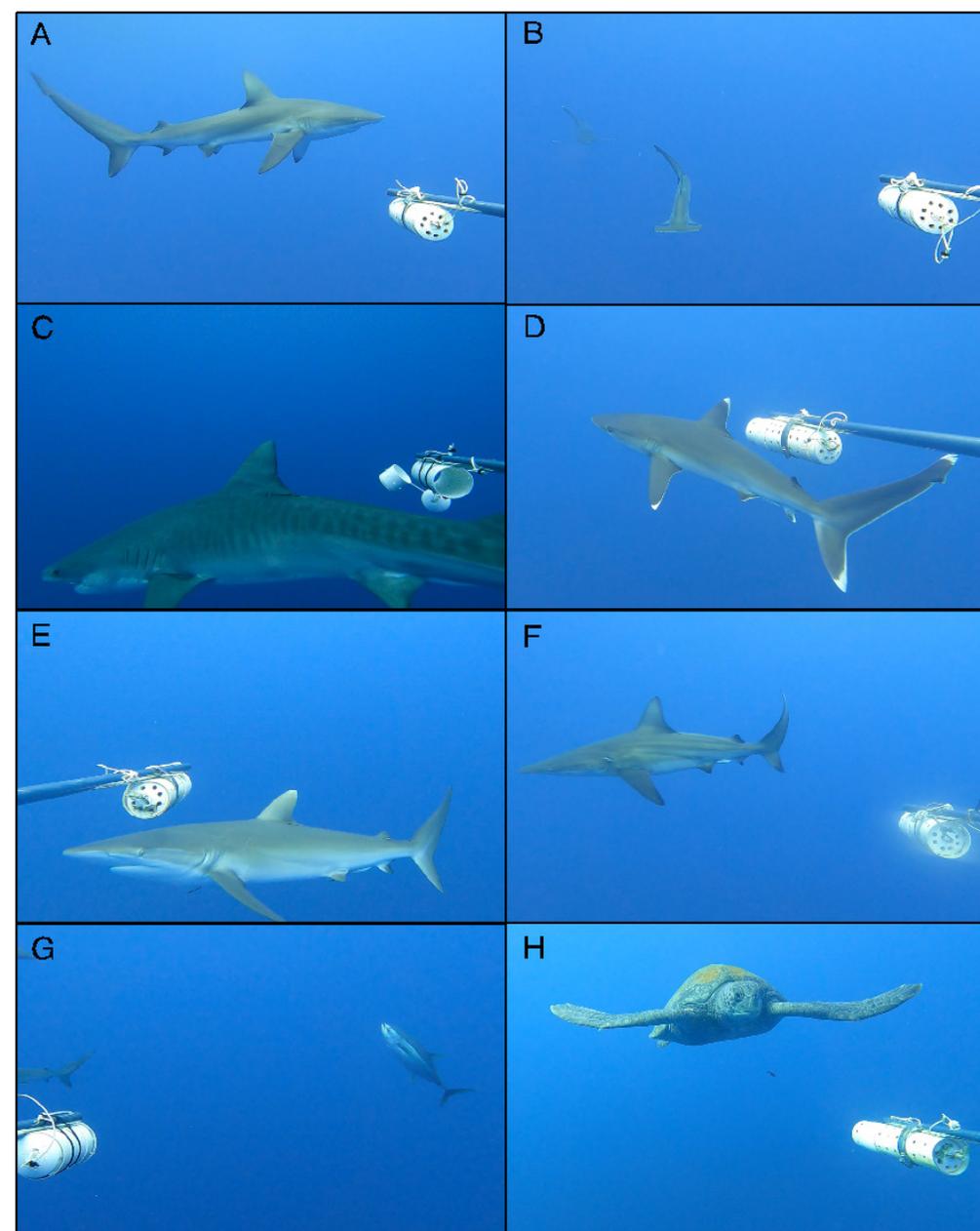


Figura 99. Imágenes de especies pelágicas detectadas por BRUVS en el PNR. **A)** Tiburón de Galápagos (*Carcharhinus galapaguensis*). **B)** Tiburón martillo (*Sphyrna lewini*). **C)** Tiburón tigre (*Galeocerdo cuvier*). **D)** Tiburón punta plateada (*Carcharhinus albimarginatus*). **E)** Tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*). **F)** Tiburón punta negra (*Carcharhinus limbatus*). **G)** Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). **H)** Tortuga verde (*Chelonia mydas*).

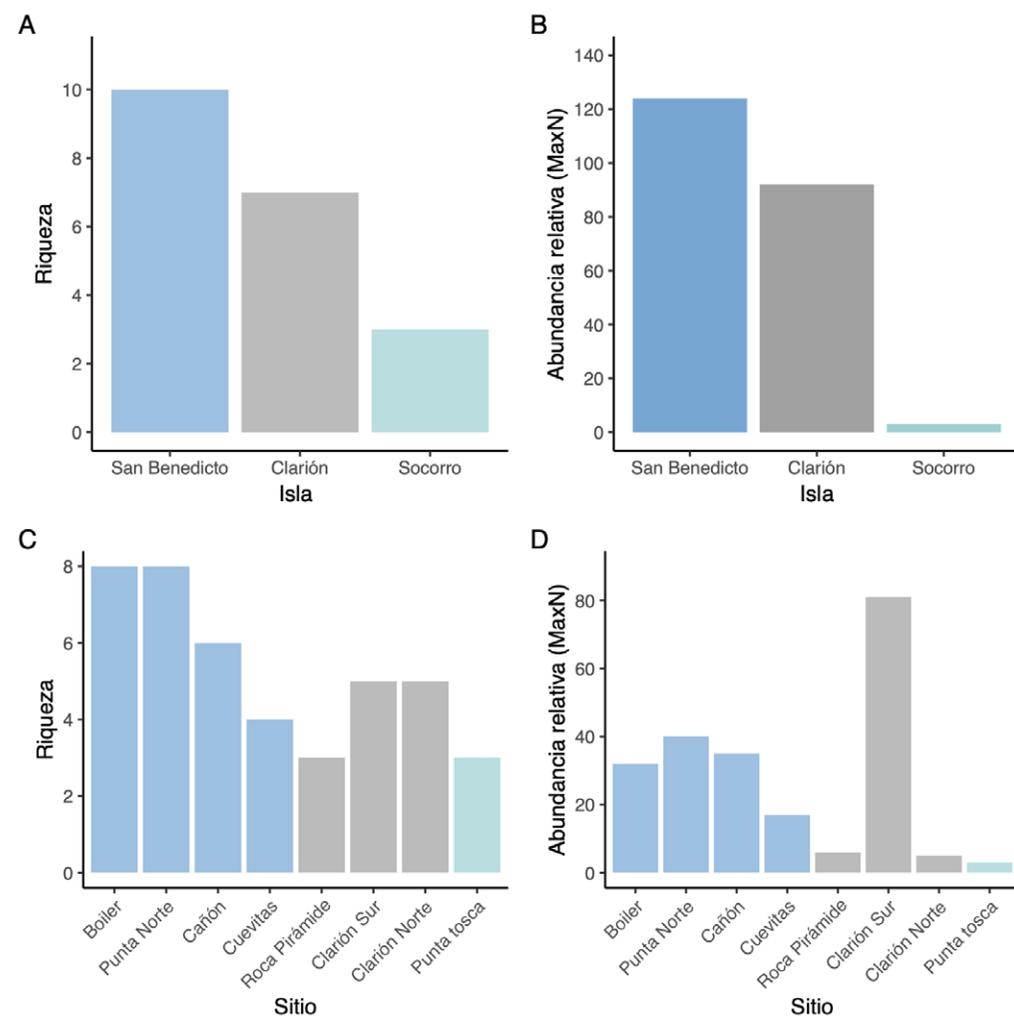


Figura 100. Riqueza y abundancia relativa (MaxN) por isla (A, B) y por sitio (C, D) en el Parque Nacional Revillagigedo. Los colores de los sitios están relacionados con el color de las islas donde se ubicaron.

abundancia fueron Punta Norte y el Cañón. En la Isla Clarión, los sitios Clarión Sur y Clarión Norte reportaron una mayor riqueza, además Clarión Sur fue el sitio con mayor abundancia en comparación con los demás. En la Isla Socorro el único sitio muestreado fue Punta Tosca con 3 especies registradas y un valor de abundancia de 3 individuos. La diferencia observada en la abundancia por islas estuvo relacio-

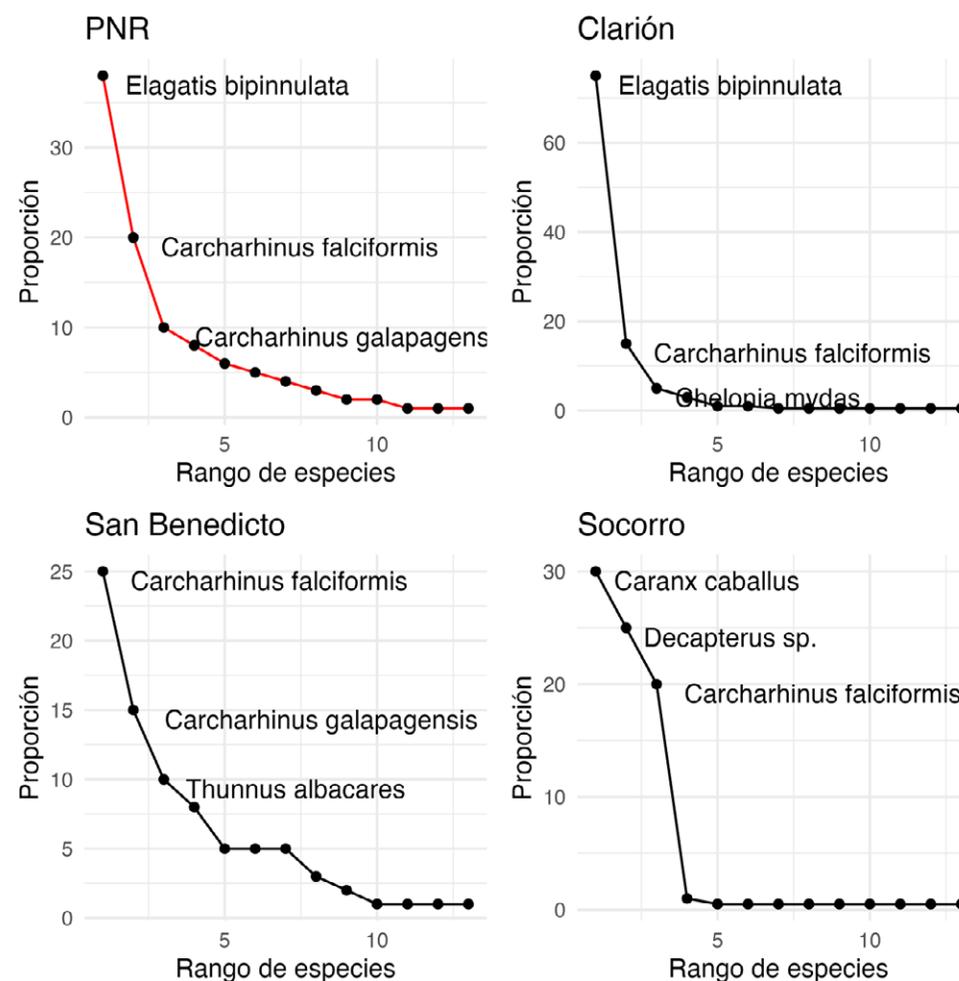


Figura 101. Análisis de rango-abundancia y su diferencia en la proporción de abundancia de las tres primeras especies del Parque Nacional Revillagigedo (PNR), por isla. Estos datos corresponden a la expedición del 2023.

nada principalmente por las especies *C. falciformis* y *C. galapagensis* en la Isla San Benedicto (Figura 101). Sin embargo, en los sitios, la diferencia en la abundancia se observó principalmente en Clarión Sur, que fue particularmente por especies gregarias como *E. bipinnulata*. En el caso de la especie *C. falciformis*, estuvo presente en todas las islas y sitios muestreados (Figura 102).

**TABLA XXII.** Isla, número de sistemas lanzados, riqueza (S), índice de diversidad de Shannon (H), Simpson (D) y el índice trófico (NT).

Isla	N° lances	S	H	D	NT
Clarión	4	7	0.8309817	0.3598771	3.98
San Benedicto	4	10	1.9130778	0.8233611	4.28
Socorro	1	3	1.0986123	0.6666667	4.03

Con respecto al índice de Shannon Tabla XXII. Isla, número de sistemas lanzados, riqueza (S), índice de diversidad de Shannon (H), Simpson (D) y el índice trófico (NT).I), San Benedicto fue la isla con mayor diversidad, seguido por Socorro y Clarión, sin embargo, este valor de diversidad para Socorro se debe a que hubo una mayor equidad en la abundancia de las tres especies registradas. El índice de Simpson (Tabla XXII) mostró que Clarión presentó una mayor diversidad en comparación con los demás sitios, esto puede estar relacionado a que no hubo dominancia de alguna especie. Sin embargo, en San Benedicto, aunque fue el sitio con una mayor riqueza observada, presentó una menor diversidad de Simpson y esto se debe a las especies dominantes como *C. falciformis* y *C. galapagensis*. De manera general, las islas del PNR presentaron un nivel trófico promedio similar Tabla XXII. Isla, número de sistemas lanzados, riqueza (S), índice de diversidad de Shannon (H), Simpson (D) y el índice trófico (NT).I). San Benedicto fue la isla que presentó los valores más altos, en comparación con Clarión, que fue el sitio que presentó el menor valor. La diferencia en los valores del nivel trófico se debe principalmente a la presencia de carnívoros superiores como los tiburones y peces de gran tamaño como *T. albacares* y *E. bipinnulata*.

### DISCUSIÓN

Los resultados preliminares muestran que una metodología simplificada y centrada en documentar valores de riqueza y abundancia de especies pelágicas, puede proporcionar una visión de las posibles asociaciones con las diferentes islas y si-

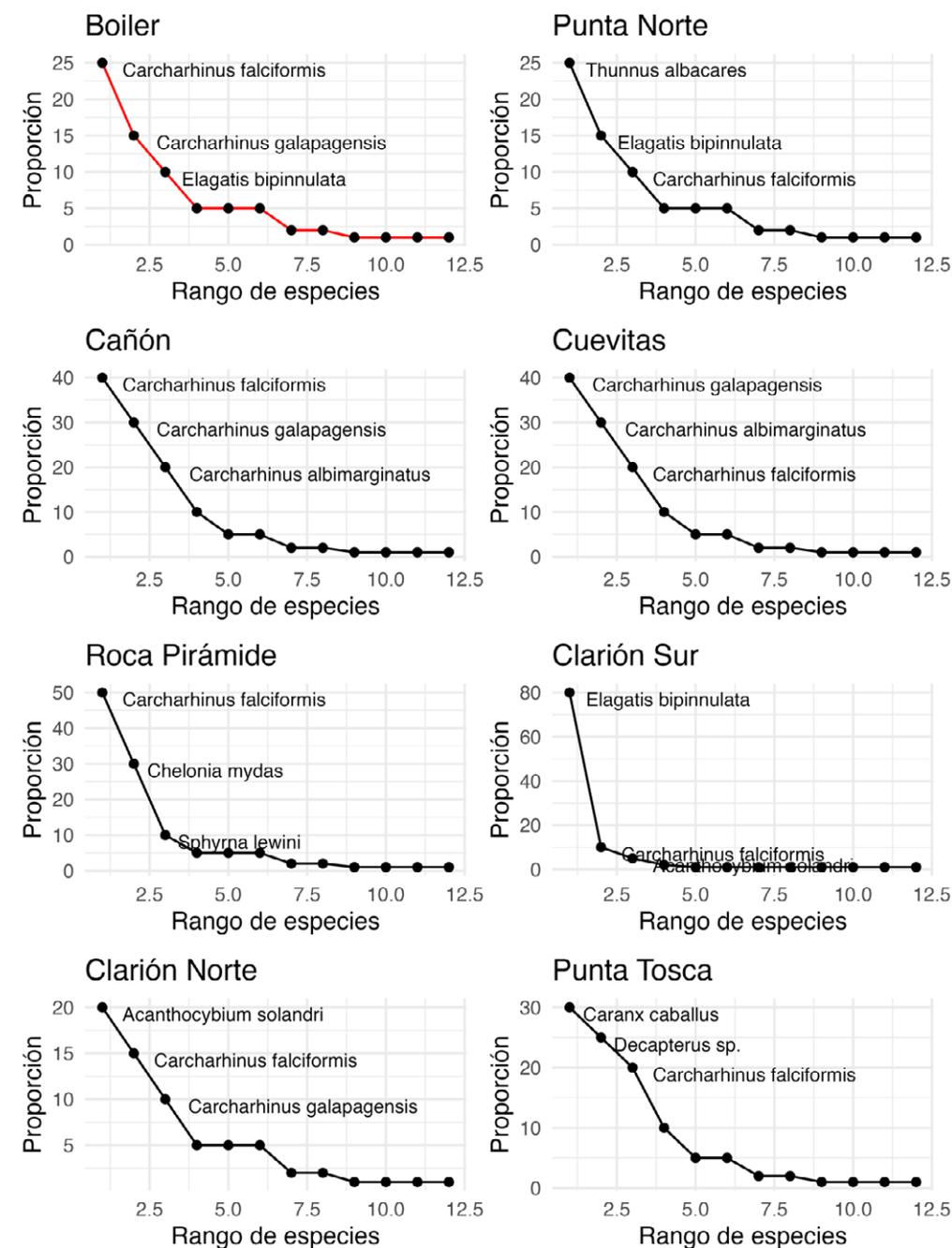


Figura 102. Análisis de rango-abundancia y su diferencia en la proporción de abundancia de las tres primeras especies del Parque Nacional Revillagigedo (PNR), por isla y por sitio. Estos datos corresponden a la expedición del 2023.

tios. Para este análisis, se utilizaron los sistemas BRUVS en busca de indicadores de abundancia, riqueza e índice trófico, con posibles variabilidades entre islas y sitios. Los resúmenes de datos a nivel de sitio pueden proporcionar información más útil sobre indicadores de agregación de especies, clave en los estudios ecológicos para información base en planes de manejo.

De manera similar, la replicación de estos lances a lo largo del tiempo puede proporcionar una mejor comprensión de si estas métricas son estables o cambian a través del tiempo. Como parte de esta evaluación, se hizo un esfuerzo para lanzar líneas de BRUVS y poder muestrear la mayor área posible. Estos esfuerzos a nivel temporal y anual nos pueden mostrar diferencias en la abundancia y riqueza, y no solo eso, también se podría observar especies dominantes en diferentes sitios. Un complemento a esta metodología, son los muestreos de ADN ambiental (Boussarie et al., 2018). Estos análisis pueden mostrar especies que no son atraídas por el cebo o se encuentran a diferentes profundidades de la zona pelágica. La información obtenida por ADN ambiental nos puede mostrar un espectro más amplio de la riqueza de especies.

Los resultados de la expedición nos muestran sitios de importancia de agregación de especies, tal como registra Lara Lizardi, (2018). Sin embargo, es importante explorar sitios más alejados de las islas para poder entender la importancia de montes submarinos y frentes (Thompson et al., 2021). Los pasos futuros podrían incluir sitios específicos dentro del PNR, y analizar asociaciones de comunidades pelágicas en diferentes ambientes, algo muy similar al estudio de Sánchez Gómez, (2022). Aunque ha habido un desarrollo sustancial de la teoría y las técnicas analíticas para el análisis de BRUVS, se debe tener precaución al interpretar estas medidas (Harvey et al., 2011). Es necesario definir la escala espacial y temporal de interacciones y variables contextuales relevantes para interpretar estas medidas (Harvey et al., 2012; Espinoza et al., 2020), para las cuales este estudio se ha centrado en sistemas BRUVS a gran escala y replicación dentro del sitio para enfatizar la riqueza y abun-

dancia. Dentro de estas limitaciones, estos tipos de medidas pueden proporcionar información táctica para las intervenciones de gestión, particularmente cuando se tienen en cuenta variables físicas y ambientales a mayor escala (Espinoza et al., 2020).

## RECOMENDACIONES

- Aumento de esfuerzo de muestreo. Se recomienda encarecidamente aumentar el número de lances por sitio y por isla, como medidas complementarias de análisis de BRUVS. Dado que la metodología se puede llevar a cabo junto con las principales metodologías de encuesta y requiere poco apoyo logístico adicional, los datos derivados de este método proporcionan información adicional útil con poco coste adicional. Aunque se hicieron esfuerzos para lanzar líneas todos los días, un esfuerzo mayor de seis lances por día sería ventajoso para el monitoreo a largo plazo.
- Cuantificación de factores ambientales adicionales. Se recomienda cuantificar variables físicas ambientales adicionales y las variaciones de temperatura a nivel del sitio. Esto puede proporcionar covariables para estandarizar las raciones y las estimaciones de la fuerza de interacción, particularmente cuando hay diferencias en estas variables entre sitios.
- Obtener datos comparativos. Repitiendo esta metodología con un número de muestreos similares a largo plazo proporcionará datos comparativos útiles, esto ayudará a interpretar los resultados de las asociaciones e interacciones de taxones entre islas. Además, el estudio de montes submarinos en el PNR ayudaría a entender más los ecosistemas y las interacciones con las especies. Es decir, uno esperaría asociaciones e interacciones similares de taxones en los diferentes sitios con ambientes diferentes (islas y montes submarinos). Como estos otros ambientes varían en las condiciones físicas y oceanográficas y sus interacciones con las especies.

## CAPÍTULO XII

# DIATOMEAS EPIFITAS DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO PARA LA GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE

---

### DIRECTOR DEL PROYECTO:

Francisco Omar López Fuerte<sup>1</sup>

### COLABORADORES:

David A. Siqueiros Beltrones<sup>2</sup>,  
Elisa Serviere Zaragoza<sup>3</sup>, Juan Manuel López Vivas<sup>1</sup>,  
Ma. Carmen Altamirano Cerecedo<sup>1</sup>,  
Sergio Flores Ramírez<sup>1</sup>, Héctor Reyes Bonilla<sup>1</sup>



Ketchum, J. T., Sánchez-Gómez, H., Robalino-Mejía, C., & Hoyos-Padilla, M. (2025). *Abundancia y diversidad de tiburones en el Parque Nacional Revillagigedo*. En CONANP, *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 213–227).

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). La Paz, B. C. S. México

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), La Paz, Baja California Sur, México

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR), La Paz, Baja California Sur, México

## RESUMEN

El presente trabajo incluye un catálogo iconográfico (Anexo S15) y una referencia nomenclatural actualizada de las especies de diatomeas epifitas de macroalgas del Parque Nacional Revillagigedo. En abril de 2023 se recolectaron talos de diferentes especies de macroalgas entre los 10 y 20m de profundidad en 10 sitios de las tres islas que componen el Parque Nacional. Las diatomeas separadas de los talos de las macroalgas se montaron en laminillas permanentes usando resinas sintéticas y se inspeccionaron bajo microscopía óptica. Así, se registraron 279 taxones: 221 especies, 47 variedades, cuatro formas, tres taxones que se adscribieron bajo la condición de cf. a las especies más similares encontradas en la literatura, tres se identificaron solo hasta nivel género y un taxon bajo la categoría de incertae sedis a nivel Clase, Orden y Familia. El total de taxones están representados en 88 géneros. Los 279 taxones registrados se muestran en un catálogo iconográfico (Anexo S15) conformado por 205 figuras (láminas), las cuales incluyen para algunos taxones imágenes en distintos planos focales, tamaños y vistas (valvar y conectiva). En este catálogo se adicionan 131 taxones a la información florística e iconográfica publicada previamente para las Islas Revillagigedo.

## INTRODUCCIÓN

En términos de biodiversidad los planes de manejo de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de nuestro país se fundamentan en información sobre la macrofauna y/o macroflora. De acuerdo con esto, los inventarios taxonómicos (florísticos y faunísticos) constituyen una de las herramientas principales para el manejo de los recursos naturales de cualquier ANP, mismos que se fundamentan generalmente en prospecciones y estudios realizados por especialistas, quienes además suelen determinar los atributos poblacionales de los distintos grupos taxonómicos (riqueza, diversidad, equidad, dominancia, uso de posibles especies como bioindicadores) para ser utilizados en los planes de manejo. No obstante, el estudio de la biodiversidad microbiana suele soslayarse, lo cual resulta paradójico dado que estos grupos taxo-

nómicos conforman en términos de diversidad y biomasa los componentes básicos de cualquier ecosistema marino. En dicho ambiente, las diatomeas (planctónicas y bentónicas) suelen ser el componente más representativo en términos de riqueza y biomasa y su papel como productores primarios es elemental para el buen funcionamiento de los ecosistemas.

De acuerdo con lo anterior, para contribuir con el conocimiento de uno de los grupos de microorganismos más conspicuos e importantes en los ecosistemas bentónicos los objetivos de este trabajo fueron:

### OBJETIVO GENERAL:

Elaborar una lista de especies de diatomeas epifitas de macroalgas del Parque Nacional Revillagigedo (PNR).

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la riqueza de especies de diatomeas epifitas de diferentes especies de macroalgas en el PNR.
- Elaborar una lista sistemática (base de datos) de las diatomeas epifitas del PNR.
- Elaborar un catálogo iconográfico de referencia de diatomeas epifitas del PNR.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Las macroalgas se recolectaron en abril de 2023 durante una expedición ex profeso a las Islas Revillagigedo (Figura 103). Las macroalgas recolectadas por isla y sitio se detallan en la Tabla XXIII. Sitios de recolecta de macroalgas por isla y sitio del Parque Nacional Revillagigedo. La recolección de las macroalgas se llevó a cabo principalmente sobre sustrato rocoso a nivel submareal mediante buceo SCUBA entre los 10 y 20 metros de profundidad. Se recolectaron manualmente o con espátula entre uno y cinco talos de cada género algal diferenciado. Los especímenes recolectados

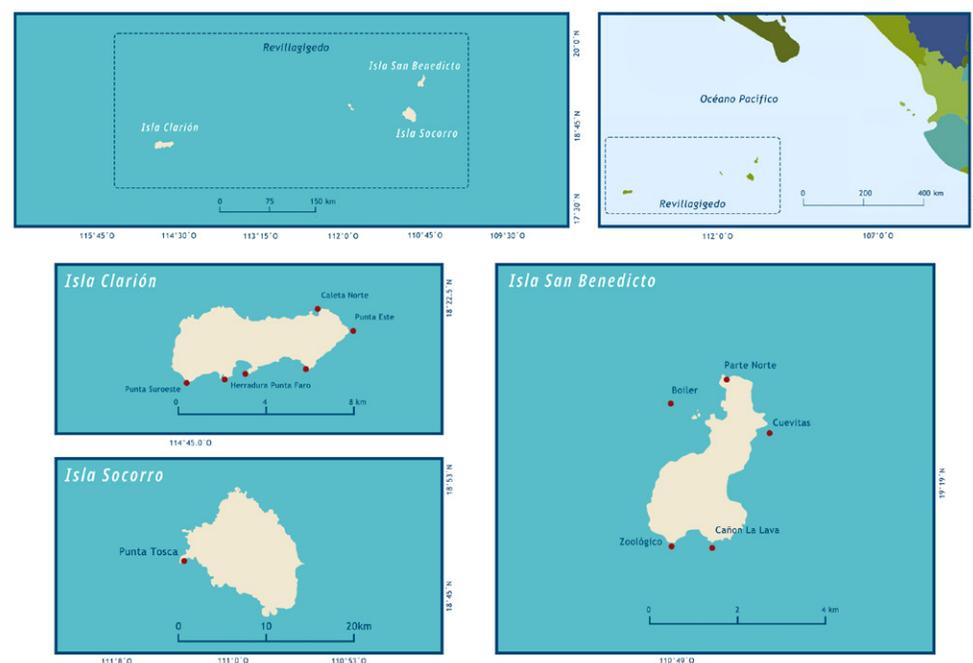


Figura 103. Localización de los sitios de recolecta de macroalgas en el archipiélago Parque Nacional Revillagigedo.

se colocaron en bolsas de plástico sellables tipo “ziplock” previamente etiquetadas. Para talos o algas muy pequeñas o delicadas (e.g. *Neomeris* sp. y *Asparagopsis* sp.), se utilizaron viales y frascos para su recolecta, respectivamente. Todas las muestras se preservaron en congelación hasta su procesamiento en el laboratorio.

En la Tabla XXIII se muestran las macroalgas que fueron recolectadas para la observación de diatomeas en el Parque Nacional Revillagigedo.

El procesamiento de los talos algales incluyó su enjuague con agua dulce para separar organismos y restos de materia que no estuvieran adheridos firmemente a ellos. Posteriormente, las diatomeas se separaron de los talos algales mediante un cepillado dentro de una charola, utilizando un cepillo dental. Durante el cepillado el talo se enjuagó con una piseta que contenía 250 ml de agua purificada, obteniendo así un volumen total (VT) de ~250 ml de muestra. El VT se concentró en un volumen

TABLA XXIII. SITIOS DE RECOLECTA DE MACROALGAS POR ISLA Y SITIO DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

Isla	Sitio	Taxon
Isla San Benedicto	Fondeadero	<i>Dictyota sandvisensis</i>
		<i>Dictyota stolonifera</i>
		<i>Padina</i> sp.
		<i>Sargassum</i> sp.
	El Boiler	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>
		<i>Dictyota sandvisensis</i>
		<i>Laurencia</i> sp. 1
		<i>Laurencia</i> sp. 2
		<i>Rodófitas</i>
	Zoológico	<i>Filamentosa</i>
	Cañón La Lava	<i>Bryopsis</i> sp.
		<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>
		<i>Dictyota sandvisensis</i>
		<i>Dictyota</i> sp.
		<i>Liagora californica</i>
		<i>Padina</i> sp.
		<i>Scinaia</i> sp.
		<i>Sparagopsis taxiformis</i>
	Las Cuevitas	<i>Dictyota sandvisensis</i>
		<i>Dictyota</i> sp. 1
<i>Dictyota</i> sp. 2		
<i>Dictyota stolonifera</i>		
<i>Laurencia</i> sp.		
<i>Padina</i> sp.		
<i>Scinaia</i> sp.		

Isla	Sitio	Taxon
Isla Clarión	Barbas de Bin Laden	<i>Caulerpa</i> sp.
		<i>Derbesia</i> sp.
		<i>Dictyota</i> sp.
		<i>Galaxaura</i> sp.
		<i>Halimeda</i> sp.
		<i>Neomeris</i> sp.
		<i>Padina</i> sp. 1
	<i>Padina</i> sp. 2	
	Punta Este	<i>Dictyota</i> sp. 1
		<i>Dictyota</i> sp. 2
		<i>Halimeda</i> sp.
		<i>Padina</i> sp.
		<i>Sargassum</i> sp. 1
		<i>Sargassum</i> sp. 2
	Caleta Norte	<i>Neomeris</i> sp.
	Punta Suroeste	<i>Asparagopsis</i> sp.
		<i>Codium</i> sp.
		<i>Dictyota</i> sp. 1
		<i>Dictyota</i> sp. 2
		<i>Feofícea</i>
		<i>Halimeda</i> sp.
		<i>Lobophora</i> sp.
		<i>Padina</i> sp.
		<i>Plocamium</i> sp.
		<i>Sargassum</i> sp.
	<i>Ulva</i> sp.	
	Isla Socorro	Punta Tosca
<i>Dictyota</i> sp.		
<i>Padina</i> sp.		
<i>Sargassum</i> sp. 1		
<i>Sargassum</i> sp. 2		
<i>Sargassum</i> sp. 3		

de 15 ml. Esto es, el VT se repartió en 16 tubos Falcón de 15 ml, mismos que se centrifugaron a 4000 rpm por cinco minutos, retirando el sobrenadante de cada tubo hasta dejar ~0.95 ml de muestra, conformándose así un nuevo VT constituido por una sola muestra de ~15 ml. De estos ~15 ml se tomó una alícuota de 1 ml para la oxidación de la materia orgánica proveniente, tanto de los talos algales, como de las diatomeas mismas (exterior e interior de las células). Para la oxidación se siguió la técnica descrita en Siqueiros Beltrones (2002), colocándose una mezcla de muestra, ácido nítrico y alcohol en proporción 3:1:1 respectivamente en un tubo de ensaye de cristal de 30 ml. La muestra oxidada se pasó a un tubo Falcón de 15ml, el cual se aforó con agua purificada y se centrifugó a 4000 rpm por cinco minutos; posteriormente se retiraron 14 ml del sobrenadante y se aforó de nuevo a 15 ml con agua purificada; este proceso de "lavado" se repitió generalmente cinco veces o más hasta alcanzar un pH circumneutral (>6). De las muestras de diatomeas limpias que se obtuvieron de cada especie de macroalga se prepararon tres montajes (laminillas) permanentes utilizando las resinas sintéticas Zrax y Pleurax (IR=1.7).

Para la fase de identificación de la diatomoflora, cada laminilla se revisó bajo un microscopio óptico Zeiss Axio Lab-A1 con contraste de fases, equipado con una cámara digital Canon EOS Mark II. Durante la revisión de las laminillas se tomaron a un aumento de 1000× un número variable de fotografías de cada taxón dependiendo de sus características morfológicas y estructurales, tratando que se pudieran presentar en una lámina mostrando las características diagnósticas de los taxones identificados. Las identificaciones taxonómicas se realizaron con base en la morfología de la frústula y en la medida de lo posible se revisaron los trabajos en que se describió por primera vez cada taxón; así mismo y de manera complementaria se utilizó lo que se considera por diatomólogos como literatura clásica: Peragallo y Peragallo (1908), Hustedt (1955-1959, 1961-1966), Cleve-Euler (1953-1955), Desikachary (1987-1989), Schmidt et al. (1959); literatura regional o especializada en algún género (e. g. *Mastogloia*); Foged (1975, 1978, 1984), Moreno et al. (1996), Witkowski et al. (2000), Siqueiros-Beltrones (2002), Hein et al. (2008), López-Fuerte et al. (2010,

2013), Stidolph et al. (2012) y Loir y Novarino (2013). Para algunos taxones se utilizaron las descripciones publicadas en revistas especializadas. El total de taxones registrados se presentan en una lista sistemática siguiendo los sistemas de clasificación propuestos por Round et al. (1990), Medlin & Kaczmarska (2004), Kingston (2003) y Kociolek & Spaulding (2003). Así mismo, se realizaron las actualizaciones nomenclaturales según AlgaeBase y [www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org).

## RESULTADOS

Se registraron 279 taxones de diatomeas constituidos por 221 especies, 47 variedades, cuatro formas, tres taxones que se adscribieron bajo la condición de cf., a las especies más similares encontradas en la literatura, tres identificados hasta nivel género y un taxon bajo la categoría de incertae sedis a nivel Clase, Orden y Familia (Apéndice). El total de taxones están representadas en 88 géneros. De estos, 48 estuvieron representados por un solo taxon (solitones). Los 279 taxones registrados se muestran en un catálogo iconográfico conformado por 205 figuras (láminas), mismas en las que en algunos casos se incluyen imágenes en distintos planos focales, tamaños y vistas (valvar y conectiva). A continuación, se presenta un análisis de la riqueza registrada para cada una de las Clases de diatomeas en que se divide la lista sistemática, i.e., Coscinodiscophyceae, Mediophyceae y Bacillariophyceae.

La Clase Coscinodiscophyceae, está representada por 23 taxones, los cuales representan el 7.58% del total registrado. Estos taxones pertenecen a tres Subclases, seis Ordenes, nueve Familias y 14 Géneros (Apéndice). La Clase Mediophyceae, está representada por 24 taxones, los cuales representan el 8.72% del total registrado. Estos taxones pertenecen a siete Ordenes, ocho Familias y 15 Géneros (Apéndice). La Clase Bacillariophyceae, está representada por 232 taxones, los cuales representan el 83.7% del total registrado. Estos taxones pertenecen a tres Subclases, 16 Ordenes, cuatro Subórdenes, 33 Familias y 59 Géneros (Apéndice).

En cuanto a los géneros mejor representados con respecto al número de taxo-

nes por Clase, para Coscinodiscophyceae fue *Actinocyclus* con cinco, mientras que para la Clase Mediophyceae fueron *Licmophora* y *Grammatophora* con ocho taxones para ambos casos. Los 21 taxones pertenecientes a estos tres géneros representan el 24.4% del total registrado. Por otra parte, 32 (37.3%) de los géneros reportados estuvieron representados por un solo taxón. Por último, para la Clase Bacillariophyceae los géneros *Mastogloia* con 31 taxones, *Diploneis* (26), *Amphora* (21), *Cocconeis* (14), *Navicula* (12) y *Nitzschia* (9) fueron los más representativos, mientras que en lo que respecta a los solitones estos estuvieron representados solamente por 16 géneros los cuales representan el 8.5% del total.

## OBSERVACIONES FINALES

De acuerdo con la diversidad del sustrato macroalgal disponible en los litorales del PNR de aproximadamente 200 taxones (León-Tejera et al., 1996) potencialmente colonizable por diatomeas, los estudios previos habrían subestimado la riqueza de especies diatomeas epifitas de la zona. Los resultados florísticos del primer estudio exploratorio de diatomeas sobre diatomeas epifitas de macroalgas en el PNR permitían proyectar que muestreos más extensivos y comprensivos incrementarían el número de taxones registrados hasta alrededor de los 500. Consecuentemente, este catálogo adiciona 131 taxones a la información florística e iconográfica publicada por Siqueiros Beltrones et al. (2019, 2021, 2022), quienes lograron un registro de 348 taxones una vez que dichos registros históricos se actualizaron nomenclaturalmente, lo que resulta ahora en un total de 479 taxones de diatomeas epifitas para el PNR. De acuerdo con esto, se confirma que el esfuerzo florístico, i.e., muestreos más extensivos y la inspección exhaustiva de las muestras montadas han redituado una lista taxonómica más completa y no redundante, representativa del PNR, al menos para sustrato macroalgal.

Lo anterior obliga a explorar intensivamente otros sustratos del PNR, tanto rocosos, como sedimentos, y otros elementos vivos, v.gr., formas epizoicas en las que se han registrado hasta más de 1000 taxones en ambientes tropicales del sureste

mexicano, tan solo en sedimentos (López-Mejía *et al.*, 2023), por lo que es factible proyectar una riqueza de especies similar considerando los distintos sustratos del PNR. Ello permitiría establecer referencias más confiables respecto a los estándares de conservación de esta área natural protegida.

López-Fuerte, F. O., Siqueiros-Beltrones, D. A., Serviere-Zaragoza, E., & López-Vivas, J. M. (2025). *Diatomeas epifitas del Parque Nacional Revillagigedo*. En CONANP (Ed.), *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 229–238).

## CAPÍTULO XIII

# DETECCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS MARINAS EN EL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

---

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Cristian Moisés Galván Villa<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100, 45200, Predio Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México

## ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

Durante la expedición científica realizada del 16 al 27 de abril de 2023 al Parque Nacional Revillagigedo se visitaron en total 16 sitios distribuidos en las 3 islas y el islote de Roca Partida (6 en San Benedicto, 7 en Isla Clarión, 1 en Roca Partida y 2 en Isla Socorro) Tabla XXIV).

En ninguno de los sitios monitoreados se registraron especies exóticas invasoras (EEI) reportadas previamente para la costa de México. Se observó que el estado de salud de los arrecifes es bueno (Figura 104).

**TABLA XXIV.** Sitios monitoreados durante la expedición en abril de 2023. EEI = Especies exóticas invasoras

Isla	Sitio	Profundidad máxima (m)	Detección de EEI
San Benedicto	El Fondeadero	29	No
	El Boiler	24	No
	Punta Norte	24	No
	Punta Suroeste	25	No
	El Cañón	26	No
	Cuevitas	23	No
Clarión	Punta Este	21	No
	Punta El Faro	23	No
	Barbas de bin Laden	16	No
	Punta Noroeste	21	No
	Piedra Caleta	22	No
	Punta Suroeste	20	No
	Piedra Monumento	24	No
Roca Partida	Pared externa	27	No
Socorro	Punta Tosca	23	No
	Bahía Vargas-Lozano (Muelle)	0.5	No

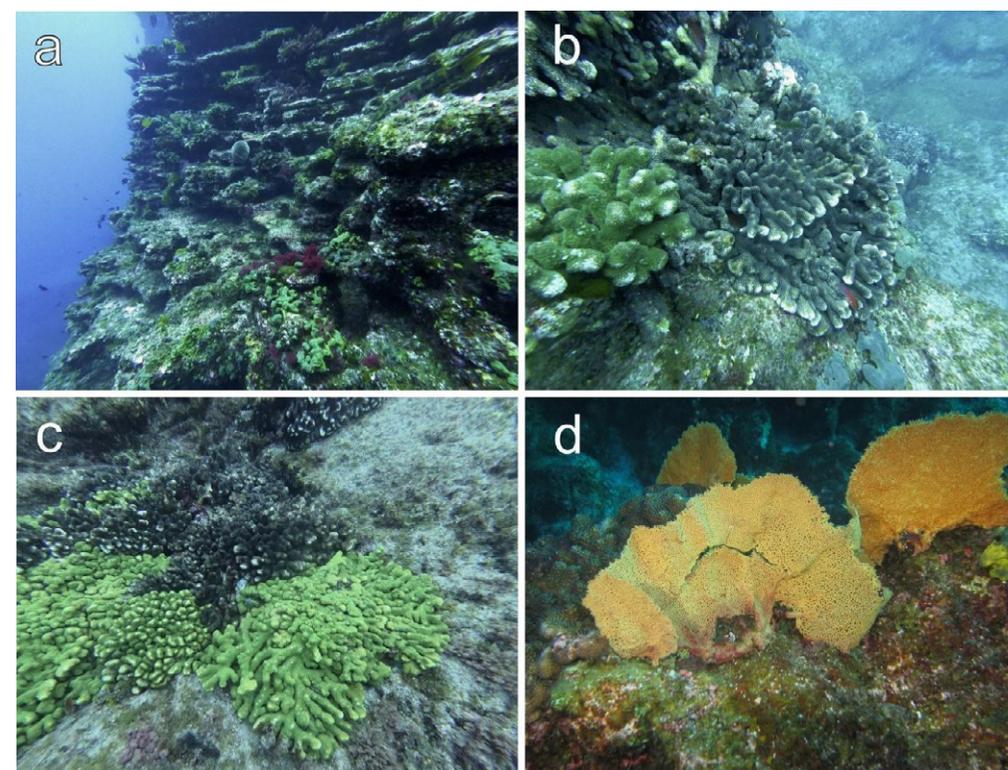


Figura 104. Estructuras arrecifales de Revillagigedo. **a)** Pared rocosa en San Benedicto; **b-c)** Colonias de corales pétreos del género *Pocillopora*; **d)** Abanicos de mar del género *Pacifigorgia*.

## DESECHOS MARINOS

Aunque no se observaron EEI, se identificaron sustratos artificiales propicios para el asentamiento de fauna asociada como sogas y boyas de media agua (Figura 105). Los desechos marinos (debris marino) incluye todos aquellos materiales sólidos presentes en los ambientes marinos (UNEP y GRID-Arendal, 2016). Los desechos marinos pueden generar diversos problemas a los ecosistemas naturales marinos como ser ingeridos por los animales (lo que les puede causar la muerte), liberar sustancias tóxicas y convertirse en vectores de organismos invasores o patógenos para los diversos organismos marinos (Alimba y Faggio, 2019).

En la isla San Benedicto se encontraron diversos cabos (sogas) en el sitio Punta Norte a una profundidad de entre 15 y 20 metros. Estas se encuentran enredadas

sobre rocas en el fondo marino. Se sugiere hacer la extracción de las mismas para reducir las posibilidades de asentamiento de organismos no nativos. En el sitio Cuevitas en la misma isla de San Benedicto se encontró una boya a media agua. Sobre esta se observó un crecimiento masivo de diferentes organismos incrustantes, lo cual se puede convertir en un sustrato colonizado por organismos exóticos. En estos casos se sugiere hacer una sustitución (si están en uso) o limpieza periódica de las mismas para evitar el asentamiento de organismos introducidos.

### ESTRELLA CORONA DE ESPINAS

Durante las inmersiones se observan un gran número de estrellas de mar Corona de Espinas (Figura 106). El estatus taxonómico de la especie se encuentra actualmente bajo debate. Estudios moleculares recientes determinaron que *A. planci* es un complejo de especies distribuidas en distintas regiones (Wörheide et al., 2022) y que la especie que se distribuye en el Pacífico americano corresponde a *Acanthaster* cf. *solaris* (Schreber, 1793) (Haszprunar y Spies, 2014; Haszprunar et al., 2017). Sin embargo, la falta de material tipo no permite justificar totalmente la validez de esta determinación; por lo tanto, la especie presente en el Pacífico Oriental Tropical sigue siendo reconocida como *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758). Aunque esta estrella de mar no es una especie exótica introducida en el Parque Revillagigedo, la alta densidad de organismos que se observó durante el monitoreo es una señal de alerta. La mayoría de las estrellas se encontraron depredando colonias de corales pétreos de los géneros *Pocillopora*, *Pavona* y *Porites*. Esta estrella puede generar una depredación masiva de colonias de corales escleractinios (Rodríguez-Villalobos y Ayala-Bocos, 2021), lo que representa una amenaza a la cobertura de coral vivo en el parque. Por lo que se sugiere analizar con detalle la presencia de la estrella en el parque para tomar acciones sobre la misma.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La introducción de una especie exótica marina es muy difícil de predecir y prevenir. El monitoreo continuo resulta una de las herramientas más eficientes para realizar

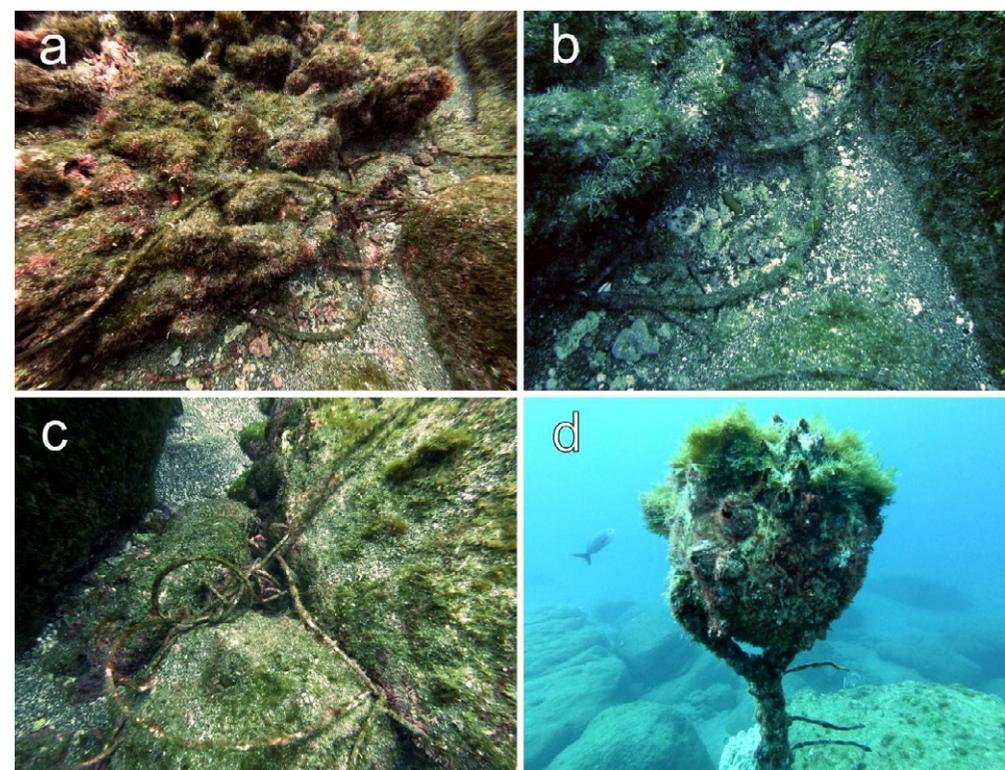


Figura 105. Desechos marinos encontrados en el Parque Nacional Revillagigedo. a-c) Restos de un cabo encontrados en Punta Norte en Isla San Benedicto; d) Boya a media agua cubierta de epifauna localizada en el sitio Cuevitas en San Benedicto.

detecciones tempranas, lo que permite tomar acciones de manejo más simples y económicas. El grado de aislamiento que presentan las islas que conforman el Parque Nacional Revillagigedo reduce las posibilidades de presentar una introducción por una especie invasora, sin embargo, el continuo tráfico marítimo de embarcaciones turísticas y militares puede ser un vector que facilite alguna introducción. Se sugiere desarrollar una campaña de concientización a los prestadores de servicios turísticos para que de manera voluntaria hagan inspecciones de los cascos de sus embarcaciones y limpiezas continuas para evitar el traslado de especies polizontes. De igual forma, es recomendable informar a los visitantes de la importancia de limpiar adecuadamente su equipo de buceo antes de realizar la visita al parque,

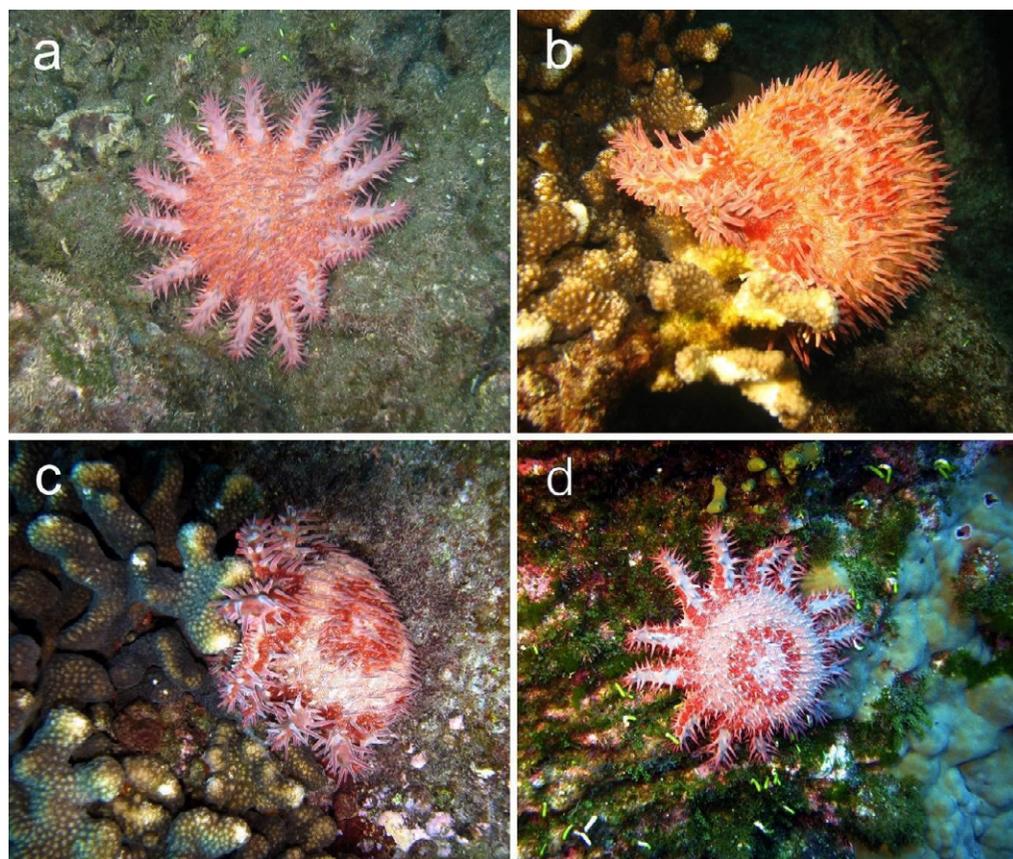


Figura 106. *Acanthaster planci* presente en el Parque Nacional Revillagigedo. a) Ejemplar encontrado en San Benedicto; b-c) Estrellas Corona de Espinas depredando colonias de coral *Pocillopora* en Isla Clarión; c) Estrella alimentándose de coral *Porites* en Isla San Benedicto.

con lo cual se evitará el traslado e introducción de propágulos, larvas o incluso microorganismos en los equipos que utilizarán durante sus inmersiones en el parque.

## CAPÍTULO XIV

# LISTA SISTEMÁTICA DE LOS PECES ÓSEOS DEL ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO

DIRECTOR DE PROYECTO:

Omar Domínguez Domínguez<sup>1</sup>



Galván-Villa, C. (2025). *Detección de especies exóticas marinas en el Parque Nacional Revillagigedo*. En CONANP, *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 239–244).

<sup>1</sup>Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, 58030, México

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio abarcó principalmente las islas Clarión y Socorro, con algunas muestras de San Benedicto y Roca Partida, Archipiélago Revillagigedo, México. Las muestras de arrecifes fueron recolectadas mediante buceo autónomo utilizando arpones; algunos organismos fueron recogidos con cuerdas y anzuelos de pesca. Los peces criptobénticos fueron recolectados utilizando el anestésico eugenol (aceite de clavo) en una proporción de 1:5 (eugenol: etanol) (Torres-Hernández et al., 2016). Cuando los organismos estaban sedados, se capturaban con una jeringa de succión o una red de mano. Las muestras fueron fijadas en formol al 5% o 10%, neutralizadas con borato de sodio y posteriormente almacenadas en etanol al 70%. Las muestras recolectadas se depositaron en la colección de tejidos de la Colección de Peces de la Universidad Michoacana (CPUM; MICH-PEC-227-07-09).

Los peces fueron identificados utilizando las claves y descripciones de Springer (1962), Allen y Robertson (1991, 1992, 1998), Fisher et al. (1995), Castro-Aguirre et al. (1999), Hastings y Robertson (1999, 1999b), Tomson et al. (2000), Carpenter y Niem (2001), Miller y Stefanni (2001), Miller et al. (2005), Robertson y Allen (2015), Allen y Robertson (2008), páginas web (Fishbase.com y la guía digital de peces del Smithsonian, <http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/thefishes/taxon/15>). La lista se realizó siguiendo a Nelson (2016) para llegar a la familia y a Eschmeyer et al. (2016) para corroborar nombres a nivel de género y especie. La disposición de los géneros y especies fue en orden alfabético.

## RESULTADOS

### Listado taxonómico

La lista sistemática comprende 122 especies, 44 familias y 93 géneros Tabla XXV. Lista actualizada de la ictiofauna de arrecifes de las Islas Clarión y Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. La columna de distribución muestra las islas con registros conocidos de la especie, según Del Moral-Flores et al. (2016); Fourrier et al. (2016) y la guía digital de peces del Smithsonian, <http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/>

es/thefishes/taxon/. La columna de encuentro en Isla representa las Islas donde fueron registradas en este estudio. Palabras clave: S = Isla Socorro; C = Isla Clarión, B= San Benedicto y, R = Roca Partida, V & P se encontraron en registros de video o fotografía, N/I son las especies de las cuales no se encontró información sobre las islas específicas que habitan y que solo se informan para el Archipiélago. El asterisco (\*i) indica las especies que amplían su rango de distribución en el Archipiélago, y aquellas con un signo positivo (+) son aquellas que, aunque tenían registros en el Archipiélago de Revillagigedo, no se conocían las islas que habitaban.V) Las familias que representan el mayor número de especies fueron Labridae (11 especies), Murænidae (10) y Carangidae (7). Los géneros con el mayor número de especies fueron *Caranx* (Lacepède, 1801), *Halichoeres* (Rüppell, 1835) y *Kyphosus* (Lacepède, 1801) con cuatro especies, seguidos por *Acanthurus* (Forsskal, 1775), *Gymnothorax* (Bloch, 1795), *Labrisomus* (Swainson, 1839) *Myripristis* (Cuvier, 1829) y *Thalassoma* (Swainson, 1839) con tres especies.

De las 122 especies que fueron incluidas en la lista, 115 fueron incorporadas en la CPUM (MICH-PEC-227-07-09), y las demás fueron muestreadas mediante registros fotográficos y de video.

Dieciocho especies aumentaron su rango de distribución dentro del Archipiélago, la mayoría de ellas pertenecen al grupo de peces criptobénticos. Esto se debe principalmente a que los estudios ictiofaunísticos realizados en su mayoría han sido mediante censos visuales y enfocados en la fauna conspicua, no en la fauna criptobéntica, la cual requiere de técnicas de muestreo e identificación un poco más complejas. Por lo que, esto demuestra que hacen falta muchos estudios enfocados en conocer el componente críptico de la ictiofauna del Archipiélago

## POSIBLES ESPECIES NUEVAS

Durante este estudio se registraron especies que parecían no coincidir en caracteres morfológicos con las ya descritas, por lo que se realizaron análisis genéticos

para entender su relación evolutiva con poblaciones de otras regiones del Pacífico Oriental Tropical. Con estos estudios encontramos que poblaciones de varias especies del archipiélago presentan una diferenciación genética que puede indicar linajes evolutivos independientes e incluso posibles nuevas especies en el archipiélago. Se consideran como posibles nuevas especies ya que los estudios genéticos realizados deben ser complementados con estudios taxonómicos detallados que, en conjunto, darán pauta para la descripción de especies nuevas bajo un estudio de taxonomía integrativa.

**Tabla XXV.** Lista actualizada de la ictiofauna de arrecifes de las Islas Clarión y Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México.

La columna de distribución muestra las islas con registros conocidos de la especie, según Del Moral-Flores et al. (2016); Fourrier et al. (2016) y la guía digital de peces del Smithsonian, <http://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/thefishes/taxon/>. La columna de encuentro en Isla representa las Islas donde fueron registradas en este estudio. Palabras clave: **S** = Isla Socorro; **C** = Isla Clarión, **B**= San Benedicto y, **R** = Roca Partida, V & P se encontraron en registros de video o fotografía, N/I son las especies de las cuales no se encontró información sobre las islas específicas que habitan y que solo se informan para el Archipiélago. El asterisco (\*) indica las especies que amplían su rango de distribución en el Archipiélago, y aquellas con un signo positivo (+) son aquellas que, aunque tenían registros en el Archipiélago de Revillagigedo, no se conocían las islas que habitaban.

Taxón	Encuentro en isla	Distribución
<b>Familia Muraenidae</b>		
<i>Echidna nocturna</i> (Cope, 1872)	S-C	
<i>Echidna nebulosa</i> (Ahl, 1789)	S-C	
* <i>Enchelycore octaviana</i> (Myers and Wade, 1941)		S
<i>Gymnothorax castaneus</i> (Jordan y Gilbert, 1883)		S-C
* <i>Gymnothorax flavimarginatus</i> (Rüppell, 1830)		N/I
<i>Gymnothorax panamensis</i> (Steindachner, 1876)	S-C	S-C-B-R S
* <i>Gymnomuraena zebra</i> (Shaw, 1797)	S-C S S-R-B	S-B-R S-C
<i>Muraena lentiginosa</i> (Jenyns, 1842)	C	S-C-R
<i>Scuticaria tigrina</i> (Lesson, 1828)		
<i>Uropterygius macrocephalus</i> (Bleeker, 1864)		

Taxón	Encuentro en isla	Distribución
<b>Familia Ophichthidae</b>		
<i>Myrichthys pantostigmus</i> (Jordan and y McGregor in Jordan & Evermann, 1898)	S C	S-C
<i>Myrichthys tigrinus</i> (Girard, 1859)	S-B C	S-C
<b>Familia Holocentridae</b>		
<i>Neoniphon suborbitalis</i> (Gill, 1863)	S-C	S-C-B-R
<i>Myripristis bernrdti</i> (Jordan and Evermann, 1903)	S-C-B S	N/I
<i>Myripristis clariónensis</i> (Gilbert, 1897)		S-C-B-R
<b>Familia Apogonidae</b>		
<i>Apogon atricaudus</i> (Jordan and McGregor, 1898)	C	S-C-B-R
<b>Familia Gobiidae</b>	S-C-B	
* <i>Lythrypnus insularis</i> (Bussing, 1990)	S-C-B S-C	S-C
<i>Bathygobius ramosus</i> (Ginsburg, 1947)		S-C
* <i>Coryphopterus urosphilus</i> (Ginsburg, 1938)	S-C-B	S-C
<b>Familia Pomacentridae</b>		
<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1862)	S-C	S-C-B
<i>Microspathodon bairdii</i> (Gill, 1862)	S-C	S-C-B

Dominguez-Dominguez O., (2025). Lista sistemática de los peces óseos del Archipiélago de Revillagigedo En CONANP, *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 245–249).

CAPÍTULO XV

## MAPEO DE MANGLE

BOTONCILLO (*Conocarpus erectus*)

Y ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE

VEGETACIÓN DE DIFERENCIA

NORMALIZADA

---

ANALISTAS DE DATOS:

Benigno G. Guerrero Martínez<sup>1</sup>,

Eduardo León Solórzano<sup>1,2</sup> y

Melissa Salgado Castrejón<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación A.C. Del pirata 420, 23090. La Paz, Baja California Sur

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Ave. IPN s/n, La Paz, Baja California Sur, CP 23096, México

## INTRODUCCIÓN

Los manglares son un grupo de plantas arbustivas que a través de procesos evolutivos han creado una serie de adaptaciones que les permiten sobrevivir en condiciones de salinidad variada, se caracterizan por colonizar las zonas costeras y en algunos casos islas insulares de nuestro planeta (Nagelkerken I.S *et al.*, 2008; López-Portillo, J. A. *et al.*, 2011).

Las zonas donde se establecen estos ecosistemas están bien definidas, ocupando principalmente los estuarios, esteros y zonas costeras con salinidades de entre 2.5 y 80‰ (Twilley, 1998). La salinidad y el hidro período son las principales variables que definen el desarrollo de estos bosques, que se asocian a la mezcla regular de agua marina y continental; que dependen en gran medida de los tipos de suelos, el relieve, el ciclo de mareas y el aporte de agua dulce que se tenga de la temporada de lluvias. Así mismo existen diferencias en los patrones de distribución de las especies de mangle asociadas a los cambios de temperatura, la precipitación y distribución continental de agua (Méndez Alonzo *et al.*, 2008).

Estos ecosistemas se han destacado por presentar diversos servicios ecosistémicos que se han valorado hasta en 126,069 mil dólares por hectárea por año, (CONABIO, 2021; Costanza R., *et al.* 2014; Salem M.E. y Mercer, D.E., 2012), resaltando la importancia del conocimiento y valoración de las áreas con presencia de manglar; tal como lo menciona (Acosta-Velázquez J., *et al.*, 2019), donde se comenta la relevancia de mapear y zonificar los ecosistemas de mangle para el entendimiento y manejo de estos hábitat naturales. Para su uso, gestión y conservación es necesaria la implementación de técnicas de monitoreo y evaluación que permitan el manejo de las zonas de manglar; Particularmente haciendo estudios que determinen la extensión de los manglares (Hsu *et al.* 2020).

El *Conocarpus erectus*, comúnmente conocido como mangle botón o mangle gris, es una especie de mangle perteneciente a la familia Combretaceae. Este árbol o arbusto se encuentra principalmente en zonas costeras tropicales y subtropicales de América, África occidental y algunas islas del Pacífico. El mangle botón es cono-

cido por su resistencia y adaptabilidad a condiciones salinas y anóxicas, lo que le permite prosperar en estuarios, márgenes de lagunas y áreas intermareales.

De acuerdo con la literatura recopilada, aún no se han realizado investigaciones específicas sobre los ecosistemas costeros, como los manglares en el Archipiélago de Revillagigedo. Aunque algunas investigaciones han identificado los matorrales de *Conocarpus erectus* como una de las asociaciones vegetales primarias en la isla (Levin y Moran, 1989; Johnston I.M., 1931; Mille-Pagaza, 1994; Flores-Palacios *et al.*, 2009), se sabe muy poco sobre su estado actual y su ecología. Por lo tanto, resulta crucial monitorear este hábitat y establecer una línea base.

## RESULTADOS PRELIMINARES

### Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación

De acuerdo con el análisis multitemporal del periodo 2003 - 2010 el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación en las áreas de Playa Blanca y Playa Norte exhibieron valores máximos positivos alrededor de 0.25. A pesar de esto, no implica necesariamente que la vegetación en estas zonas está experimentando estrés fisiológico constante. Más bien, estos valores son consistentes con aquellos observados en otros tipos de vegetación en regiones semiáridas Figura 107. A. Serie temporal de los valores de NDVI y su tendencia en los años en Playa Blanca. B. Anomalías positivas y negativas, por encima o debajo de la media respectivamente, de los valores de NDVI.7). La tendencia del NDVI en Playa Blanca ha permanecido estable desde el año 2014, indicando que su actividad fotosintética no ha experimentado cambios significativos Figura 107. A. Serie temporal de los valores de NDVI y su tendencia en los años en Playa Blanca. B. Anomalías positivas y negativas, por encima o debajo de la media respectivamente, de los valores de NDVI.7A). Sin embargo, durante el periodo 2014-2015, se identifican anomalías negativas constantes, con mayor frecuencia que anomalías positivas, coincidiendo con el periodo de calentamiento asociado al fenómeno de El Niño Figura 107. A. Serie temporal de los valores de NDVI y su tendencia en los años en Playa Blanca. B. Anomalías positivas y negativas,

por encima o debajo de la media respectivamente, de los valores de NDVI.7B). Este patrón también se observa en Playa Norte, con un periodo adicional de marcadas anomalías negativas durante 2021-2022 Figura 107. A. Serie temporal de los valores de NDVI y su tendencia en los años en Playa Blanca. B. Anomalías positivas y negativas, por encima o debajo de la media respectivamente, de los valores de NDVI.7B). La tendencia del NDVI en Playa Norte sugiere un aumento en la condición fotosintética de las plantas en los últimos años en comparación con 2014 Figura 108. A. Serie temporal de los valores de NDVI y su tendencia en los años en Playa Norte. B. Anomalías positivas y negativas, por encima o debajo de la media respectivamente, de los valores de NDVI.8). En ambas zonas, se destaca que la mayor actividad fotosintética se registra durante los últimos meses del año, posterior a la época de lluvias y en concordancia con los meses más húmedos en el Archipiélago de Revillagigedo.

## MAPEO DE MANGLE BOTONCILLO

Se llevaron a cabo dos misiones de vuelo utilizando un dron Mavic 2 Pro a una altitud de 120 metros en las zonas identificadas como Playa Norte (Latitud 18°51'39.89"N, Longitud -110°59'14.73"O) y Playa Blanca (Latitud 18°48'50.81"N, Longitud -111°2'33.83"O). Durante estas misiones, se capturaron 79 y 184 fotografías aéreas respectivamente, con el propósito de generar ortomosaicos específicos para cada ubicación. La resolución de las imágenes fue de 2.8 cm/pix y 2.5 cm/pix para Playa Norte y Playa Blanca, respectivamente (Tabla XXVI. Parámetros de operación y resultadosI).

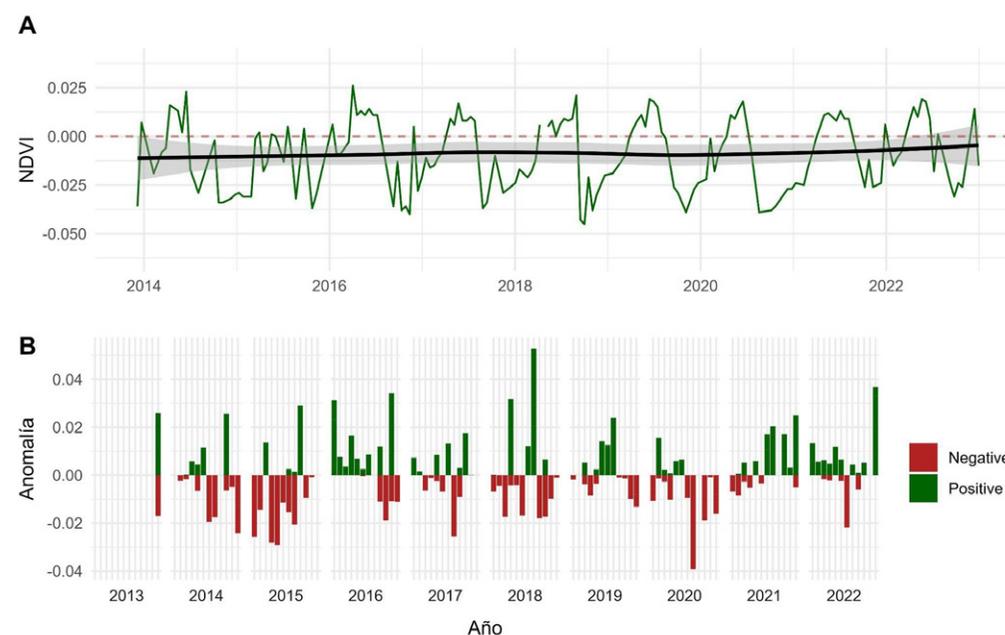


Figura 107. **A.** Serie temporal de los valores de NDVI y su tendencia en los años en Playa Blanca. **B.** Anomalías positivas y negativas, por encima o debajo de la media respectivamente, de los valores de NDVI.

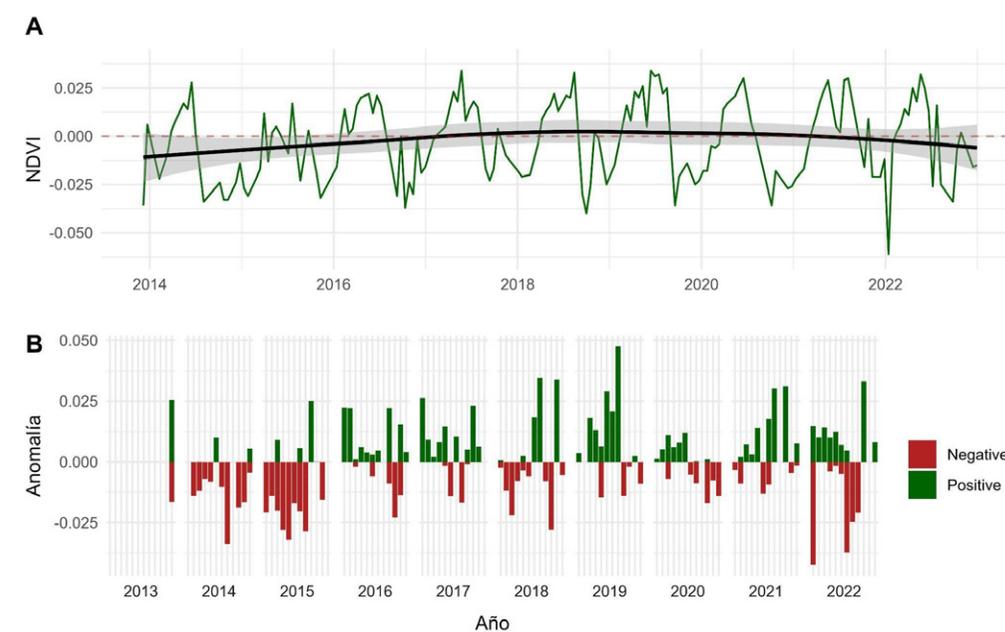


Figura 108. **A.** Serie temporal de los valores de NDVI y su tendencia en los años en Playa Norte. **B.** Anomalías positivas y negativas, por encima o debajo de la media respectivamente, de los valores de NDVI.

TABLA XXVI. PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y RESULTADOS

Localidad	Altura de vuelo	Área de vuelo	Área de manglar	No. de fotografías	Resolución de imagen
Playa norte	120 m	5.80 ha	4.36 ha	79	2.8 cm/pix
Playa Blanca	120 m	14.61 ha	5.30 ha	184	2.5 cm/pix

### PLAYA NORTE

En la base de las microcuentas generadas por la topografía de la isla. En el área de Playa Norte, se destaca la presencia de otra vegetación que comparte espacio en la región de manglares: un arbusto del género *Hippomane*, de altura similar al mangle botoncillo y comúnmente conocido como “manzanita tóxica”. Este arbusto se encuentra restringido a una zona específica dentro del área de manglar. Además, se nota la existencia de un claro en la parte central de la zona de manglar. Las observaciones de campo sugieren la posibilidad de que este espacio sea un salitral, debido a su entorno altamente húmedo y la presencia de una fina costra de sal en la superficie (Figura 109).

### PLAYA BLANCA

En el caso de Playa Blanca, la región de manglares se divide en dos playas distintas, separadas por una zona rocosa de baja elevación. A pesar de esta separación física, el manglar se conecta a través de un brazo de árboles botoncillo que se extiende sobre la zona rocosa. No se observó la presencia de *Hippomane* Sp. en la zona de manglar; sin embargo, la parte noroeste del parche de manglar está delimitada por una pequeña duna que alberga vegetación característica de estos ecosistemas, como *Scavieola plumieri*.



Figura 109. Ortomosaicos de ambas playas monitoreadas



Figura 110. Regionalización del área ocupada por mangle y otra vegetación en la localidad Playa Norte.

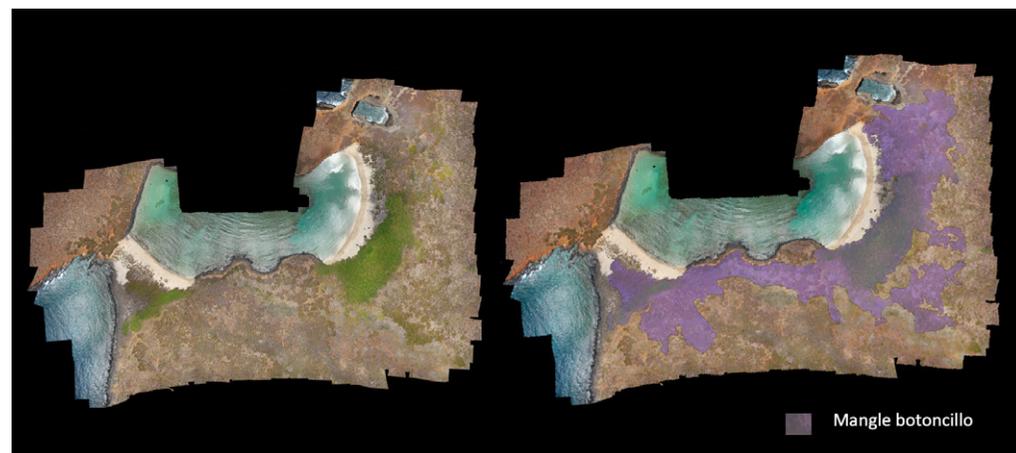


Figura 111. Ortomosaico de la localidad Playa blanca

Martínez, B., León, E., & Salgado, M. (2025). Mapeo de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada. En CONANP y Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación (Eds.), *Reporte técnico de la expedición científica al Parque Nacional Revillagigedo* (pp. 251-258).

## REFERENCIAS

- Abbott, I.A. (1967). Studies in some foliose red algae of the Pacific coast. I. *Cryptonemiaceae*. *Journal of Phycology*, 3(3), 139–149.
- Abbott, I.A. & Hollenberg, G.J. (1976). Marine algae of distributions of Pacific benthic algae from Alaska to California. Stanford University Press, Stanford, California, 827 pp.
- Abbott, I.A. & Huisman, J.M. (2004). *Marine Green and Brown Algae of the Hawaiian Islands*. Bishop Museum Press.
- Aburto-Oropeza, O., Ballesteros, E., Ezcurra, E., Friedlander, A., Henning, B., Hoyos, M., ... Sala, E. (2017). Archipiélago de Revillagigedo: Biodiversidad, Amenazas y Necesidades de Conservación. Informe Técnico. National Geographic Pristine Seas, Mares Mexicanos. <https://escholarship.org/uc/item/31f8s4hj>
- Aburto-Oropeza, O., Erisman, B., Galland, G.R., Mascareñas-Osorio, I., Sala, E., & Ezcurra, E. (2011). Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *PLoS ONE*, 6(8), e23601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023601>
- Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Moxley, J., Sánchez-Rodríguez, A., Mascareñas-Osorio, I., Sánchez-Ortiz, C., ... Ricketts, T. (2015). A framework to assess the health of rocky reefs linking geomorphology, community assemblage, and fish biomass. *Ecological Indicators*, 52, 353–361. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.006>
- Aceves-Medina, G., Jiménez-Rosenberg, S.P.A., Hinojosa-Medina, A., Funes-Rodríguez, R., Saldierna, R.J., Lluch-Belda, D., Smith, P., & Watson, W. (2003). Fish larvae from the Gulf of California. *Scientia Marina*, 67(1), 1–11. <https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67n11>
- Aceves-Medina, G., Jiménez-Rosenberg, S.P.A., Hinojosa-Medina, A., Funes-Rodríguez, R., Saldierna-Martínez, R.J., & Smith, P.E. (2004). Fish larvae assemblages in the Gulf of California. *Journal of Fish Biology*, 65(3), 832–847. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00490.x>
- Aguado, M.T., Grande, C., Gerth, M., Bleidorn, C., & Noreña, C. (2016). Characterization of the complete mitochondrial genomes from Polycladida (Platyhelminthes) using next-generation sequencing. *Gene*, 575(2), 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2015.08.054>
- Aguado, M.T., Noreña, C., Alcaraz, L., Marquina, D., Brusa, F., Damborenea, C., Almon, B., Bleidorn, C., & Grande, C. (2017). Phylogeny of Polycladida (Platyhelminthes) based on mtDNA data. *Organisms Diversity and Evolution*, 17(4), 767–778. <https://doi.org/10.1007/s13127-017-0344-4>
- Ahlstrom, E.H. (1943). Studies on the Pacific pilchard or sardine (*Sardinops caerulea*). 4. Influence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature. US Dept. Interior, Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rep., 23, 1–26.
- Ahlstrom, E.H. (1954). Distribution and abundance of egg and larval populations of the Pacific sardine. *Fishery Bulletin of the U.S.*, 56, 83–140.

- Alvariño, A. (1963). Quetognatos epiplanctónicos del Mar de Cortés. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 24, 97–203.
- Alvariño, A. (1964). Bathymetric distribution of Chaetognaths. *Pacific Science*, 18(1), 64–82.
- Alvariño, A. (1967). Bathymetric distribution of Chaetognatha, Siphonophorae, Medusae, and Ctenophorae off San Diego, California. *Pacific Science*, 21(4), 474–485.
- Alvariño, A. (1969). Zoogeografía del Mar de Cortés: Quetognatos, Sifonoforos y Medusas. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. Mex, Ser. Cienc. Mar & Limnol.*, 1, 11–54.
- Alvariño, A. (1971). Siphonophores of the Pacific with a review of the world distribution. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, 431 pp.
- Ambriz-Arreola, I., Gómez-Gutiérrez, J., del Carmen Franco-Gordo, M., Palomares-García, R.J., Sánchez-Velasco, L., Robinson, C.J., & Seibel, B.A. (2017). Vertical pelagic habitat of euphausiid species assemblages in the Gulf of California. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 123, 75–89.  
<https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.03.008>
- Ambriz-Arreola, I., Gómez-Gutiérrez, J., Franco-Gordo, M.C., Lavaniegos, B.E., & Godínez-Domínguez, E. (2012). Influence of coastal upwelling–downwelling variability on tropical euphausiid abundance and community structure in the inshore Mexican Central Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 451, 119–136.
- Ambriz-Arreola, I., Gómez-Gutiérrez, J., Franco-Gordo, M.C., Plascencia-Palomera, V., Gasca, R., Kozak, E.R., & Lavaniegos, B.E. (2018). Seasonal succession of tropical community structure, abundance, and biomass of five zooplankton taxa in the central Mexican Pacific. *Continental Shelf Research*, 168, 54–67.
- Angulo-Campillo, O. (2009). Taxocenosis de moluscos holoplanctónicos (Mollusca: Gastropoda) y su relación biogeográfica en el Golfo de California. Ph.D. thesis. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Mexico, 258 p.
- Angulo-Campillo, O., Aceves-Medina, G., & Avedaño-Ibarra, R. (2011). Holoplanktonic mollusks (Mollusca: Gastropoda) from the Gulf of California, México. *Check List*, 7, 337–342.  
<https://doi.org/10.15560/7.3.337>
- Avedaño-Ibarra, R., Aceves-Medina, G., Godínez-Domínguez, E., De Silva-Dávila, R., Jiménez-Rosenberg, S.P.A., Urias-Leyva, H., & Robinson, C.J. (2014). Fish larvae from the Gulf of California to Colima, Mexico: An update. *Check List*, 10(1), 106–121.  
<https://doi.org/10.15560/10.1.106>
- Bahía, J., Padula, V., & Schrödl, M. (2017). Polycladida phylogeny and evolution: integrating evidence from 28S rDNA and morphology. *Organisms Diversity and Evolution*, 17(3), 653–678.  
<https://doi.org/10.1007/s13127-017-0327-5>
- Baker, A., Boden, P., & Brinton, E. (1990). A practical guide to the euphausiids of the world. Natural History Museum Publications, London, 96 pp.
- Balech, E. (1988). Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. *Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía*, 1, 1–310.
- Beers, J.R. (1976). Determination of zooplankton biomass. *Monographs on Oceanographic Methodology*, 4, 37–84.

- Beers, J.R. & Stewart, G.L. (1971). Micro-zooplankters in the plankton communities of the upper waters of the eastern tropical Pacific. *Deep Sea Research*, 18(9), 861–883.  
[https://doi.org/10.1016/0011-7471\(71\)90061-1](https://doi.org/10.1016/0011-7471(71)90061-1)
- Bender, M., Bustamante, R., & Leonard, K. (2022). Living in relationship with the Ocean to transform governance in the UN Ocean Decade. *PLoS Biology*, 20(10), e3001828.
- Bieri, R. (1959). The distribution of the planktonic Chaetognatha in the Pacific and their relationship to the water masses. *Limnology and Oceanography*, 4(1), 1–28.
- Bigelow, H. (1909). Report of the Scientific Expedition to the Eastern Tropical Pacific US Fish. Comm. St. “Albatross” 1904–1905. XVI Medusae. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology, Harvard*, 37, 301–320.
- Blackburn, M. (1979). Thaliacea of the California Current Region: relations to temperature, chlorophyll, currents, and upwelling. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 20, 184–214.
- Blackburn, M., Laurs, R.M., Owen, R.W., & Zeitzschel, B. (1970). Seasonal and areal changes in standing stocks of phytoplankton, zooplankton and micronekton in the eastern tropical Pacific. *Marine Biology*, 7, 14–31.  
<https://doi.org/10.1007/BF00346804>
- Bowman, T.E. & Gruner, H.E. (1973). The families and genera of Hyperiidea (Crustacea: Amphipoda). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 146, 1–64.
- Brinton, E. (1962). The distribution of the Pacific euphausiids. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, University of California, 504, 1–269.
- Brinton, E. (1979). Parameters relating to the distributions of planktonic organisms, especially euphausiids in the eastern tropical Pacific. *Progress in Oceanography*, 8(3), 125–189.
- Brinton, E. & Townsend, A.W. (1980). Euphausiids in the Gulf of California – the 1957 cruises. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 21, 211–236.
- Brinton, E., Fleminger, A., & Siegel-Causey, D. (1986). The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 27, 228–266.
- Brinton, E., Ohman, M.D., Townsend, A.W., Knight, M.D., & Bridgeman, A.L. (1999). Euphausiids of the World Ocean (World Biodiversity Database CD-ROM Series). Expert Center for Taxonomic Identification, Amsterdam.
- Brusca, G.J. (1967). The ecology of pelagic Amphipoda, I. Species accounts, vertical zonation and migration of Amphipoda from the waters off southern California. *Pacific Science*, 21, 382–393.
- Brusca, R.C. (2020). The 1940 Ricketts-Steinbeck Sea of Cortez Expedition, with annotated lists of species and collection sites. *Journal of the Southwest*, 62, 218–334.  
<https://doi.org/10.1353/jsw.2020.0016>
- Burridge, A.K., Goetze, E., Wall-Palmer, D., Le Double, S.L., Huisman, J., & Peijnenburg, K.T. (2017). Diversity and abundance of pteropods and heteropods along a latitudinal gradient across the Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, 158, 213–223.  
<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.10.001>
- Casanova, J.P. (1999). Chaetognath. In: Boltovskoy, D. (Ed.), *South Atlantic Zooplankton* (Vol. 2, pp. 869–1706). Backhuys Publishers, Leiden.

- Chacana, M.E., Silva, P.C., Pedroche, F.F., & Miller, K.A. (2016). Codium (Chlorophyta) species presented in the Galápagos Islands. *Hidrobiológica*, 26(2), 151–159.
- Chávez, M.L. (1980). Distribución del género *Padina* en las costas de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (Méx.)*, 23, 45–51.
- Churchill, C.K.C., Valdés, A., & Ó Foighil, D. (2014). Molecular and morphological systematics of neustonic nudibranchs (Mollusca: Gastropoda: Glaucidae: *Glaucus*), with descriptions of three new cryptic species. *Invertebrate Systematics*, 28, 174–195. <https://doi.org/10.1071/IS13038>
- Colección Científica de Huevos y Larvas de Peces del Pacífico Mexicano (Ictioplancton). SEMARNAT, B.C.S.-INV-196-06-07.
- Conway, D.V.P., White, R.G., Hugues-Dit-Ciles, J., Gallienne, C.P., & Robinsons, D.B. (2003). Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian Ocean. *Occasional Publication of the Marine Biological Association of the U.K.* No. 15, Plymouth, UK.
- Cota-Meza, M.S., Fernández-Álamo, M.A., & Funes-Rodríguez, R. (2015). Abundancia espacio temporal de *Flaccisagitta enflata* y de la comunidad Chaetognatha en un ciclo circadiano en el Sistema Lagunar de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*, 25(3), 417–426.
- Cupp, E.E. (1943). Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, 5, 1–238.
- Dawson, E.Y. (1944). The marine algae of the Gulf of California. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 3(10), 189–464.
- Dawson, E.Y. (1946). Lista de las algas marinas de la costa pacífica de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 7, 167–215.
- Dawson, E.Y. (1949). Studies of northeast Pacific Gracilariaceae. *Allan Hancock Found. Publ. Occ. Pap.*, 7, 1–105.
- Dawson, E.Y. (1950). Notes on some Pacific Mexican Dictyotaceae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 77(2), 83–93.
- Dawson, E.Y. (1953a). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 1. Bangiales to Corallinaceae subf. Corallinoideae. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 17(1), 1–239.
- Dawson, E.Y. (1953b). Resumen de las investigaciones recientes sobre algas marinas de la costa pacífica de México, con una sinopsis de la literatura, sinonimia y distribución de las especies descritas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 13, 97–197.
- Dawson, E.Y. (1954a). The marine flora of Isla San Benedicto following the volcanic eruption of 1952–1953. *Allan Hancock Occasional Papers*, 16, 1–25.
- Dawson, E.Y. (1954b). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 2. Cryptonemiales (cont.). *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 17(2), 241–397.
- Dawson, E.Y. (1954c). Notes on Pacific coast marine algae. VI. *Wasmann Journal of Biology*, 11, 323–353.
- Dawson, E.Y. (1957). Notes on eastern Pacific insular marine algae. Galapagos, Clipperton islands, San Benedicto Island, Alijos Rocks. *Los Angeles County Museum Contributions in Science*, 8, 1–8.
- Dawson, E.Y. (1959). Marine algae from the 1958 cruise of the Stella Polaris in the Gulf of California. *Los Angeles County Museum Contributions in Science*, 27, 1–39.

- Dawson, E.Y. (1960a). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 3. Cryptonemiales, Corallinaceae subf. Melobesioideae. *Pacific Naturalist*, 2(1), 1–125.
- Dawson, E.Y. (1960b). New records of marine algae from Pacific México and Central America. *Pacific Naturalist*, 1(19–20), 31–52.
- Dawson, E.Y. (1960c). New records of sublittoral marine plants from Baja California. *Pacific Naturalist*, 1, 3–29.
- Dawson, E.Y. (1961a). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 4. Gigartinales. *Pacific Naturalist*, 2, 191–343.
- Dawson, E.Y. (1961b). A guide to the literature and distributions of Pacific benthic algae from Alaska to the Galapagos Islands. *Pacific Science*, 15, 370–461.
- Dawson, E.Y. (1962). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 7. Ceramiales: Ceramiaceae, Delesseriaceae. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 26, 1–27.
- Dawson, E.Y. (1963a). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 6. Rhodomeniales. *Nova Hedwigia*, 5, 437–476.
- Dawson, E.Y. (1963b). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 8. Ceramiales: Dasyaceae, Rhodomelaceae. *Nova Hedwigia*, 6, 401–481.
- De Robertis, A. & Higginbottom, I. (2007). A post-processing technique to estimate the signal-to-noise ratio and remove echosounder background noise. *ICES Journal of Marine Science*, 64, 1282–1291.
- De Silva-Dávila, R. (2013). Paralarvas de cefalópodos en el Golfo de California, México. (Ph.D. thesis). Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, 370 pp.
- De Silva-Dávila, R., Granados-Amores, J., García-Guillén, R.M., Avendaño-Ibarra, R., Hernández-Rivas, M.E., Aceves-Medina, G., Gómez-Gutiérrez, J., Pelayo-Martínez, G.C., Franco-Gordo, M.C., Olivos-Ortiz, A., & Palacios-Salgado, D.S. (2018). Riqueza de paralarvas de cefalópodos en el Pacífico mexicano. En: Pérez-Morales, A. & Álvarez-García, M.C. (Eds.). *Estudios recientes en el Océano Pacífico mexicano* (pp. 249–269). Universidad de Colima.
- De Silva-Dávila, R., Palomares-García, R., Zavala-Norzagaray, A., & Escobedo-Urías, D.C. (2006). Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa. *Contributions to the study of East Pacific crustaceans*, 4(1), 26–39.
- Demer, D.A., Berger, L., Bernasconi, M., Bethke, E., Boswell, K., Chu, D., Domokos, R., Dunford, A., Fassler, S., Gauthier, S., Hufnagle, L.T., Jech, J.M., Bouffant, N., Lebourges-Dhaussy, A., Lurton, X., Macaulay, G.J., Perrot, Y., Ryan, T., Parker-Stetter, S., Stienessen, S., Weber, T., & Williamson, N. (2015). Calibration of acoustic instruments. *ICES Cooperative Research Report*, No. 326, 130 pp.
- Décima, M., Landry, M.R., Stukel, M.R., Lopez-Lopez, L., & Krause, J.W. (2016). Mesozooplankton biomass and grazing in the Costa Rica Dome: amplifying variability through the plankton food web. *Journal of Plankton Research*, 38(2), 317–330. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbv091>
- Dittmann, I.L., Cuadrado, D., Aguado, M.T., Noreña, C., & Egger, B. (2019). Polyclad phylogeny persists to be problematic. *Organisms Diversity and Evolution*, 19(4), 585–608. <https://doi.org/10.1007/s13127-019-00415-1>
- DOF – Diario Oficial de la Federación (2018). Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaría de Gobernación (consulted 11/June/2018).

- Dunlap, C.R. (1968). An ecological reconnaissance of the deep scattering layers in the eastern tropical Pacific (Master's thesis). Naval Postgraduate School, Monterey, Calif.
- Dunlap, C.R. (1971). A reconnaissance of the deep scattering layers in the eastern tropical Pacific and the Gulf of California. In *Proceedings of an International Symposium on Biological Sound Scattering in the Ocean* (Ed. G.B. Farquhar), 395–408.
- Edgar, R.C. (2010). Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*, 26, 2460–2461.
- Egerton, J.P., Johnson, A.F., Turner, J., LeVay, L., Mascareñas-Osorio, I., & Aburto-Oropeza, O. (2018). Hydroacoustics as a tool to examine the effects of Marine Protected Areas and habitat type on marine fish communities. *Scientific Reports*, 8(1), 47.
- Esnal, G. (1976). Los sálpidos (Tunicata, Thaliacea) de la expedición EASTROPAC. *Physis*, (Buenos Aires), sección A 35, 169–1823.
- Esnal, G. (1999). Pyrosomatida. In: D. Boltovskoy (Ed.), *South Atlantic Zooplankton* (pp. 1423–1444). Backhuys Publishers, Leiden.
- Espinosa-Pérez, M.C. & Hendrickx, M.E. (2006). A comparative analysis of biodiversity and distribution of shallow-water marine isopods (Crustacea: Isopoda) from polar and temperate waters in the East Pacific. *Belgian Journal of Zoology*, 136(2), 219.
- Esquivel-Garrote, O. & Morales-Ramírez, Á. (2020a). Nocturnal variation of the zooplankton community in coral reef substrates at Isla del Coco National Park (Eastern Tropical Pacific). *Revista de Biología Tropical*, 68, 261–270.  
<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68is1.41189>
- Esquivel-Garrote, O. & Morales-Ramírez, Á. (2020b). Community structure of coral reef zooplankton in Isla del Coco National Park, a natural World Heritage site in the Eastern Tropical Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 68, 248–260.  
<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68is1.41188>
- Estrada-González, M.C., Agüero, J., & Mendoza-Becerril, M.A. (2023). Medusozoans from the Mexican Pacific: a review based on historical literature and recent observations. *Journal of Natural History*, 57(13–16), 784–853.  
<https://doi.org/10.1080/00222933.2023.2214967>
- Färber-Lorda, J. & Färber-Data, B. (2023). Autumn vertical distribution of zooplankton in the oxygen minimum zone of the Eastern Tropical North Pacific. *Marine Environmental Research*, 190, 106116.  
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106116>
- Färber-Lorda, J., Trasviña, A., & Cortés-Verdín, P. (2010). Summer distribution of euphausiids in the entrance of the Sea of Cortés in relation to hydrography. *Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*, 57, 631–641.
- Faubel, A. (1983). The Polycladida, Turbellaria. Proposal and establishment of a new system. Part I. The Acotylea. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, (var. pagination).
- Favoretto, F., Sánchez, C., & Aburto-Oropeza, O. (2022). Warming and marine heatwaves tropicalize rocky reefs communities in the Gulf of California. *Progress in Oceanography*, 206, 102838.

- Fensome, R.A., Taylor, F.J.R., Norris, G., Sarjeant, W.A.S., Wharton, D.I., & Williams, G.L. (1993). A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology (Special Publication)*, 7, 351 pp.
- Fiedler, P.C. & Talley, L.D. (2006). Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2–4), 143–180.
- Figueroa, D.F. (2010). *Zooplankton of the Galapagos Islands* (Ph.D. thesis). Oregon State University.
- Figueroa, D.F. (2021). Environmental forcing on zooplankton distribution in the coastal waters of the Galápagos Islands: spatial and seasonal patterns in the copepod community structure. *Marine Ecology Progress Series*, 661, 49–69.  
<https://doi.org/10.3354/meps13617>
- Franco-Gordo, C. (2009). Base de datos y colección de distintos grupos del zooplancton de regiones marinas prioritarias de Jalisco y Colima en el Pacífico mexicano. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR). Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. EJ008, México D.F., 1–34.
- Franco-Gordo, C. & Plascencia-Palomera, V. (2014). Quetognatos de la costa sur de Jalisco y Colima. En: Franco-Gordo, M.C. (Ed.). *Inventario de biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 1–100.
- Franco-Gordo, C., Ambriz-Arreola, I., Kozak, E.R., Gómez-Gutiérrez, J., Plascencia-Palomera, V., Godínez-Domínguez, E., & Hinojosa-Larios, A. (2015). Seasonal succession of zooplankton taxonomic group assemblages in surface waters of Bahía de Navidad, Mexico (November 2010–December 2011). *Hidrobiológica*, 25(3), 335–345.
- García-Baciero, A. (2023). Distribución espacio-temporal de la biomasa acústica de peces gregarios en El Bajo de Espíritu Santo, Baja California Sur, México. (M.Sc. thesis). Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, 75 pp.
- García-Fernández, F., Gómez-Gutiérrez, J., De Silva-Dávila, R., Hakspiel-Segura, C., Ambriz-Arreola, I., Martínez-López, A., Sánchez-Uvera, ... Robinson, C.J. (2023). Interannual response of euphausiid community abundance during the anomalous warming period (2014–2016) in the Gulf of California. *Progress in Oceanography*, 212, 102994.
- Gasca, R. & Franco-Gordo, C., Godínez-Domínguez, E., & Suárez-Morales, E. (2012). Hyperiid amphipod community in the Eastern Tropical Pacific before, during, and after El Niño 1997–1998. *Marine Ecology Progress Series*, 455, 123–139.
- Gasca, R. & Suárez, E. (1991). Nota sobre los sifonóforos (Cnidaria: Siphonophora) del Golfo de California (agosto-septiembre, 1977). *Ciencias Pesqueras México*, 8, 119–125.
- Gómez-Gutiérrez, J. (1995). Distribution patterns, abundance and population dynamics of the euphausiids *Nyctiphanes simplex* and *Euphausia eximia* off the west coast of Baja California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 119(1), 63–76.
- Gómez-Gutiérrez, J. & Hernández-Trujillo, S. (1994). Euphausiacea and Copepoda of the oceanic front off Cabo San Lucas BCS, México (August 1988). *Revista de Biología Tropical*, 42(1/2), 155–164.
- Gómez-Gutiérrez, J., Palomares-García, R., & Gendron, D. (1995). Community structure of the euphausiid populations along the west coast of Baja California, Mexico, during the weak ENSO 1986–1987. *Marine Ecology Progress Series*, 120(1), 41–51.

- Gómez-Gutiérrez, J., González-Chávez, G., Robinson, C.J., & Arenas-Fuentes, V. (1999). Latitudinal changes of euphausiid assemblages related to dynamics of the scattering layer along Baja California, October 1994. *Scientia Marina*, 63(1), 79–91.
- Gómez-Gutiérrez, J., Funes-Rodríguez, R., Arroyo-Ramírez, K., Sánchez-Ortíz, C.A., Beltrán-Castro, J.R., Hernández-Trujillo, S., Palomares-García, R., Aburto-Oropeza, O., & Ezcurra, E. (2014). Oceanographic mechanisms that possibly explain dominance of neritic-tropical zooplankton species assemblages around the Islas Mariás Archipelago, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(5), 1009–1034.  
<https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-7>
- González-Máynez, V.E., Morales-Bojórquez, E., Nevárez-Martínez, M.O., & Villalobos, H. (2024). Application of Fisheries Acoustics: A Review of the Current State in Mexico and Future Perspectives. *Fishes*, 9(10), 387.
- Goudinez-Pérez, C.A. (See variation in authorship with the above references if the name was typed differently; no distinct main listing found. Possibly included in some “et al.” references.)
- Goudeaux, J.E.A. (1998). The genus *Doliolina* (Thaliacea: Doliolida). *Journal of Plankton Research*, 20(9), 1757–1766.  
(Nota: En el documento original aparece como “Godeaux, J.E.A.”, se unifica la ortografía si se confirma que es el mismo autor.)
- GRASS Development Team (2023). Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 8.3. Open Source Geospatial Foundation. <https://grass.osgeo.org>
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2023). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org> (consultado 16 de agosto de 2023).
- Gutiérrez-Bravo, J.G., Tenorio-Fernandez, L., Jiménez-Rosenberg, S.P., & Sánchez-Velasco, L. (2022). Three-dimensional distribution of larval fish habitats at the entrance of the Gulf of California in the tropical–subtropical convergence region off Mexico (April 2012). *Journal of Plankton Research*, 44(1), 130–144.  
<https://doi.org/10.1093/plankt/fbab085>
- Harrison, E. & Bowman, T.E. (1987). *Mysidium rickettsi*, a new species of mysid from the Gulf of California (Crustacea: Mysidacea: Mysidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 100(3), 674–679.
- Hasle, G.R. (1978). Using the Inverted Microscope. In: Sournia, A. (Ed.), *Phytoplankton Manual*. UNESCO, París, 191–196.
- Hendrickx, M.E., Hernández-Payán, J.C., & Gómez-Gutiérrez, J. (2023). On a small collection of mysids (Crustacea, Peracarida, Mysida) from the southern Gulf of California, western Mexico, with the description of new species of *Mysidium* and *Cubanomysis*. *Zootaxa*, 5360(2), 194–218.
- Hernández-Rivas, M.E., Saldierna-Martínez, R.J., Hinojosa-Medina, A.T., Molina-Arenas, E.G., & Durazo-Arvizu, R. (2019). Determinación del efecto de la exclusión de pesca en la diversidad biológica y especies de importancia comercial en el PN Revillagigedo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Informe Técnico Final, 56 pp.

- Hernández-Rivas, M.E., Saldierna-Martínez, R.J., Molina-Arenas, E.G., & Hinojosa-Medina, A.T. (2024). Análisis del ictioplancton de las muestras provenientes del crucero denominado Parque Nacional Revillagigedo 1911 (PNR 1911). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Informe Técnico, 42 pp.
- Hernández-Trujillo, S., Esqueda-Escárcega, G., & Palomares-García, R. (2010). Zooplankton abundance variability in Magdalena Bay, Baja California Sur, Mexico (1997–2001). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(3), 438–446.  
<https://doi.org/10.3856/vol38-issue3-fulltext-8>
- Hillis, L.W. (1958). A revision of the genus *Halimeda* (Order Siphonales). *Publications of the Institute of Marine Science, University of Texas*, 6, 321–403.
- Hollenberg, G.J. (1942). An account of the species of *Polysiphonia* on the Pacific coast of North America. I. *Oligosiphonia*. *American Journal of Botany*, 29(9), 772–785.
- Hollenberg, G.J. (1948). Notes on Pacific coast marine algae. *Madroño*, 9(5), 155–162.
- Hollenberg, G.J. & Dawson, E.Y. (1961). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 5. The genus *Polysiphonia*. *Pacific Naturalist*, 2, 345–375.
- Hollenberg, G.J. & Norris, J. (1977). The red algae *Polysiphonia* (Rhodomelaceae) in the northern Gulf of California. *Smithsonian Contributions to Marine Science*, 1, 1–21.
- Hope, M. (Not found as a standalone reference; ignoring if it's a truncated mention.)
- Howe, M.A. (1911). Phycological studies V. Some marine algae of lower California, Mexico. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 38, 489–514.
- Huerta, M.L. (1978). Vegetación marina litoral. En: Rzedowski, J. (Ed.), *Vegetación de México* (pp. 328–340). Editorial Limusa, México, D.F.
- Huerta-Múzquiz, M.L. & Garza-Barrientos, A.M. (1975). Contribución al conocimiento de la flora marina de las islas Socorro y San Benedicto del archipiélago Revillagigedo, Colima, México. *Boletín Informativo del Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara*, 2(4), 4–16.
- Huson, D.H., Beier, S., Flade, I., Gorska, A., El-Hadidi, M., Mitra, S., Ruscheweyh, H.J., & Tappu, R. (2016). MEGAN Community Edition – Interactive Exploration and Analysis of Large-Scale Microbiome Sequencing Data. *PLoS Computational Biology*, 12, e1004957.
- Janssen, A.W., Bush, S.L., & Bednaršek, N. (2019). The shelled pteropods of the northeast Pacific Ocean (Mollusca: Heterobranchia, Pteropoda). *Zoosymposia*, 13, 305–346.  
<http://dx.doi.org/10.11646/zoosymposia.13.1.22>
- Jereb, P., Roper, C.F.E., Norman, M.D., & Finn, J.K. (2010). Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. *Octopods and Vampire Squids*. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, No. 4, Vol. 3. Rome, FAO, 370 pp.
- Jouffray, J.B., Blasiak, R., Nyström, M., Österblom, H., Tokunaga, K., Wabnitz, C., & Norström, A. (2021). Blue Acceleration: An ocean of risks and opportunities. Ocean Risk and Resilience Action Alliance (ORRAA) Report, 42, 1–42.
- Korneliussen, R.J. & Ona, E. (2003). Synthetic echograms generated from the relative frequency response. *ICES Journal of Marine Science*, 60(3), 636–640.

- Komárek, J., Kaštovský, J., Mareš, J., & Johansen, J.R. (2014). Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86, 295–335.
- Kozak, E.R., Franco-Gordo, C., Suárez-Morales, E., & Palomares-García, R. (2014). Seasonal and interannual variability of the calanoid copepod community structure in shelf waters of the Eastern Tropical Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 507, 95–110.  
<https://doi.org/10.3354/meps10811>
- Ladroit, Y., Escobar-Flores, P.C., Schimel, A.C.G., & O'Driscoll, R.L. (2020). ESP3: An open-source software for the quantitative processing of hydro-acoustic data. *SoftwareX*, 12, 100581.
- Lavaniegos, B.E. & González-Navarro, E. (1999). Grupos principales del zooplankton durante El Niño 1992–93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*, 47(1), 129–140.
- Lavaniegos, B.E. & Hereu, C. (2009). Seasonal variation in hyperiid amphipod abundance and diversity and influence of mesoscale structures off Baja California. *Marine Ecology Progress Series*, 394, 137–152.
- Lavaniegos, B.E., Heckel, G., & Ladrón de Guevara, P. (2012). Seasonal variability of copepods and cladocerans in Bahía de los Ángeles (Gulf of California) and importance of *Acartia clausi* as food for whale sharks. *Ciencias Marinas*, 38(1A), 11–30.
- Lavaniegos, B.E., Jiménez-Herrera, M., & Ambriz-Arreola, I. (2019). Unusually low euphausiid biomass during the warm years of 2014–2016 in the transition zone of the California Current. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 169, 104638.
- Lee, W., Mayorga, E., Setiawan, L., Majeed, I., Nguyen, K., & Staneva, V. (2021). Echopype: A Python library for interoperable and scalable processing of water column sonar data for biological information. *arXiv preprint*, arXiv:2111.00187.
- León-Tejera, H., Serviere-Zaragoza, E., & González-González, J. (1996). Floristic affinities of the Revillagigedo Islands, México. *Hydrobiologia*, 326–327, 159–168.
- Longhurst, A.R. (1976). Interactions between zooplankton and phytoplankton profiles in the eastern tropical Pacific Ocean. *Deep Sea Research*, 23(8), 729–754.  
[https://doi.org/10.1016/S0011-7471\(76\)80017-4](https://doi.org/10.1016/S0011-7471(76)80017-4)
- Lozano-Cobo, H., Gómez-Gutiérrez, J., Franco-Gordo, C., Gómez del Prado-Rosas, M.C., Plascencia-Palamera, V., & Ambriz-Arreola, I. (2018). Changes in parasite-chaetognath species assemblages in the Mexican Central Pacific before and during El Niño 1997–1998. *Diseases of Aquatic Organisms*, 129, 215–238.
- López-Serrano, A., Vallarta-Zárate, J.R.F., & Rubio-Rodríguez, U. (2024). Historia y desarrollo de la hidroacústica en México: 50 años generando ecogramas. *Ciencia Pesquera*, 32(1), 25–37.
- Mac Loughlin, C., Valdivia-Carrillo, T., Valenzuela-Quiñonez, F., Reyes-Bonilla, H., Brusca, R.C., & Munguía-Vega, A. (2023). eDNA metabarcoding warms up a hotspot of marine biodiversity: Revealing underrepresented taxa in visual surveys and historical records from the Gulf of California. *Research Square (preprint)*. En revisión en *Marine Biodiversity*.  
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2819994/v1>

- MacLennan, D., Fernandes, P.G., & Dalen, J. (2002). A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 365–359.
- Martin, J.W., Olesen, J., & Høeg, J.T. (Eds.). (2014). *Atlas of crustacean larvae*. JHU Press.
- Martínez-Soler, E. (2019). Variación temporal de la estructura de la comunidad de paralarvas de cefalópodos del Parque Nacional Cabo Pulmo, B.C.S. en respuesta a la variabilidad ambiental (2014–2017). (M.Sc. thesis). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México, 79 pp.
- Martínez-Soler, E., Gómez-Gutiérrez, J., De Silva-Dávila, R., González-Rodríguez, E., & Aburto-Oropeza, O. (2021). Cephalopod paralarval species richness, abundance and size structure during the 2014–2017 anomalous warm period in the southern Gulf of California. *Journal of Plankton Research*, 43(2), 224–243.  
<https://doi.org/10.1093/plankt/fbab010>
- Matthews, D. (1920). Records of Hawaiian Ctenophora. In: Leng, C. (1920). *Catalogue of the Coleoptera of America North of Mexico, The Great Basin Nat*, New York, 4, 282–285.
- McCune, B., & Grace, J.B., & Urban, D.L. (2002). *Analysis of ecological communities*. Vol. 28, MjM Software Design, Gleneden Beach, OR.
- McCune, B., & Mefford, M.J. (2011). *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- McGowan, J.A. (1967). Distributional atlas of pelagic mollusks in the California Current region. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest., Atlas* 6, 218 p.
- Mills, C. & Haddock, S. (2007). Ctenophora. In: Carlton, J. (Ed.). *The Light and Smith Manual: Intertidal Invertebrates from Central California to Oregon*. University of California Press, Berkeley, 189–199.
- Moreno-Alcántara, M. (2019). Atlantidae (Pterotracheoidea) of the northeast Pacific. *Zoosymposia*, 13, 139–146.  
<http://dx.doi.org/10.11646/zoosymposia.13.1.14>
- Moreno-Alcántara, M., Delgado-Hofmann, D., & Aceves-Medina, G. (2020). Diversity of Atlantidae mollusks (Gastropoda: Pterotracheoidea) from the southern region of the California current off Baja California peninsula, Mexico. *Marine Biodiversity*, 50(27), 1–9.  
<https://doi.org/10.1007/s12526-020-01059-7>
- Moser, H.G. (Ed.). (1996). *The early stages of fishes in the California Current region*. US Department of the Interior, Minerals Management Service, Pacific OCS Region.
- Munguía-Vega, A., Chávez-Carabantes, N., & Martínez-Garza, B.A. (2024). Biodiversidad de eucariotas y peces marinos del Parque Nacional Revillagigedo mediante análisis de ADN ambiental. Reporte técnico a CONANP Revillagigedo de la expedición realizada en abril 2023 al Parque Nacional del Revillagigedo, México, 22 pp.
- Mundhenke, D.J. (1969). The relationship between water masses and euphausiids in the Gulf of California and the Eastern Tropical Pacific (M.S. thesis). Naval Postgraduate School, Monterey, CA.
- Newell, G.E. & Newell, R.C. (1970). *Marine Plankton. A practical guide*. Hutchinson Educational LTH, 219 pp.
- Nishiyama, E., Araujo, E., & Oliveira, O. (2016). Species of *Lensia* (Cnidaria: Hydrozoa: Siphonophora) from southeastern Brazilian waters. *Zoologia*, 33(6), e20160030.  
<https://doi.org/10.1590/S1984-4689zool-20160030>

- Norris, J.N. (1985). Studies on *Gracilaria* Grev. (Gracilariaceae, Rhodophyta) from the Gulf of California, Mexico. Pp. 123–135 in Abbott, I.A. & Norris, J.N. (Eds.), *Taxonomy of economic seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species*. California Sea Grant College Program.
- Norris, J.N. & Johansen, H.W. (1981). Articulated coralline algae of the Gulf of California, Mexico. I. *Amphiroa* Lamouroux. *Smithsonian Contributions to Marine Science*, 9, 1–29.
- Notarbartolo-di-Sciara, G. (1988). Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California. *Fishery Bulletin*, 86(1), 45–66.
- Noyan, I. (2014). Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetrphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. *Marine Ecology*, 36(3), 595–610. <https://doi.org/10.1111/maec.12166>
- O’Driscoll, R.L. (Likely included in references with “Ladroit Y. et al.” if co-authored, not a separate main listing here.)
- Ortega, M.M., Ruiz-Cárdenas, J., & Oliva-Martínez, M.G. (1986). La vegetación sumergida de la laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa. *An. Inst. Biol., UNAM, ser. Bot.*, 57, 59–108.
- Ortiz, M., Hendrickx, M.E., & Winfield, I. (2017). A new species of *Mysidium* (Peracarida: Mysida: Mysidae) from the eastern tropical Pacific. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(1), 113–117. <https://doi.org/10.1017/S0025315416000102>
- Palma, S. (1973). Contribución al estudio de los sifonóforos encontrados frente a la costa de Valparaíso. I. Taxonomía. *Investigaciones Marinas, Valparaíso*, 4(2), 17–88.
- Palomares-García, J.R., Gómez-Gutiérrez, J., & Robinson, C.J. (2013). Winter and summer vertical distribution of epipelagic copepods in the Gulf of California. *Journal of Plankton Research*, 35(5), 1009–1026.
- Palomares-García, R., Martínez-López, A., & Gárate-Lizárraga, I. (2002). Plankton community changes in Bahía Concepción, México. *Océánides*, 17, 113–128.
- Pedroche, F.F., Silva, P.C., Aguilar-Rosas, L.E., Dreckmann, K.M., & Aguilar-Rosas, R. (2005). Catálogo de las algas marinas bentónicas del Pacífico de México. I. *Chlorophycota*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, University of California, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.
- Pedroche, P.F., Silva, P.C., Aguilar-Rosas, L.E., Dreckmann, K.M., & Aguilar-Rosas, R. (2008). Catálogo de las algas bentónicas del Pacífico de México II. *Phaeophycota*.
- Pelamatti, T., Rios-Mendoza, L.M., Hoyos-Padilla, E.M., Galván-Magaña, F., De Camillis, R., Marmolejo-Rodríguez, A.J., & González-Armas, R. (2021). Contamination knows no borders: Toxic organic compounds pollute plastics in the biodiversity hotspot of Revillagigedo Archipelago National Park, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112623. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112623>
- Portela, E., Beier, E., Barton, E.D., Castro, R., Godínez, V., Palacios-Hernández, E., & Trasviña-Castro, A. (2016). Water masses and circulation in the tropical Pacific off central Mexico and surrounding areas. *Journal of Physical Oceanography*, 46, 3069–3081.

- Portner, E.J., Benoit-Bird, K.J., Hazen, E.L., Waluk, C.M., Robinson, C.J., Gómez-Gutiérrez, J., & Gilly, W.F. (2022). Decline and recovery of pelagic acoustic backscatter following El Niño events in the Gulf of California, Mexico. *Progress in Oceanography*, 206, 102823.
- Prevost, D. (No distinct listing; ignoring if incomplete.)
- Puente-Tapia, F.A., Gasca, R., Schiariti, A., & Haddock, S. (2020). An updated checklist of ctenophores (Ctenophora: Nuda and Tentaculata) of Mexican seas. *Regional Studies in Marine Science*, 41, 101555. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101555>
- Pugh, P. (1999). Siphonophorae. In: Boltovskoy, D. (Ed.), *South Atlantic Zooplankton* (pp. 467–511). Backhuys Publishers, Leiden.
- QGIS.org. (2024). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Quiñones-Peyro, B., López-Fuerte, O., Mazariegos-Villarreal, A., Serviere-Zaragoza, E., Casas-Valdéz, M., & Yabur-Pacheco, R. (2016). Benthic marine macroalgae from Guadalupe Island, Baja California, Mexico. *Hidrobiológica*, 26(2), 213–223.
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Repelin, R. (1978). Les amphipodes pélagiques du Pacifique occidental et central. Biologie, écologie et relations trophiques avec la faune ichthyologique. *Travaux et Documents de l’ORSTOM*, 86, 1–381.
- Richards, W.J. (2006). *Early stages of Atlantic fishes: An identification guide for the Western Central North Atlantic*. (2 vols.). Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2640 pp. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.04.011>
- Rife, A.N., Erisman, B., Sánchez, A., & Aburto-Oropeza, O. (2013). When good intentions are not enough... Insights on networks of “paper park” marine protected areas. *Conservation Letters*, 6(3), 200–212.
- Ritz, D.A. (1994). Social aggregation in pelagic invertebrates. *Advances in Marine Biology*, 30, 155–216. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60063-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60063-2)
- Round, F.E., Crawford, R.M., & Mann, D.G. (1990). *The diatoms, biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
- Rubio-Rodríguez, U., Villalobos, H., & Nevárez-Martínez, M.O. (2018). Acoustic observations of the vertical distribution and latitudinal range of small pelagic fish schools in the Midriff Islands Region, Gulf of California, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(5), 989–1000.
- Ruiz-Bojseaneau, I., Sanvicente-Añorve, L., & Fernández-Álamo, M.A. (2004). Chaetognath assemblages in Bahía de Banderas, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 75(1), 51–61.
- Russell, F. (1953). *The medusae of the British Isles*. Cambridge Press, 611 pp.
- Ryan, T.E., Downie, R.A., Kloser, R.J., & Keith, G. (2015). Reducing bias due to noise and attenuation in open-ocean echo integration data. *ICES Journal of Marine Science*, 72(8), 2482–2493.
- Sampson, L., Galván-Magaña, F., De Silva-Dávila, R., Aguiñiga-García, S., & O’Sullivan, J.B. (2010). Diet and trophic position of the devil rays *Mobula thurstoni* and *Mobula japanica* as inferred from stable isotope analysis. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90, 969–976. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000548>

- Sánchez-Hidalgo y Anda, M. (1989). Gasterópodos holoplanctónicos de la costa occidental de Baja California Sur, en mayo y junio de 1984. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 4(1), 1–14.  
<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14421>
- Schiller, J. (1937a). *Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung; Teil 1*. Akademische Verlagsgesellschaft MBH Johnson Reprint Corporation.
- Schiller, J. (1937b). *Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung; Teil 2*. Akademische Verlagsgesellschaft MBH Johnson Reprint Corporation.
- Segura-Puertas, L. (1984). Morfología, sistemática y zoogeografía de las Medusas (Cnidaria: Hydrozoa y Scyphozoa) del Pacífico Tropical Oriental. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Univ. Nal. Autón. México Publ. Esp.*, 8, 1–320.
- Serviere-Zaragoza, E., Riosmena-Rodríguez, R., León-Tejera, H. & González-González, J. 2007. Distribución espacial de macroalgas marinas en las islas Revillagigedo, México. *Ciencia y Mar* 11 (31):3–13.
- Setchell, W.A. (1937). The Templeton Crocker Expedition of the California Academy of Sciences, 1932. No. 34. Report on the *Sargassums*. *Proceedings of the California Academy of Sciences (ser. IV)*, 22(5), 127–158.
- Setchell, W.A. & Gardner, N.L. (1930). Marine algae of the Revillagigedo Islands Expedition in 1925. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 19(11), 19–215.
- Setchell, W.A. & Gardner, N.L. (1937). The Templeton Crocker Expedition of California Academy of Sciences, 1932. No. 31. A preliminary report on the algae. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 22(2), 65–98.
- Shen, W., Le, S., Li, Y., & Hu, F. (2016). SeqKit: A Cross-Platform and Ultrafast Toolkit for FASTA/Q File Manipulation. *PLoS ONE*, 11, e0163962.
- Sieu, B. (Any truncated mention? Not found in final list.)
- Sigueiros Beltrones, D.A. (Variant spelled as “Siqueiros Beltrones, D.A.” — unify under the latter if that is correct.)
- Siew, M. (No distinct listing found.)
- Simmonds, J. & MacLennan, D. (2005). *Fisheries acoustics: Theory and practice* (2nd ed.). Blackwell.
- Sigueiros Beltrones, D.A., López-Fuerte, F.O., Martínez, Y.J., & Altamirano-Cerecedo, M.D.C. (2021). A first estimate of species diversity for benthic diatom assemblages from the Revillagigedo Archipelago, México. *Diversity*, 13(10), 458.  
<https://doi.org/10.3390/d13100458>
- Sigueiros-Beltrones, D.A., López-Fuerte, F.O., Martínez, Y.J., & Altamirano-Cerecedo, M.D.C. (2022). Additions to the *Mastogloia* (Bacillariophyceae: Mastogloiales) of the Revillagigedo Archipelago, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93.  
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.4033>
- Smith, E.P. & Richardson, S.L. (1977). Standard techniques for pelagic fish eggs and larvae surveys. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 175, Rome.
- Song, Y., Wang, C., & Sun, D. (2022). Both dissolved oxygen and chlorophyll explain the large-scale longitudinal variation of deep scattering layers in the tropical Pacific Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 9, 782032.

- Staaf, D.J., Ruiz-Cooley, R.I., Elliger, C., Lebaric, Z., Campos, B., Markaida, U., & Gilly, W.F. (2010). Ommastrephid squids *Sthenoteuthis oualaniensis* and *Dosidicus gigas* in the eastern Pacific show convergent biogeographic breaks but contrasting population structures. *Marine Ecology Progress Series*, 418, 165–178.
- Steinbeck, J. & Ricketts, E.F. (1941). *The Sea of Cortez, a journal of leisurely travel and research*. Viking Press, New York, 598 pp.
- Stewart, J.D., Hoyos-Padilla, E.M., Kumli, K.R., & Rubin, R.D. (2016). Deep-water feeding and behavioral plasticity in *Manta birostris* revealed by archival tags and submersible observations. *Zoology*, 119(5), 406–413.  
<https://doi.org/10.1016/j.zool.2016.05.010>
- Stramma, L., Johnson, G.C., Sprintall, J., & Mohrholz, V. (2008). Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *Science*, 320(5876), 655–658.  
<https://doi.org/10.1126/science.1153847>
- Suárez, E. & Gasca, R. (1991). Sifonoforos de México, biología y ecología. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, 176 pp.
- Sundström, B.G. (1986). The marine diatom genus *Rhizosolenia*: a new approach to the taxonomy. (Akademisk avhandling, Lunds Universitet.) Lund, 117 pp., 39 pls.
- Sweeney, M.J., Roper, C.F.E., Mangold, K.M., Clarke, M.R., & Boletzky, S.V. (1992). “Larval” and juvenile cephalopods: A manual for their identification. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 513, 1–282.
- Taniguchi, R., Amei, K., Tokuhiko, K., Yamada, Y., Kitamura, M., & Yamaguchi, A. (2023). Diel, seasonal and vertical changes in the pelagic amphipod communities in the subarctic Pacific: insights from imaging analysis. *Journal of Plankton Research*, 45(3), 554–570.
- Taylor, F.J.R. (1976). Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R.V. “Anton Bruun” 1963–1964. *Bibliotheca Botanica*, 132, 1–234, pl. 1–46.
- Taylor, W.R. (1945). Pacific marine algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 12, 1–528.
- Terazaki, M. (1996). Vertical distribution of pelagic chaetognaths and feeding of *Sagitta enflata* in the Central Equatorial Pacific. *Journal of Plankton Research*, 18, 673–682.
- Todd, C.D., Lawerack, M.S., & Boxshall, G.A. (2006). *Coastal marine zooplankton: A practical manual for students* (2nd ed.). Cambridge University Press, 106 p.
- Tomas, C. (1996). *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, San Diego, 598 p.
- Totton, A.K. & Bargmann, H.E. (1965). A synopsis of the Siphonophora. Trustees of the British Museum (Natural History), London, UK, 230 pp.
- Valdivia-Carrillo, T., Rocha-Olivares, A., Reyes-Bonilla, H., Francisco Dominguez-Contreras, J., & Munguía-Vega, A. (2021). Integrating eDNA metabarcoding and simultaneous underwater visual surveys to describe complex fish communities in a marine biodiversity hotspot. *Molecular Ecology Resources*, 21, 1558–1574. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13375>
- Van der Spoel, S. (1976). *Pseudothecosomata, Gymnosomata and Heteropoda (Gastropoda)*. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht, 484 pp.
- Van der Spoel, S. (1996). Pteropoda. In: Gasca, R. & Suárez, E. (Eds.). *Introducción al estudio del zooplankton marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/CONACYT, Campeche, México, 459–528.

- Velázquez-Ornelas, K.E. & Hendrickx, M.E. (2023). Latitudinal and seasonal variation in the copepods (Multicrustacea: Copepoda) of the Gulf of California based on the CORTES cruises (1985). *Nauplius, Journal of the Brazilian Crustacean Society*, e2023027. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2023027>
- Ventura-Domínguez, P.D., Gómez-Gutiérrez, J., De Silva-Dávila, R., González-Rodríguez, E., Sánchez-Uvera, A.R., Silveyra-Bustamante, A.A., Trasviña-Castro, A., Aburto-Oropeza, O., & Sánchez, C. (2022). Community structure and biomass of euphausiids and mysids through a weekly time series from 2014 to 2017 in Cabo Pulmo National Park, Mexico. *Progress in Oceanography*, 208, 102881. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102881>
- Verdi, L.A., Casteñeda, E.B., Contreras B., G., Aguilera, L.G., García, M.de L., Ortiz Gallarza, S.M., & Villa, N.A. (1994). El Archipiélago Revillagigedo, Colima, México. Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina.
- Vinogradov, M.E., Volkov, A.F., & Semenova, T.N. (1996). Hyperiid amphipods of the world oceans. (Translated from Russian under agreement with the Smithsonian Institution Libraries.) Science Publishers, New Delhi.
- Villalobos, H. (2019). *echogram: Echogram Visualisation and Analysis*. R package version 1.0.0. <https://github.com/hvillalo/echogram>
- Villalobos, H., Zwolinski, J.P., Godínez-Pérez, C.A., González-Máynez, V.E., Manini-Ramos, F., Mayorga-Martínez, M., Michaels, W.L., Palacios-Higuera, M.S., Rubio-Rodríguez, U., Sarmiento-Lezcano, A.N., & Demer, D.A. (2021). Practical approach to monitoring marine protected areas: An application to El Bajo Espíritu Santo seamount near La Paz, Mexico. *Oceanography*, 34(3), 12–23.
- Wall-Palmer, D., Hegmann, M., Goetze, E., & Peijnenburg, K.T.C.A. (2019). Resolving species boundaries in the *Atlanta brunnea* species group (Gastropoda, Pterotracheoidea). *ZooKeys*, 899, 59–84. <https://doi.org/10.3897/zookeys.899.38892>
- Wall-Palmer, D., Smart, C.W., Kirby, R., Hart, M.B., Peijnenburg, K.T.C.A., & Janssen, A.W. (2016). A review of the ecology, palaeontology and distribution of atlantid heteropods (Caenogastropoda: Pterotracheoidea: Atlantidae). *Journal of Molluscan Studies*, 82, 221–234. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyv063>
- Yount, J. (1958). Distribution and ecologic aspects of Central Pacific Salpidae (Tunicata). *Pacific Science*, 12, 111–130.
- Young, R.E. & Harman, R.F. (1988). “Larva”, “paralarva” and “subadult” in cephalopod terminology. *Malacologia*, 29(1), 201–207.
- Zhang, W., Feng, M., Yu, Y., Zhang, C., & Xiao, T. (2012). An illustrated guide to contemporary tintinnids in the world. Beijing: Science Press, xvii+499 pp.
- Zeidler, W.A. (2004). A review of the families and genera of the hyperiidean amphipod superfamily Phronimoidea Bowman & Gruner, 1973 (Crustacea: Amphipoda: Hyperiidea). *Zootaxa*, 567, 1–66. <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.567.1.1>

# MATERIAL COMPLEMENTARIO DEL REPORTE “EXPEDICIÓN CIENTÍFICA 2023 AL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO”

Plancton insular del Parque Nacional Revillagigedo	276
Caracterización acústica de zooplancton necton y necton	284
Biodiversidad de eucariotas y peces marinos mediante ADN ambiental	286
Macroalgas en el Parque Nacional Revillagigedo	276
Lista de especies, nuevos registros y nuevas especies	276
Diversidad de bacterias y potencial microbiológico asociada a esponjas marinas y corales abanicos de mar	276
Diatomeas epifitas del Parque Nacional Revillagigedo	276

## LÍNEA DE BASE DEL PLANCTON INSULAR DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

Tabla S1. Taxones de dinoflagelados, diatomeas y cianobacterias identificados en el Parque Nacional Revillagigedo. La identificación se realizó utilizando las claves de identificación de dinoflagelados (Fensome et al., 1993), diatomeas (Round et al., 1990) y cianobacterias (Komárek, 2014).

### SISTEMÁTICO

División **Dinoflagellata** (Butschli 1885), Fensome et al. 1993

Clase Dinophyceae Pascher 1914

**Orden Gymnodiniales Apstein**

**Familia Ceratoperidiniaceae Loeblich III 1980**

Género: *Ceratoperidinium* Margalef ex A.R. Loeblich 1980

*Ceratoperidinium yeye* Margalef, nom. inval. 1969

**Familia Gymnodiniaceae (Bergh) Lankester**

Género *Cucumeridinium* F. Gómez, P. López-García, H. Takayama & D. Moreira 2015

*Cucumeridinium coeruleum* (Dogiel), F., Gomez, P., López-García, H, Takayama & D., Moreira 2015

Género *gyrodinium* Kofoid & Swezy

*Gyrodinium acutum* (F. Schütt) Kofoid & Swezy 1921

*Gyrodinium falcatum* Kofoid & Swezy 1921

Género *Torodinium* Kofoid y Swezia

*Torodinium teredo* (pouchet) Kofoid & Swezy 1921

**Familia Brachydiniaceae Sournia Brachydinum Taylor**

Género *Brachydinium* F.J.R. Taylor, 1963

*Brachydinium capitatum* F.J.R. Taylor

Género *Dissodinium* Klebs 1916

*Dissodinium elegans* (Pavillard) Matzenauer 1933

**Familia Pyrocystaceae (Schütt) Lemmermann 1899**

Género *Ostreopsis* Johs. Schmidt 1901

*Ostreopsis lenticularis* Y. Fukuyo 1981

Género *Pyrocystis* Wyville-Thompson 1876

*Pyrocystis hamulus* Cleve 1900

*Pyrocystis noctiluca* Murray ex Haeckel 1890

**Orden Gonyaulales Taylor 1980**

**Familia Gonyaulacaceae Lindemann 1928**

Género *Gonyaulax* Diesing 1866

*Gonyaulax areolata* Kofoid & J.R. Michener 1911

*Gonyaulax birostris* Stein 1883

*Gonyaulax bruunii* F.J.R. Taylor 1976

*Gonyaulax digitale* Kofoid, 1911

*Gonyaulax polygramma* F. Stein 1883

*Gonyaulax Scrippsae* Kofoid 1911

*Gonyaulax milneri* Murray & Whitting 1899

*Gonyaulax spinifera* (Claparède & Lachmann) Muerte en 1866

Género *Lingulodinium* Wall 1967

*Gonyaulax polyedra* (F. Stein) J. D. Dodge 1989

Género *Spiraulax* Kofoid 1911

*Spiraulax jolliffei* (Murray & Whitting) Kofoid 1911

**Familia Protoceratiaceae Lindemann 1928**

Género *Ceratocorys* F. Stein 1883

*Ceratocorys gourretii* Paulsen 1937

*Los hor ceratocorys* F. Stein 1883

*Ceratocorys magna* Kofoid 1910

*Ceratocorys malayensis* Z. Luo, P.T. Lim & H. Gu 2019

Género *Protoceratium* R.S. Bergh, 1881

*Protoceratium reticulatum* (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885

**Familia Ceratiaceae Willey y Hickson 1909**

Género *Ceratium* Schrank 1793

*Ceratium belone* Cleve 1900

*Paralelo* (Schmidt) Jørgensen 1911

*Ceratium candelabrum* (Ehrenberg) F. Stein 1883

*Ceratium carriense* Gourret 1883

*Ceratium cephalotum* (Lemmermann) Jørgensen 1911

*Contortum* (Gourret) Cleve 1900

*Karstenii* (Pavill.) Surnia 1966

*Ceratium declinatum* G. Karsten 1907

*Ceratium digitatum* F.Schütt 1895

*Ceratium euarcuratum* Jørgensen 1920

*Ceratium extensum* (Gourret) A. Cleve 1900

*Ceratium falcatum* (Kofoid) Jørgensen 1920

*Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède y Lachmann, 1859

*Extensum* Gourret 1883

*Ceratium gibberum* Gourret 1883

*Ceratium hexacanthum* Gourret 1883

*Ceratium horridum* (Cleve) Gran 1902

*Ceratium incisum* (G. Karsten) Jørgensen 1911

*Ceratium longirostrum* Gourret 1883

*Ceratium lunula* Schimper ex G. Karsten 1906

*Ceratium macroceros* (Ehrenberg) Cleve 1899

*Ceratium massiliense* (Gourret) G. Karsten 1906

*Ceratium paradoxides* Cleve 1900

*Ceratium pentagonum* Gourret 1883

*Ceratium praeolongum* (Lemmermann) Kofoid 1907

*Terraza Ceratium* Kofoid 1907

*Ceratium de trichoceros* (Ehrenberg) Kofoid 1881

*Ceratium tripos* var. *pulchellum* (Schröder) López ex Sournia 1973

*Ceratium symmetricum* var. *coarctatum* (Pavillard) Graham & Bronikovsky 1944

#### **Familia Goniodomaceae Lindemann 1928**

Género *Alexandrium* Halim 1960

*Alexandrium* sp.

Género *Goniodoma* F. Stein 1883

*Goniodoma milneri* Murray & Whitting 1899

*Goniodoma polyedricum* (Pouchet) Jørgensen 1899

#### **Familia Pyrocystaceae Apstein 1909**

Género *Pyrocystis* Murray 1885 ex Haeckel 1820

*Pyrocystis fusiformis* C.W. Thomson en J. Murray 1876

*Pyrocystis. lunula* (Schütt) Schütt en Engler & Prantl 1896

*Pyrocystis noctiluca* Murray ex Haeckel 1890

#### **Orden Peridinales Haeckel 1894**

##### **Familia Peridiniaceae Ehrenberg 1831**

Género *Scrippsiella* Balech 1959 ex Loeblich III 1965

*Scrippsiella* sp.

*Scrippsiella trochoidea* var. *aciculifera* M. Montesor 1999

##### **Familia Proto-peridiniaceae Fensome et al. 1998**

Género *Diplopsalis* Bergh 1881

*Diplopsalis lenticula* Bergh 1881

Género *Proto-peridinium* Berh 1881

*Proto-peridinium conicum* (Gran) Balech 1974

*Proto-peridinium depressum* (Bailey) Balech 1974

*Proto-peridinium divergens* (Ehrenberg) Balech 1974

*Proto-peridinium diabolus* (Cleve) Balech 1974

*Proto-peridinium elegans* (Cleve) Balech 1974

*Proto-peridinium latissimum* (Kofoid) Balech 1974

*Proto-peridinium leonis* (Pavillard) Balech 1974

*Proto-peridinium longipes* Balech 1974

*Proto-peridinium quarnerense* (B. Schröder) Balech 1974

*Proto-peridinium tenuissimum* (Kofoid) Balech 1974

##### **Familia Podolampaceae Lindemann 1928**

Género *Podolampas* F. Stein 1883

*Pitidos de Podolampas* F. Stein 1883

*Podolampas reticulata* Kofoid 1907

*Podolampas spinifera* Okamura 1912

##### **Orden Dinophysiales Kofoid 1926**

##### **Familia Dinophysiaceae F. Stein 1883**

Género *Dinophysis* Ehrenberg 1839

*D. argus* (Stein) Abé 1967

*Dinophysis hastata* F. Stein 1883

*Dinophysis cf. phalacromoides* F. Gómez, P. López-García & D. Moreira 2011

*Dinophysis punctata* Jørgensen 1923

*Dinophysis schuettii* G. Murray & Whitting 1899

Género *Metaphalacroma* L.-S. Tai & T. Skogsberg 1934

*Metaphalacroma skogsbergii* L.-S. Tai 1934

Género *Histioneis* Stein, 1883

*Histioneis* sp.

*Histioneis longicollis* Kofoid 1907

Género *Pseudophalacroma* E. Jørgensen 1923

*Pseudophalacroma nasutum* (F. Stein) E. Jørgensen 1923

Género *Ornithocercus* F. Stein 1883

*Ornithocercus heteroporus* Kofoid 1907

*Ornithocercus magnificus* F. Stein 1883

*Ornithocercus steinii* Schütt 1900

*Ornithocercus thumii* (Schmidt) Kofoid & Skogsberg 1928

Género *Brazilstioneis* Kofoid & Skogsberg 1928

*Parahistioneis paraformis* Kofoid & Skogsberg 1928

##### **Familia Amphisoleniaceae Lindemann 1928**

Género *Amphisolenia* F. Stein 1883

*Amphisolenia bidentata* Schröder 1900

*Amphisolenia thrinax* Schütt 1893

*Amphisolenia schauinslandii* Lemmermann 1899

##### **Familia Oxyphysaceae Sournia 1984**

Género: *Corythadinium* Loeblich Jr. Loeblich III, 1966

*Corythadinium milneri* (G. Murray & Whitting) F. Gómez 2017

Género *Oxytoxum* Stein 1883

*Oxytoxum biconicum* (Kofoid) J.D. Dodge & R.D. Saunders 1985

*Oxytoxum caudatum* Schiller 1937

*Oxytoxum constrictum* (F. Stein) Bütschli 1885

*Oxytoxum elegans* Pavillard 1916

*Oxytoxum laticeps* Schiller 1937

*Oxytoxum milneri* Murray & Whitting 1899

*Oxytoxum mitra* (Stein) Schröder 1906

*Oxytoxum nanum* Halldal 1953

Género *Phalacroma* Stein, 1883

*Phalacroma Doryphorum* F. Stein 1883

*Phalacroma favus* Kofoid & J.R. Michener 1911

*Phalacroma mitra* F. Schütt, 1895

*Phalacroma ovum* Schütt, 1895

*Phalacroma rudgei* Murray & Whitting 1899

**Orden Prorocentrales** Lemmermann 1910

**Familia Prorocentraceae** F. Stein 1883

Género *Prorocentrum* Ehrenberg 1834

*Prorocentrum* cf. *arabianum* Morton & Faust 2002

*Prorocentrum magnum* (Gaarder) J.D. Dodge, 1975

**Orden Phytodiniales** Christensen 1962 ex Loeblich III 1970

**Familia Phytodiniaceae** Klebs 1912

Género *Pyrophacus* F. Stein, 1883

*Pyrophacus horologium* F. Stein 1883

*Pyrophacus steinii* (J. Schiller) Wall & Dale 1971

División **BACILLARIOPHYTA** (Haeckel 1878)

Clase Coscinodiscophyceae Round & Crawford 1990

**Orden de Thalassiosirales** Glezer & Makarova 1986

**Familia Thalassiosiraceae** Lebour 1930

Género *Planktoniella* Schütt 1892

*Planktoniella sol* (Wallich) Schutt 1983

Género *Thalassiosira* Cleve 1873

*Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jørgensen 1905 sensu Hasle, 1979

*Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve 1904

*Thalassiosira punctigera* (Castracane) Hasle 1983

*Thalassiosira symmetrica* Fryxell & Hasle 1972

**Orden Melosirales** Crawford 1990

**Familia Hyalodiscaceae**

Género *Podosira* Ehrenberg, 1840

*Podosira baldjickiana* Grunow 1888

**Familia Coscinodiscaceae** Kützing 1844 enmend. Round & Crawford 1990

**Orden Coscinodiscales** Round & R.M. Crawford 1990

Género *Coscinodiscus* Ehrenberg emend. Rattray 1890

*Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg 1811

*Coscinodiscus centralis* Ehrenberg 1844

*Coscinodiscus oculus-iridis* (Ehrenberg) Ehrenberg 1840

*Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg 1844

*Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg 1841

**Familia Hemidiscaceae** Hendey 1937 enmend. Simonsen 1975

Género *Actinocyclus* Ehrenberg 1837

*Actinocyclus normanii* (W. Gregory) Hustedt, 1957

*Actinocyclus octonarius* Ehrenberg 1838

*Actinocyclus subtilis* (Gregory) Ralfs en Pritchard, 1861

Género *Azpeitia* Peragallo en Tempère & Peragallo 1912

*Azpeitia africana* (Janisch en A. Schmidt), Fryxell & Watkins, 1986

*Azpeitia nodulifera* (Schmidt) Fryxell & Sims en Fryxell & al. 1986

Familia Heliopeltaceae H.L. Smith 1872

Género *Actinoptychus* Ehrenberg 1839

*Actinoptychus splendens* (Shadbolt) Ralfs en Pritchard 1861

**Orden Asterolamprales** Round & Crawford 1990

**Familia Asterolampraceae**, H.L. Smith, 1872, enmienda. Gombos 1980

Género *Asterolampra* Ehrenberg 1844

*Asterolampra marylandica* Ehrenberg 1844

**Orden Triceratiales** Round & Crawford 1990

**Familia Triceratiaceae (Schütt)** Lemmermann 1899

Género *Triceratium* Ehrenberg 1839

*Triceratium formosum* f. *quinelobulata* (Greville) Hustedt 1930

**Orden de los Guerreros** Biddulphiales 1954

**Familia Biddulphiaceae** Kützing 1844

Género *Biddulphia* Gray 1821

*Biddulphia biddulphiana* (Smith) Boyer 1901

Género *Trigonium* Cleve 1868

*Trigonium diaphanum* Mann 1925

*Trigonium formosum* (Brightwell) Cleve

**Orden Hemiaulales** Round & Crawford 1990

**Familia Hemiaulaceae** Heiberg 1863

Género *Climacodium* Grunow 1868

*Climacodium biconcavum* Cleve 1897

**Familia Streptothecaceae** Crawford 1990

Género *Helicotheca* Ricard 1987

*Helicotheca tamesis* (*Streptotheca tamesis* Ricard, 1987 = *Streptotheca tamesis*, *Streptotheca Tamesis*, 1890\*

**Orden Rhizosoleniales** Silva 1962 enmend. Round y Crawford 1990

**Familia Rhizosoleniaceae** de Toni 1890

Género *Guinardia* Peragallo 1892

*Guinardia cylindrus* (Cleve) Hasle, 1996

Género *Proboscia* Subdröm 1986

*Proboscia alata* (Brightwell) Sundström 1986

*Proboscia alata* f. *Gracillima* (Cleve) Grand 1986

Género *pseudosolenia* subdröm 1986

*Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) Sundström 1986

Género *Rhizosolenia* Brightwell 1858, nom. & typ. cons.

*Rhizosolenia* Brightwell, 1858, nom. y typ. cons.

*Rhizosolenia bergonii* H. Peragallo 1892

*Rhizosolenia clevei* Ostfeld 1902

*Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (Hensen) Gran 1905

**Orden Chaetocerotales** Round & Crawford 1990

**Familia Chaetoceraceae** Ralfs en Pritchard 1861

Género *Bacteriastrum* Shadbolt 1854

*Bacteriastrum delicatulum* Cleve 1897

Género *Chaetoceros* Ehrenberg 1844

*Chaetoceros coarctatus* Lauder 1864

*Chaetoceros dad* Pavillard 1913

**Orden Leptocylindrales** Round & Crawford 1990

**Familia Leptocylindraceae** Lebour, 1930

Género *Leptocylindrus* Cleve 1889

*Leptocylindrus mediterraneus* (Peragallo) Hasle 1975

**Orden Stictodiscales**

**Familia Chrysanthemodiscaceae**

Género *Chrysanthemodiscus* A. Mann, 1925

*Chrysanthemodiscus floriatus* A. Mann, 1925

**Clase Fragilariophyceae Ronda 1990**

Orden Fragilariales Silva 1962 emend.

Género *Podocystis* Kützing 1844

*Podocystis adriatica* (Kützing) Ralfs en Pritchard 1861

Género *Synedra* Ehrenberg 1830

*Synedra gouldarii* Brehicon Cleve & Grunow 1887

**Orden Lichmophorales** Round 1990

**Familia Lichmophoraceae** Kützing 1844

Género *Licmophora* C. Agardh 1827

*Licmophora ehrenbergii* (Kützing) Grunow 1867

*Licmophora flabellata* (Carmichael) Agardh 1831

*Licmophora gracilis* (Ehrenberg) Grunow 1867

*Licmophora grandis* (Kützing) Grunow 1880

*Licmophora hyalina* (Kützing) Grunow 1867

*L. lyngbyei* (Kützing) Grunow en van Heurck, 1885

*Licmophora paradoxa* (Lyngbye) Agardh 1836

**Familia Ulnariaceae** E.J.Cox 2015

Género *Tabularia* (Kützing) D.M. Williams & Round 1986

*Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M. Williams & Round 1986

**Orden Rhaphoneidales** Ronda 1990

**Familia Rhaphoneidaceae** Forti 1912

Género *Neodelphineis* Takano 1982

*Neodelphineis pelagica* Takano 1982

**Orden Ardissonaeales** Ronda 1990

**Familia Ardissonaceae** Ronda 1990

Género *Ardissonea* de Notaris 1842

*Ardissonea crystallina* (Agardh) Grunow en Cleve & Grunow 1880

Género *Climacosphenia* Ehrenberg 1841

*Climacosphenia moniligera* Ehrenberg 1843

**Orden Toxariales** Round 1990

**Familia Toxariaceae** Ronda 1990

Género *Toxarium* Bailey 1854

Género *Toxarium* Bailey 1854

*Toxarium hennedyanum* (Gregory) Pelletan 1889

*Toxarium undulatum* Bailey 1854

**Orden Thalassionematales** Ronda 1990

**Familia Thalassionemataceae** Redondo 1990

Género *Thalassiotrix* Cleve & Grunow 1880

*Thalassiotrix longissima* Cleve y Grunow 1880

**Orden Rhabdonematales** Round & Crawford 1990

**Familia Rhabdonemataceae** Round & Crawford 1990

Género *Rhabdonema* Kützing 1844

*Rhabdonema habdonema* Habum Kützing 1811

**Orden Climacospheniales** Round 1990

**Familia Climacospheniaceae** Ronda 1990

Género *Climacosphenia* Ehrenberg 1841

*Climacosphenia moniligera* Ehrenberg 1843

Clase Bacillariophyceae Haeckel 1878 enmend. D.G. Mann

**Orden Koernerellales** Lobban & Ashworth 2022

**Familia Koernerellaceae** Lobban & Ashworth 2022

Género *Bleakeleya* Round, 1990

*Bleakeleya notata* (Grunow) Ronda 1990

**Orden Naviculales** Bessey 1907 enmend. D.G. Mann 1990

**Familia Naviculaceae** Kützing 1844 enmend. D.G. Mann 1990

Género *Haslea* Simonsen 1974

*Haslea wawriake* (Hustedt) Simonsen 1974

Género *Navicula* Bory 1822

*Navicula* sp.

**Familia Pleurosigmaaceae** Mereschkowsky 1903

Género *Gyrosigma* Hassall 1845

*Gyrosigma cf. balticum* (Ehrenberg) Rabenhorst 1894

Género *Pleurosigma* Smith 1852

*Pleurosigma barbadense* Grunow, 1880

**Orden Thalassiophysales** D.G. Mann 1990

**Familia Catenulaceae** Mereschkowsky 1902

Género *Amphora* Ehrenberg 1840

Ánfora sp.

Ánfora immarginata Nagumo 2003

Clase: Cyanophyceae

**Orden Oscillatoriales**

**Familia Microcoleaceae**

Género : *Trichodesmium clevei* (J.Schmidt), Anagnostidis & Komárek, 1988

*Trichodesmium thiebautii* Gomont 1890

**Familia Oscillatoriaceae**

Género *Lyngbya*

*Lyngbya* sp.

Género *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, 1892

*Oscillatorio* sp.

Tabla S2. Listado de familias y su número de géneros y taxones de microfitoplancton identificados a partir de muestras colectadas en abril de 2023 en el Parque Nacional

Familias	No. Géneros	No. Especies y variedades
<b>Dinoflagelados</b>		
1. Ceratoperidiniaceae	1	1
2. Gymnodiniaceae	3	4
3. Brachydiniaceae	2	2
4. Pyrocystaceae	2	3
5. Gonyaulacaceae	3	10
6. Protoceratiaceae	2	5
7. Ceratiaceae	1	29
8. Goniodomaceae	2	3
9. Pyrocystaceae	1	3
10. Peridiniaceae	1	2
11. Protoperidiniaceae	2	11
12. Podolampaceae	1	3
13. Dinophysaceae	6	14
14. Anfisoleniaceae	1	3
15. Oxyphysaceae	3	14
16. Prorocentraceae	1	2
17. Fitodiniaceae	1	2
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>111</b>
<b>Diatomeas</b>		
1. Thalassiosiraceae	2	5
2. Hialodiscaceae	1	1
3. Coscinodiscaceae	1	5
4. Hemidiscaceae	3	6

Familias	No. Géneros	No. Especies y variedades
5. Asterolampraceae	1	1
6. Triceratiaceae	1	1
7. Biddulphiaceae	2	3
8. Hemiaulaceae	1	1
9. Estreptothecaceae	1	1
10. Rhizosoleniaceae	4	8
11. Chaetoceraeae	2	3
12. Leptocylindraceae	1	1
13. Chrysanthemodiscaceae	1	1
14. Fragilariophyceae	2	2
15. Lichmophoraceae	1	7
16. Ulnariaceae	1	1
17. Rhaphoneidaceae	1	1
18. Ardissonaceae	2	2
19. Toxariaceae	1	2
Artículo 20. Thalassionemataceae	1	1
Artículo 21. Rhabdonemataceae	1	1
22. Climacosfeniaceae	1	1
23. Koernerellaceae	1	1
24. Naviculaceae	2	2
25. Pleurosigmataceae	2	2
26. Estriatelceae	1	1
27. Catenulaceae	1	2
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>63</b>
<b>Cianobacterias</b>		
1. Microcoleaceae	1	1
2. Oscillatoriaceae	2	2
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Revillagigedo.

Tabla S3. Listado sistemático de zooplancton (Clase hydrozoa, Copepoda, Malacostraca, Gasteropoda, Cephalopoda) y Chordata (Thaliacea y Actinopterygii: huevos (E) y larvas (L) de ictioplancton colectados con redes de zooplancton de 300, 500 y 1000  $\mu\text{m}$  de malla ligera durante abril de 2023 (PNR-2304) en el Parque Nacional

Revillagigedo, México.

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Animal del Reino				
Filo Cnidaria				
Clase Hidrozoos				
Subclass Hydrozoa				
Orden Siphonophorae				
Suborden Calyctophorae				
	Hippopodiidae	<i>Vogtia glabra</i> Bigelow, 1918		
Subfamilia Diphyinae	Diphyidae	<i>Chelophyes appendiculata</i> (Eschscholtz, 1829)		
		<i>Chelophyes contorta</i> (Lens & van Riemsdijk, 1908) — Brasil		
		<i>Diphyes bojani</i> (Eschscholtz, 1825)		
		<i>Diphyes dispar</i> Chamisso y Eysenhardt, 1821		
		<i>Eudoxoides</i> (Huxley, 1859)		
		<i>Eudoxoides spiralis</i> (Bigelow, 1911)		
		<i>Lensia campanella</i> (Moser, 1917)		
		<i>Lensia conoidea</i> (Keferstein y Ehlers, 1860)		
		<i>El cosaco de Lensia</i> Totton, 1941		
		<i>Lensia fowleri</i> (Bigelow, 1911)		
		<i>Lensia hotspur</i> Totton, 1941		
		<i>Lensia subtilis</i> (Chun, 1886)		
		<i>Lensia subtiloides</i> (Lens & van Riemsdijk, 1908) — Brasil		
		<i>Muggiaea atlantica</i> Cunningham, 1892		
Subfamilia Sulculeolariinae		<i>Sulculeolaria quadrialvis</i> de Blainville, 1830		
		<i>Sulculeolaria</i> spp		

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Subfamilia Abylopsinae	Abylidae	<i>Abylopsis tetragon</i> (Otto, 1823)		
		<i>Abylopsis eschscholtzii</i> (Huxley, 1859)		
		<i>Enneagonum</i> spp		
Subfamilia Abylinae		<i>Ceratocimba leuckartii</i> (Huxley, 1859)		
		<i>Ceratocymba</i> spp		
Suborden Physonectae	Agalmatidae	<i>Agalma</i> spp		
Subclase Trachylinae				
Orden Trachymedusae				
	Rhopalonemati- tidae	<i>Aglaura hemistoma</i> Péron y Lesueur, 1810		
Subclass Hydrozoa				
Suborden Capitata	Corynidae	<i>Sarsia</i> spp		
Orden Anthoathecata				
Suborden Filifera				
	Bougainvilliidae	<i>Bougainvillia muscoides</i> (Sars, 1846)		
		<i>Bougainvillia</i> spp		
	Rathkeidae	<i>Lizzia Ferrari</i> Segura, 1980		
Subclase Trachylinae				
Orden Limnomedusae	Geryoniidae	<i>Geryonia proboscidalis</i> (Forsskål, 1775)		
		<i>Liriope tetraphylla</i> (Chamisso y Eysenhardt, 1821)		
	Olindiidae	<i>Olindias</i> spp		
Orden Narcomedusae	Cuninidae	<i>Cunina</i> spp		
	Solmarisidae	<i>Solmaris</i> spp		
Phylum Ctenophora				
Clase Nuda				
Orden Beroida	Beroidae	<i>Beroe</i> spp		
Clase Tentaculata				
Orden Cydippida	Pleurobrachiidae	<i>Pleurobrachia</i> spp		

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Filo Arthropoda				
Subfilo Crustacea				
Superclase Multicrustáceos				
Clase Copépoda				
Infracase Neocopepoda				
Superorden Gymnoplea				
Orden Calanoidea				
Superfamilia Diaptomioidea	Acartidae	<i>Acartia (Acartia) negligens</i> Dana, 1849		
	Pontellidae	<i>Calanopia minor</i> A. Scott, 1902		
		<i>Labidocera detruncata</i> (Dana, 1849)		
		<i>Laberinto agudo</i> (Dana, 1849)		
		<i>Pontellina plumata</i> (Dana, 1849)		
		<i>Pontellina sobrina</i> Fleminger & Hulsemann, 1974		
	Temoridae	<i>Temora discaudata</i> Giesbrecht, 1889		
	Candaciidae	<i>Candacia longimana</i> (Claus, 1863)		
		<i>Candacia curta</i> (Dana, 1849)		
		<i>Candacia truncata</i> (Dana, 1849)		
		<i>Candacia catula</i> (Giesbrecht, 1889) — Brasil		
		<i>Candacia pachydactyla</i> (Dana, 1849)		
	Centropagidae	<i>Centropages calaninus</i> (Dana, 1849)		
		<i>Centropages furcatus</i> (Dana, 1849)		
		<i>Centropages gracilis</i> (Dana, 1849)		
Superfamilia Calanoidea	Calanidae	<i>Los Darwini</i> (Lubbock, 1860)		
	Paracalanidae	<i>Acrocalanus gibber</i> Giesbrecht, 1888 — Brasil		
		<i>Calocalanus plumulosus</i> (Claus, 1863)		
		<i>Calocalanus pavo</i> (Dana, 1849)		
		<i>Mecynocera clausi</i> Thompson, 1888		
Superfamilia Eucalanoidea	Eucalanidae	<i>Subeucalanus mucronatus</i> (Giesbrecht, 1888)		
		<i>Pareucalanus sewelli</i> (Fleminger, 1973)		
	Lucicutiidae	<i>Lucicutia flavicornis</i> (Claus, 1863)		
	Metridinidae	<i>Pleuromamma gracilis</i> (Claus, 1863)		

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Superfamily Clausocalanoidea	Scolecitrichidae	<i>Scolecithrix danae</i> (Lubbock, 1856)		
	Euchaetidae	<i>Euchaeta indica</i> Wolfenden, 1905		
		<i>Euchaeta marina</i> (Prestandrea, 1833)		
		<i>Clausocalanus furcatus</i> (Brady, 1883)		
	Calanidae	<i>Neocalanus gracilis</i> (Dana, 1849)		
		<i>Undinula vulgaris</i> (Dana, 1849)		
Superorden de Podople				
Orden Cyclopoida				
Suborden Ergasilida	Lubbockiidae	<i>Lubbockia squillimana</i> Claus, 1863		
	Sapphirinidae	<i>Sapphirina bicuspidata</i> Giesbrecht, 1891		
		<i>Sapphirina auronitens</i> Claus, 1863		
		<i>Sapphirina intestinata</i> Giesbrecht, 1891		
		<i>Sapphirina stellata</i> Giesbrecht, 1891		
		<i>Sapphirina nigromaculata</i> Claus, 1863		
	Corycaeidae	<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) catus</i> Dahl F., 1894		
		<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) ovalis</i> Claus, 1863		
		<i>Corycaeus (Corycaeus) speciosus</i> Dana, 1849		
		<i>Corycaeus (Onychocorycaeus) latus</i> Dana, 1849		
		<i>Corycaeus (Agetus) flaccus</i> Giesbrecht, 1891		
		<i>Farranula gibbula</i> (Gies2, 1891)		
	Oithonidae	<i>Oithona plumifera</i> Baird, 1843		
		<i>Oithona setigera</i> (Dana, 1849)		
	Oncaeidae	<i>Oncaea venusta</i> Philippi, 1843		
		<i>Triconia conifera</i> (Giesbrecht, 1891)		
		<i>Copilia quadrata</i> Dana, 1849		
incertae sedis (Cyclopoida)		<i>Pachos dentatum</i> (Mori, 1932)		
Superorden de Podople				
Orden Harpacticoida	Peltidiidae	<i>Peltidium nayarit</i> Suárez-Morales y Jarquín-González, 2013		
Subfamilia Peltidiinae				
Subfamilia Clytemnestrinae		<i>Clitemnestra scutellata</i> Dana, 1848		

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Class Malacostraca				
Subclase				
Eumalacostraca				
Superorden Eucarida				
Orden Euphausiacea	Euphausiidae	<i>Euphausia</i>		
		<i>Euphausia distinguenda</i> Hansen, 1911		
		<i>Euphausia eximia</i> Hansen, 1911		
		<i>Euphausia gibboides</i> Ortmann, 1893		
		<i>Euphausia tenera</i> Hansen, 19105		
		<i>Euphausia</i> sp. 1 (calyptopis)		
		<i>Hansarsia gracilis</i> (Hansen, 1910)		
		<i>Stylocheiron affine</i> (Hansen, 1910)		
Orden Decapoda				
Suborden Dendrobranchiata				
Superfamilia Sergestoidea				
	Luciferidae	<i>Lucifer typus</i> H. Milne Edwards, 1837		
	Sergestidae			
Suborden Pleocymata				
Infra Orden Achelata	Palinuridae	<i>Palinurus interruptus</i> Randall, 1840		
Infraorden Anomura	Porcellanidae			
Infraorden Axiidea	Axiidae			
	Callinastidae			
Infraorden Brachyura	Epialtidae	<i>Libinia</i> sp.		
	Pinnotheridae	<i>Pinnotheres</i> sp.		
Infraorden Caridea	Palaemonidae	<i>Palaemon</i> sp.		
	Pandalidae			
	Alpheidae	<i>Alpheus</i> sp. (Larva zoea)		
Superorden Peracarida				
Orden Isopoda				
Cymothoida de frontera				

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Superfamilia Cymothoidea	Cirolanidae	<i>Eurydice caudata</i> Richardson, 1899		
Superorden Epicaridea				
Superfamilia Cryptoniscoidea	Dajidae	Juvenil y adulto no identificado Natación libre y adherido a la parte ventral de <i>M. rickettsi</i> )		
Orden Amphipoda				
Suborden Hyperiidia				
Infraorden Physocephalata				
Parvorden Physocephalatidira				
Superfamilia Platysceloidea	Anfitiridas	<i>Amphithyrus bispinosus</i> Claus, 1879		
		<i>Amphithyrus muratus</i> Volkov, 1982		
		<i>Amphithyrus similis</i> Claus, 1879		
Superfamilia Phronimoidea	Phrosinidae	<i>Anchylomera blossevillei</i> H. Milne Edwards, 1830		
Superfamilia Platysceloidea	Brachyscelidae	<i>Brachyscelus cruscolum</i> Spence Bate, 1861		
Parvorden Physocephalatidira		<i>Brachyscelus globiceps</i> (Claus, 1879)		
Superfamilia Platysceloidea	Oxycephalidae	<i>Craniocephalus scleroticus</i> (Calles, 1878)		
		<i>Leptocotis tenuirostris</i> (Claus, 1971)		
	Eupronoidae	<i>Eupronoe armata</i> Claus, 1879		
	Platyscelidae	<i>Hemityphis tenuimanus</i> Claus, 1879		
Superfamilia Phronimoidea	Lestrigonidae	<i>Hyperietta</i> Stephenson Bowman, 1973		
		<i>Hyperietta vosseleri</i> Stebbing, 1904		
		<i>Hyperioides sibaginis</i> (Stebbing, 1888)		
		<i>Hyperionyx macrodactylus</i> (Stephensen, 1924) — Brasil		
		<i>Lestrigonus bengalensis</i> Giles, 1888		
		<i>Lestrigonus schizogeneios</i> (Stebbing, 1888)		
		<i>Phronimopsis spinifera</i> Claus, 1879		
		<i>Themistella fusca</i> (Dana, 1853)		
	Phronimidae	<i>Phronima atlantica</i> Guérin-Méneville, 1836		

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
		<i>Phronima bucephala</i> Giles, 1888		
		<i>Phronima stebbingi</i> Vosseler, 190121		
	Phrosinidae	<i>Phrosina semilunata</i> Risso, 1822		
Superfamilia Platysceloidea	Lycaeidae	<i>Lycaea nasuta</i> Claus, 1879		
		<i>Simorhynchotus antennarius</i> (Claus, 1871)		
	Lycaeopsidae	<i>Lycaeopsis themistoides</i> Claus, 1879		
		<i>Lycaeopsis zamboangae</i> (Stebbing, 1888)		
	Oxycephalidae	<i>Oxycephalus clausi</i> Bovallius, 1887		
		<i>Oxycephalus piscator</i> H. Milne Edwards, 1830		
		<i>Rhabdosoma brevicaudatum</i> Stebbing, 1888		
		<i>Rhabdosoma minor</i> Fage, 1954		
		<i>Rhabdosoma whitei</i> Spence Bate, 1862		
		<i>Streetsia porcela</i> (Claus, 1879)		
		<i>Streetsia steenstrupi</i> (Bovallius, 1887)		
	Eupronoidae	<i>Parapronoe parva?</i> Claus, 1879		
	Parascelidae	<i>Parascelus edwardsi</i> Claus, 1879		
		<i>Schizoscelus ornatus</i> Claus, 1879		
	Platyscelidae	<i>Paratyphis promontori</i> Stebbing, 1888		
		<i>Platyscelus serratulus</i> Stebbing, 1888		
		<i>Platyscelus ovoides</i> (Risso, 1816)		
		<i>Tetrathyrus forcipatus</i> Claus, 1879		
Superfamilia Vibilioidea	Paraphronimidae	<i>Paraphronima crassipes</i> Claus, 1879		
		<i>Paraphronima gracilis</i> Claus, 1879		
Orden Mysida	Mysidae	<i>Mysidium (Mysidium) rickettsi</i> harrison & Bowman, 1987		
Subfamilia Siriellinae				
La tribulación de Siriellini		<i>Siriella gracilis</i> Dana, 1852		
Subfamilia Rhopalophthalminae		¿ <i>Rhopalophthalmus?</i> SP1.		
Filo Mollusca				
Clase Gasteropoda				
		Larvas de moluscos bentónicos		

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Subclase Caenogastropoda				
Orden Littorinimorpha				
Superfamilia Pterotracheoidea	Atlantidae	<i>Atlanta regresó a</i> J. E. Gray, 1850		
		<i>Oligogyra de Atlanta</i> Tesch, 1906		
		<i>Atlanta de Richter</i> , 1972		
		<i>Atlanta y</i> J. E. Gray, 1850		
		<i>Brunnea de Atlanta</i> J. E. Gray, 1850		
		<i>Atlanta 2019</i> Wall-Palmer, Hegmann, Peijnenburg, 2019		
		<i>Atlanta Turriculata</i> d'Igny, 1836		
		<i>Atlanta Helicinoidea</i> J. E. Gray, 1850		
		<i>Juez de la Frontera de Atlanta</i> , 1993		
		<i>Souleyet gibbosa de Atlanta</i> , 1852		
		<i>Atlanta tokiokai</i> van der Spoel & Troost, 1972 — Brasil		
		<i>Oxygyrus inflatus</i> H. B. Benson, 1835		
	Pterotracheidae	<i>Firoloida desmarestia</i> Lesueur, 1817		
Subclase Heterobranchia				
Euthyneura infrarroja				
Subterclass Tectipleura				
Orden Pteropoda				
Suborden Euthecosomata				
Superfamilia Cavolinioidea				
	Creseidae	<i>Creseis acicula</i> (Rang, 1828)		
		<i>Creseis virgula</i> (Rang, 1828)		
	Limacinidae	<i>Limacina trochiformis</i> (d'Orbigny, 1835)		
	Diacriinae	<i>Diacria trispinosa</i> (Blainville, 1821)		
Subclase Heterobranchia				
Euthyneura infrarroja				

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
SubterClass				
Ringipleura				
Superorden				
Nudipleura				
Orden Nudibranchia				
Suborden				
Cladobranchia				
Superfamilia				
Aeolidioidea				
	Glaucidae	<i>Glaucilla</i> c.f. <i>thompsoni</i> (Churchill, Á. Valdés y Ó Foighil, 2014)		
Clase Cephalopoda				
Subclase Coleoidea				
Superorden				
Decabrachia				
Orden Teuthida				
Suborden Oegopsina				
	Ancistrochei- ridae	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i> (d'Orbigny, 1842)		
	Enoploteuthidae	<i>Abraliopsis</i> sp. 1		
	Ommastrephidae	<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i> (Lección, 1830)		
		Complejo SD ( <i>Sthenoteuthis oualaniensis</i> - <i>Dosidicus gigas</i> )		
	Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis horstkottei</i> Bolstad, 2010		
Superorden				
Octobranchia				
Order Octopoda				
Cera de suborden	Argonautidae	<i>Argonauta argo</i> Linnaeus, 1758		
		<i>Argonau nouryi</i> Lorois, 1852		
	Octopodidae	<i>Octopus bimaculatus</i> Verril, 1883		
		<i>Octopus hubbsorum</i> Berry, 1953		
		<i>Octopus</i> cf <i>rubescens</i>		
		<i>Pulpo</i> sp. 9		
Filo Chordata				
Subfilo Tunicata				
Clase Thaleacea				

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Order Salpida				
Subfamilia Salpinae	Salpidae	<i>Salpa fusiformis</i> Cuvier, 1804		
		<i>Thalia cicar</i> van Soest, 1973		
		<i>Thalia la Demócrata</i> (Forskål, 1775)		
		<i>Thalia orientalis</i> Tokioka, 1937		
		<i>Thalia rhomboides</i> (Quoy y Gaimard, 1824)		
Orden Doliolida		<i>Thalia</i> spp		
Suborden				
Doliolidina	Doliolidae	<i>Dolioletta gegenbauri</i> (Uljanin, 1884)		
Clase Sagittoidea		<i>Doliolum nationalis</i> Borgert, 1893		
Orden				
Aphragmophora				
	Krohnittidae	<i>Krohnitta pacifica</i> (Aida, 1897)		
		<i>Krohnitta subtilis</i> (Grassi, 1881)		
	Pterosagittidae	<i>Pterosagitta draco</i> Costa, 1869		
	Sagittidae	<i>Aidosagitta neglecta</i> (Aida, 1897)		
		<i>Aidosagitta regularis</i> (Aida, 1897)		
		<i>Decipisagitta decipiens</i> (Fowler, 1905)		
		<i>Ferosagitta robusta</i> (Doncaster, 1902)		
		<i>Flaccisagitta enflata</i> (Grassi, 1881)		
		<i>Flaccisagitta hexaptera</i> (d'Orbigny, 1836)		
		<i>Mesosagitta minima</i> (Grassi, 1881)		
		<i>Parasagitta euneritica</i> (Alvariño, 1961)		
		<i>Sagitta</i> sp.		
		<i>Serratosagitta pacifica</i> (Tokioka, 1940)		
		<i>Serratosagitta pseudoserraverifita</i> (Tokio, 1939)		
		<i>Zonosagitta bedoti</i> (Béranek, 1895)		
Orden				
Phragmophora				
	Spadellidae	<i>Spadella cephaloptera</i> (Busch, 1851)		
		<i>Spadella</i> sp. 1		
		<i>Spadella</i> sp. 2		
		<i>Spadella</i> sp. 3		
Subfilo Craniata				
Superclase				
Gnathostomata				
Clase Actinopterygii				

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
Subclase Neopterygii				
División Teleostei	En el caso dado	HND-03\u201205, sp. 2, esp. 3, esp. 4, esp. 5, esp. 6, esp. 7	Y	L
Subdivisión Euteleostei				
Anguiliformes		HND-01	Y	
Orden Stomiiformes	Gonostomatidae	<i>Diplophos taenia</i> Günther, 1873		L
	Phosichthyidae	<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman, 1899)	Y	L
Myctophiformes	Myctophidae	<i>Benthoema panamense</i> (Toe, 1932)		L
		<i>Bolinichthys longipes</i> (cervecero, 1906)		L
		<i>Diaphus pacificus</i> Parr, 1931		L
		<i>Hygophum atratum</i> (Garman, 1899)		L
		<i>Lampanyctus parvicauda</i> Parr, 1931		L
Orden Aulopiformes	Lestidiidae	<i>Lestidiops neles</i> (Harry, 1953)		L
Orden Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinella eriarcha</i> Jordan y Gilbert, 1882		L
Orden Beloniformes	Exocoetidae	HND-02	Y	
		<i>Cheilopogon furcatus</i> (Mitchill, 1815)		L
		<i>Prognichthys tringa</i> Breder, 1928		L
	Hemiramphidae	<i>Oxyporhamphus micropterus</i> (Valenciennes, 1847)	Y	L
Orden Syngnathiformes	Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i> Rüppell, 1838	Y	
	Syngnathidae	<i>Cosmocampus arctus</i> (Jenkins y Evermann, 1889)		L
Gobiesociformes	Gobiesocidae	Tipo 1		L
		Tipo 2		L
Perciformes/ Serranoidei	Anthiidae	<i>Pronotogrammus multifasciatus</i> Gill, 1863		L
	Serranidae	<i>Serranus</i> sp.		L
Carangiformes	Carangidae	<i>Gnathanodon speciosus</i> (Forsskål, 1775)	E	
	Carangidae / Naucratinae	<i>Ductor de Náucrates</i> (Linnaeus, 1758)		L
	Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	E	L
Mulliformes	Mullidae	<i>Pseudupeneus grandisquamis</i> (Gill, 1863)		L
Eupercaria/ miscelánea	Haemulidae	Tipo 1		L
	Labridae	<i>Thalassoma lucasanum</i> (Gill, 1862)	Y	
	Lutjanidae	<i>Lutjanus</i> sp. 1	Y	

Sistemático	Familia	Género, especie y autoridad	E	L
		<i>Lutjanus</i> sp. 2	Y	
	Scaridae	<i>Scarus</i> sp. 2	Y	
		<i>Scarus</i> sp.3	Y	
Blenniiformes	Blenniidae	<i>Hypsoblennius</i> sp.		L
	Chaenopsidae	Tipo 1		L
	Labrisomidae	Tipo 1		L
	Tripterygiidae	Tipo 1		L
		Tipo 2		L
	Dactyloscopidae	Tipo 1		L
		Tipo 2		L
		Tipo 3		L
Beryciformes	Melamphidae	<i>Scopelogadus bispinosus</i> (Gilbert, 1915)		L
Scombriformes	Gempylidae	<i>Gempylus serpens</i> Cuvier, 1829		L
	Scombridae	<i>Auxis</i> sp.	Y	L
		<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)		L
	Nomeidae	<i>Cubiceps pauciradiatus</i> Günther, 1872	Y	L
		<i>Psenes joe</i> Haedrich, 1970		L
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Canthigaster punctatissima</i> (Günther, 1870)		L

## CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DEL ZOOPLANCTON Y NECTON EN EL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

### Anexo 1. Archivo xyz San Benedicto

<https://drive.google.com/file/d/1u3tFoX2mbd36148ypzAAldBg5BVedxI1/view?usp=sharing>

### Anexo 2. Archivo xyz Clarión

<https://drive.google.com/file/d/1A4oGX1ghUIEXsPveizIKRDQqFiyv9x6q/view?usp=sharing>

### Anexo 3. Archizo xyz Roca Partida

[https://drive.google.com/file/d/1SYhERU13gPd5197UFYpl1U7XBVaWi\\_ow/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1SYhERU13gPd5197UFYpl1U7XBVaWi_ow/view?usp=sharing)

### Anexo 4. Archivo ráster de la interpolación TIN – San Benedicto

<https://drive.google.com/drive/folders/1bnWg0fpgq3eTl4cYRQDo1r4ipjTzNjDU?usp=sharing>

### Anexo 5. Archivo ráster de la interpolación TIN – Clarión

<https://drive.google.com/drive/folders/1tE2YhuLO2dR1u2pP9-3AaFf8hISVh0pK?usp=sharing>

### Anexo 6. Archivo ráster de la interpolación TIN – Roca Partida

[https://drive.google.com/drive/folders/1i7oF4GQJNEhTI-xQh4s6ix5gnFtz0oX\\_?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1i7oF4GQJNEhTI-xQh4s6ix5gnFtz0oX_?usp=sharing)

### Anexo 7. Shapefile isobata interpolada – San Benedicto

[https://drive.google.com/drive/folders/1AkvlfkFjTHbK2QDFJQlynVrno-osrj\\_F?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1AkvlfkFjTHbK2QDFJQlynVrno-osrj_F?usp=sharing)

### Anexo 8. Shapefile isobata interpolada – Clarión

<https://drive.google.com/drive/folders/1I65kMn2SaxtEs5cWEeRtMjAmaLjz7GT4?usp=sharing>

### Anexo 9. Shapefile isobata interpolada – Roca Partida

[https://drive.google.com/drive/folders/1fdQRvKf4JWvaEhTSWvL3\\_8v9GqeDyvO8?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1fdQRvKf4JWvaEhTSWvL3_8v9GqeDyvO8?usp=sharing)

## BIODIVERSIDAD DE EUCARIOTAS Y PECES MARINOS DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO MEDIANTE ANÁLISIS DE ADN AMBIENTAL

*Anexo 10. Lista de 9889 especies/OTUs de organismos eucariotas encontrados en 17 sitios del Parque Nacional Revillagigedo, indicando su asignación taxonómica con NCBI y el número de secuencias de ADN del gen 18S observado en cada sitio.*

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ebYfclCsYkBXXTSmOKRQJvAtxmX3iIP/edit?usp=sharing&oid=112696273476749778176&rtpof=true&sd=true>

*Anexo 11. Lista de 539 especies/OTUs de peces encontrados en 17 sitios del Parque Nacional Revillagigedo, indicando su asignación taxonómica (NCBI y Base de referencia local) y el número de secuencias de ADN del gen 12S observado en cada sitio.*

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1dQD06G4atdi2LacUxW9ACZ2IULYHti7L/edit?usp=sharing&oid=112696273476749778176&rtpof=true&sd=true>

*Anexo 12. Diversidad taxonómica de organismos Eucariotas identificados en el Parque Nacional Revillagigedo, indicando el número de especies/OTUs dentro de cada rango taxonómico.*

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1cruBuKnwLjNfSxCN-\\_XE4YHRH65kT\\_Zh/edit?usp=sharing&oid=112696273476749778176&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1cruBuKnwLjNfSxCN-_XE4YHRH65kT_Zh/edit?usp=sharing&oid=112696273476749778176&rtpof=true&sd=true)

*Anexo 13. Diversidad taxonómica de peces identificados en el Parque Nacional Revillagigedo, indicando el número de especies/OTUs dentro de cada rango taxonómico.*

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VdLzxtRUzhtOdSx97gbh9CmFxi7Si\\_/edit?usp=sharing&oid=112696273476749778176&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VdLzxtRUzhtOdSx97gbh9CmFxi7Si_/edit?usp=sharing&oid=112696273476749778176&rtpof=true&sd=true)

## MACROALGAS EN EL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO

Listado de especies recolectadas en el Archipiélago Revillagigedo de 1930 a 2007.

Las especies se ordenaron por Phylum siguiendo un orden alfabético.

### CHLOROPHTA

#### ***Blidingia marginata*** (J. Agardh) P.J.L. Dangeard ex Bliding

Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Enteromorpha marginata*).

#### ***Bryopsis galapagensis*** W.R. Taylor

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

#### ***Bryopsis pennata*** var. *minor* J. Agardh

Isla Clarión (Serviere-Zaragoza et al. 2007).

#### ***Caulerpa chemnitzia*** (Esper) J.V. Lamouroux

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Caulerpa peltata*).

#### ***Caulerpa chemnitzia*** var. *laetevirens* (Montagne)

Fernández-García & Riosmena-Rodriguez

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Caulerpa racemosa* var. *laetevirens*).

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Caulerpa racemosa* var. *laetevirens*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Caulerpa* var. *laetevirens*).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Caulerpa racemosa* var. *laetevirens*).

#### ***Caulerpa chemnitzia*** var. *occidentalis* J. Agardh

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis*).

#### ***Caulerpa fastigiata*** Montagne

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

#### ***Caulerpa racemosa*** (Forsskål) J. Agardh

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

Isla Clarión (Serviere-Zaragoza et al. 2007).

#### ***Caulerpa sertularioides*** (S.G. Gmelin) M. Howe

Isla San Benedicto (Serviere-Zaragoza et al. 2007).

Isla Socorro (Serviere-Zaragoza et al. 2007).

#### ***Chaetomorpha antennina*** (Bory) Kützinger

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

#### ***Chaetomorpha exposita*** (Børgesen) E.Y. Dawson

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

#### ***Chaetomorpha gracilis*** Kützinger

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

#### ***Chlorodesmis mexicana*** W.R. Taylor

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Chlorodesmis comosa*). Nombre mal aplicado de acuerdo con Dawson (1946, p. 175), consultado en Pedroche et al. (2005).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

#### ***Cladophora gracilis*** f. *expansa* (Farlow) Collins

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

#### ***Cladophora perpusilla*** Skottsberg & Levring

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

#### ***Cladophora vagabunda*** (Linnaeus) Hoek

Isla San Benedicto (Dawson 1957, como *Cladophora inserta*).

#### ***Cladophoropsis membranacea*** (Hofman Bang ex C. Agardh) Børgesen

Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

#### ***Codium amplivesiculatum*** Setchell & N.L. Gardner

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Codium decorticatum*). Nombre mal aplicado de acuerdo con Dawson (1953, p. 108) y Pedroche et al. (2002, p. 40); consultado en Pedroche et al. (2005).

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Codium longiramosum*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Codium longiramosum*).

#### ***Codium simulans*** Setchell & N.L. Gardner

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Codium isabelae*). Nombre mal aplicado de acuerdo con Pedroche et al. (2002 p. 61), consultado en Pedroche et al. (2005).

#### ***Dictyosphaeria australis*** Setchell

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

#### ***Dictyosphaeria versluysii*** Weber-van Bosse

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

#### ***Ernodesmis verticillata*** (Kützinger) Børgesen

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

#### ***Halimeda discoidea*** Decaisne

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

#### ***Halimeda opuntia*** (Linnaeus) J.V. Lamouroux

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

**Halimeda tuna** (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

**Neomeris vanbosseae** M. Howe

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Ostreobium quekettii** Bornet & Flahault

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Ostreobium reineckeii*).

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Ostreobium reineckeii*).

**Parvocaulis parvulus** (Solms-Laubach) S. Berger, Fettweiss,

**Gleissberg, Liddle**, U. Richter, Sawitzky & Zuccarello

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Acetabularia parvula*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Acetabularia parvula* var. *americana*).

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Acetabularia parvula*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Acetabularia parvula*).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Acetabularia parvula*).

**Phaeophila dendroides** (P. Crouan & H. Crouan) Batters

Isla Clarión (Taylor 1945, como *Phaeophila engleri*).

**Pilinia maritima f. pacifica** Thivy ex W.R. Taylor

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

**Pseudobryopsis hainanensis** C.K. Tseng

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

**Rhizoclonium riparium** (Roth) Harvey

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Rhizoclonium kernerii*).

**Siphonocladus tropicus** (P. Crouan & H. Crouan) J. Agardh

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

*Ulva flexuosa* Wulfen

Isla San Benedicto (Dawson 1957, como *Enteromorpha flexuosa*).

Isla San Benedicto: *Caletilla* Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Enteromorpha lingulata*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Enteromorpha flexuosa*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Enteromorpha flexuosa*).

**Ulva lactuca Linnaeus**

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

**Ulva paradoxa** C. Agardh

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Enteromorpha plumosa*).

#### HETEROKONTOPHYTA-PHAEOPHYCEAE

**Asteronema breviarticulatum** (J. Agardh) Ouriques & Bouzon

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Ectocarpus breviarticulatus*).

**Chnoospora minima** (Hering) Papenfuss

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Chnoospora pacifica*).

**Colpomenia sinuosa** (Mertens ex Roth) Derbès & Solier

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).

**Dictyopteris delicatula** J.V. Lamouroux

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Neurocarpus delicatulus*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

**Dictyota crenulata** J. Agardh

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Dictyota dichotoma** var. **intricata** (C. Agardh) Greville

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Dictyota implexa** (Desfontaines) J.V. Lamouroux

Isla San Benedicto (Dawson 1957, como *Dictyota divaricata*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Dictyota divaricata*).

**Dictyota masonii** Setchell & N.L. Gardner

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).

**Ectocarpus acutus** Setchell & N.L. Gardner

Isla Clarión (Serviere-Zaragoza et al. 2007).

**Feldmannia duchassaingiana** (Grunow) Aisha & M. Shameel

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Ectocarpus duchassaingianus*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Giffordia duchassaingiana*).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Giffordia duchassaingiana*).

**Feldmannia irregularis** (Kützting) Hamel

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Ectocarpus irregularis*).

**Feldmannia mitchelliae** (Harvey) H.-S. Kim

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Ectocarpus mitchelliae*).

Isla San Benedicto (Dawson 1957, como *Ectocarpus mitchelliae*).

Isla San Benedicto: *Caletilla* Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Giffordia mitchelliae*).

**Feldmannia** sp.

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Masonophycus paradoxus*). De acuerdo con

Kuhlenkamp y Müller (1985, p. 311) es una especie no denominada de *Feldmannia*, consultado en Pedroche et al. (2008).

**Lobophora canariensis** (Sauvageau) C. W. Vieira, De Clerck & Payri

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Aglaozonia canariensis*).

**Lobophora variegata** J. V. Lamouroux Womersley ex E. C. Oliveira

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

- Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Pocockiella variegata*).  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Pocockiella variegata*).
- Macrocystis pyrifera** (Linnaeus) C. Agardh  
 Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).
- Neoralfsia expansa** (J. Agardh) P.-E. Lim & H. Kawai  
 ex Cormaci & G. Furnari  
 Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Ralfsia hancockii*).
- Padina concrescens** Thivy  
 Isla San Benedicto (Serviere-Zaragoza et al. 2007).
- Padina crispata** Thivy  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Padina durvillei** Bory  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).
- Ralfsia californica** auct. non Setchell & N.L. Gardner  
 Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
 Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Ralfsia pacifica** Hollenberg  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Ralfsia occidentalis*).
- Roseningea endiviifolia** (Martius) M.J. Wynne  
 Isla Clarión (Taylor 1945, como *Roseningea intricata*).  
 Isla Socorro (Taylor 1945, como *Roseningea intricata*).
- Sargassum howellii** Setchell  
 Isla Clarión (Setchell 1937).  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
 Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Sargassum liebmanni** J. Agardh  
 Isla San Benedicto (Serviere-Zaragoza et al. 2007).
- Sargassum palmeri** Grunow  
 Isla Clarión (Setchell 1937).
- Sphacelaria masonii** Setchell & N.L. Gardner  
 Isla Clarión (Setchell 1930).
- Sphacelaria novae-hollandiae** Sonder  
 Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Sphacelaria hancockii*).  
 Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Sphacelaria hancockii*).
- Sphacelaria rigidula** Kützing  
 Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Sphacelaria furcigera*).
- Sphacelaria tribuloides** Meneghini  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Sphacelaria mexicana*).

## RHODOPHYTA

- Acrochaetium eastwoodiae** (Setchell & N.L. Gardner) Papenfuss  
 Isla Clarión (Setchell & N. L. Gardner 1930, como *Rhodochorton eastwoodiae*).
- Agardhiella subulata** (C. Agardh) Kraft & M.J. Wynne  
 Isla Clarión (Taylor 1945, como *Agardhiella tenera*).
- Ahnfeltiopsis gigartinoides** (J. Agardh) P. C. Silva & De Cew  
 Isla Clarión (Setchell & N.L. Gardner 1930, como *Ahnfeltia gigartinoides*).
- Ahnfeltiopsis serenei** (E. Y. Dawson) Masuda  
 Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Gymnogongrus serenei*).
- Amphiroa beauvoisii** J.V. Lamouroux  
 Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Amphiroa drouetii*).
- Amphiroa crosslandii** Me. Lemoine  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Amphiroa dimorpha** Me. Lemoine  
 Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Amphiroa taylorii** E.Y. Dawson  
 Isla San Benedicto (Dawson 1954a).  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
 Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Amphiroa valonioides** Yendo  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Amphiroa annulata*).
- Anotrichium tenue** (C. Agardh) Nägeli  
 Isla Clarión (Serviere-Zaragoza et al. 2007).  
 Isla Socorro (Serviere-Zaragoza et al. 2007).
- Asparagopsis taxiformis** (Delile) Trevisan  
 Isla Clarión (Setchell & N. L. Gardner 1930, como *Asparagopsis sanfordiana*).  
 Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Asparagopsis sanfordiana*).  
 Isla San Benedicto (Dawson 1957).  
 Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
 Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Falkenbergia hillebrandii*).  
 Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
 Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Falkenbergia hillebrandii*).  
 Isla Revillagigedo (Taylor 1945, como *Asparagopsis sanfordiana* f. *amplissima*).
- Botryocladia pseudodichotoma** (Farlow) Kylin  
 Isla Socorro (Taylor 1945).
- Callithamnion marshallense** E.Y. Dawson  
 Isla San Benedicto (Dawson 1957).
- Callithamnion pacificum** W.R. Taylor  
 Isla Socorro (Taylor 1945).

**Callithamnion soccoriense** W.R. Taylor

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

**Centroceras clavulatum** (C. Agardh) Montagne

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

Isla San Benedicto (Dawson 1957).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Ceramium clarionense** Setchell & Gardner

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).

**Ceramium macilentum** J. Agardh

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Ceramium mazatlanense*).

**Ceramium sinicola** Setchell & N.L. Gardner

Isla San Benedicto (Dawson 1957).

**Ceratodictyon tenue** (Setchell & N. L. Gardner) J. N. Norris

Isla Clarión: Bahía Azufre (Dawson 1944, como *Gelidiopsis tenuis*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Gelidiopsis tenuis*).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Gelidiopsis tenuis*).

**Chamberlainium decipiens** (Foslie) Caragnano,

Foetisch, Maneveldt & Payri

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Lithophyllum decipiens*).

Isla San Benedicto (Dawson 1957, como *Lithophyllum decipiens*).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Dawson 1960, como *Lithophyllum decipiens*).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Lithophyllum decipiens*).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Lithophyllum decipiens*).

**Champia parvula** (C. Agardh) Harvey

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Chondria clarionensis** Setchell & N.L. Gardner

Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).

**Choreonema thuretii** (Bornet) F. Schmitz

Isla Socorro (Dawson 1960a).

**Chroodactylon ornatum** (C. Agardh) Basson

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Asterocytis ramosa*).

**Colaconema daviesii** (Dillwyn) Stegenga

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Acrochaetium daviesii*).

**Colaconema variabile** (K. M. Drew) J. N. Norris

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Acrochaetium variabile*).

**Crouania attenuata** (C. Agardh) J. Agardh

Isla Clarión: Bahía Azufre (Dawson 1962).

**Crusticorallina muricata** (Foslie) P.W. Gabrielson,

Martone, K. R. Hind & C.P. Jensen

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Lithophyllum lichenare*).

**Cryptonemia angustata** (Setchell & N. L. Gardner) E.Y. Dawson

Isla Socorro (Taylor 1945, como *Kallymenia tenuifolia*. Nombre mal aplicado de acuerdo con Dawson (1954, p. 261).

**Cryptonemia taylorii** I. A. Abbott

Isla Clarión (Taylor 1945, como *Halymenia actinophysa*. Nombre mal aplicado de acuerdo con Abbott (1967).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Halymenia actinophysa*. Nombre mal aplicado de acuerdo con Abbott (1967).

**Dasya pedicellata** (C. Agardh) C. Agardh subsp. *stanfordiana*

(Farlow) J.N. Norris & Bucher

Isla Revillagigedo (Taylor 1945, como *Dasya stanfordiana*).

**Dasya sinicola** (Setchell & N.L. Gardner) E.Y. Dawson

var. *abyssicola* (E.Y. Dawson) E.Y. Dawson

Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Dawsoniolithon conicum** (E.Y. Dawson) Caragnano, Foetisch,

Maneveldt & Payri

Isla Socorro: Ensenada Binner (Dawson 1960, como *Hydrolithon conicum*).

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Hydrolithon conicum*).

**Dermonema virens** (J. Agardh) Pedroche & Ávila Ortíz

Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Dermonema frapperi*).

**Digenea simplex** (Wulfen) C. Agardh

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Erythrocytis saccata** (J. Agardh) P. C. Silva

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Erythrotrichia biseriata** Tanaka

Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

**Erythrotrichia carnea** (Dillwyn) J. Agardh

Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

**Galaxaura filamentosa** R. Chou

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

- Galaxaura rugosa*** (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Galaxaura subfruticulosa*).
- Gayliella mazoyerae*** T.O. Cho, Fredericq & Hommersand  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Ceramium gracillimum* var. *byssoides*).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Ceramium gracillimum* var. *byssoides*).
- Gayliella taylorii*** (E.Y. Dawson) T.O. Cho & S.M. Boo  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Ceramium taylorii*).
- Gelidiella acerosa*** (Forsskål) Feldmann & Hamel  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Gelidium pusillum*** (Stackhouse) Le Jolis  
Isla Clarión (Dawson 1944).  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).  
Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Gelidium sclerophyllum*** W.R. Taylor  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Gracilaria crispata*** Setchell & N.L. Gardner  
Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).
- Gracilaria veleroae*** E.Y. Dawson  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Gracilaria tenuifolia*).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Gracilaria tenuifolia*).
- Gracilariopsis rhodotricha*** E.Y. Dawson  
Isla Clarión (Taylor 1945, como *Gracilaria confervoides*. Nombre mal aplicado de acuerdo con Dawson (1949).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Gracilaria confervoides*. Nombre mal aplicado de acuerdo con Dawson (1949).
- Grateloupia clarionensis*** (Setchell & N.L. Gardner)  
S. Kawaguchi & H. W. Wang  
Isla Clarión (Setchell & Gardner 1937, como *Polyopes clarionensis* Setchell & N.L. Gardner 1937).
- Grateloupia versicolor*** (J. Agardh) J. Agardh  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Grateloupia versicolor*** (J. Agardh) J. Agardh  
var. ***prostrata*** E.Y. Dawson  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).  
Isla San Benedicto (Dawson 1957).  
Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Griffithsia ovalis*** Harvey  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Dawson 1962).
- Griffithsia pacifica*** Kylin  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

- Gymnogongrus durvillei*** (Bory) M.S. Calderon & S.M. Boo  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Ahnfeltia concinna*).
- Gymnogongrus martinensis*** Setchell & N.L. Gardner  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).  
Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Gymnogongrus sinicola*** E.Y. Dawson 1944  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Gymnothamnion elegans*** (Schousboe ex C. Agardh) J. Agardh  
Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).
- Helminthocladia australis*** Harvey  
Isla San Benedicto (Serviere-Zaragoza et al. 2007).
- Herposiphonia secunda*** (C. Agardh) Ambronn  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Herposiphonia tenella*** (C. Agardh) Ambronn  
Isla Clarión (Setchell & Gardner 1930).  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).  
Isla San Benedicto (Dawson 1957).  
Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Hildenbrandia rubra*** (Sommerfelt) Meneghini  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Hildenbrandia prototypus*).  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Hildenbrandia prototypus*).  
Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Hildenbrandia prototypus*).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Hildenbrandia prototypus*).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Hildenbrandia prototypus*).
- Hooperia divaricata*** (Durant) M.J. Wynne,  
C.W. Schneider & G.W. Saunders  
Isla Revillagigedo (Taylor 1945, como *Lomentaria baileyana*).
- Hydrolithon boergesenii*** (Foslie) Foslie  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Dawson 1960a, como *Hydrolithon reinboldii*).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Dawson 1960a, como *Hydrolithon reinboldii*).
- Hydrolithon farinosum*** (J.V. Lamouroux)  
Penrose & Y. M. Chamberlain  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Fosliella farinosa*).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Fosliella farinosa*).
- Hypnea cervicornis*** J. Agardh  
Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

- Hypnea musciformis*** (Wulfen) J.V. Lamouroux  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Hypnea esperi*).
- Hypnea pannosa*** J. Agardh  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Hypnea spinella*** (C. Agardh) Kützing  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Dawson 1961a).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Dawson 1961a).
- Jania capillacea*** Harvey  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Jania pacifica*** Areschoug  
Isla Clarión (Serviere-Zaragoza et al. 2007, como *Jania mexicana*).  
Isla San Benedicto (Serviere-Zaragoza et al. 2007, como *Jania mexicana*).
- Jania tenella*** (Kützing) Grunow  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Jantinella verruciformis*** (Setchell & McFadden) Kylin  
Isla Clarión (Sechell & Gardner 1930, como *Colacodasya sinicola*). Nombre mal aplicado de acuerdo con Dawson (1963).
- Laurencia clarionensis*** Setchell & N.L. Gardner  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Setchell & Gardner 1937).  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Laurencia decidua*** E.Y. Dawson  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Laurencia hancockii*** E.Y. Dawson  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Laurencia humilis*** Setchell & N.L. Gardner  
Isla Clarión (Sechell & Gardner 1930).
- Laurencia pacifica*** Kylin  
Isla San Benedicto (Serviere-Zaragoza et al. 2007).
- Laurencia richardsii*** E.Y. Dawson  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).  
Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite, Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Lithophyllum brachiatum*** (Heydrich) Me. Lemoine  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).
- Lithophyllum divaricatum*** Me. Lemoine  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).
- Lithophyllum grumosum*** (Foslie) Foslie  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).

- Lithophyllum imitans*** Foslie 1909  
Isla Clarión (Dawson 1960a).  
Isla Socorro (Dawson 1960a).  
Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Lithothamnion australe*** Foslie  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).
- Lithothamnion phymatodeum*** Foslie  
Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Lithothamnion pacificum*).
- Lithothamnion validum*** (Foslie) Foslie  
Isla Clarión (Sechell & Gardner 1930).
- Lophosiphonia macra*** (Harvey) Falkenberg  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Lophosiphonia mexicana*** E. Y. Dawson  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Dawson 1944).
- Mastophora pacifica*** (Heydrich) Foslie  
Isla Clarión (Sechell & Gardner 1930, como *Lithoporella pacifica*).
- Melanothamnus simplex*** (Hollenberg) Díaz-Tapia & Maggs  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Polysiphonia simplex*).  
Isla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Polysiphonia simplex*).
- Melobesia accola*** (Foslie) Me. Lemoine  
Isla Clarión (Sechell & Gardner 1930, como *Litholepis accola*).
- Melobesia marginata*** Setchell & Foslie  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a).
- Melobesia membranacea*** (Esper) J.V. Lamouroux  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).
- Neogoniolithon trichotomum*** (Heydrich) Setchell & L.R. Mason  
Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Lithophyllum trichotomum*).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Dawson 1960a como *Lithophyllum trichotomum*).
- Neosiphonia sertularioides*** (Grateloup) K.W. Nam & P.J. Kang  
Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Polysiphonia flaccidissima*).  
Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Polysiphonia flaccidissima*).
- Osmundea crispa*** (Hollenberg) K.W. Nam  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Laurencia scrippsensis*).
- Palisada pedrochei*** J.N. Norris  
Isla Clarión (Serviere-Zaragoza et al. 2007, como *Laurencia papillosa* var. *pacifica*).
- Parviphycus adnatus*** (E.Y. Dawson) Santelices  
Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Gelidiella adnata*).

***Peyssonnelia clarionensis*** W.R. Taylor

Isla Clarión (Taylor 1945).

***Peyssonnelia dubyi*** P. Crouan & H. CrouanIsla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Cruoriella dubyi*).Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Cruoriella dubyi*).***Peyssonnelia rubra*** (Greville) J. Agardh

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Blanca (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

***Plocamium pacificum*** Kylin

Isla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945).

***Polysiphonia beaudettei*** HollenbergIsla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Polysiphonia homoia*. Nombre mal aplicado de acuerdo con Hollenberg y Dawson (1961).***Polysiphonia sonorensis*** Hollenberg

Isla Socorro: Ensenada Binner (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

***Polysiphonia villum*** J. AgardhIsla Socorro (Serviere-Zaragoza et al. 2007, como *Polysiphonia scopulorum* var. *villum*).***Predaea masonii*** (Setchell & N. L. Gardner) G. De ToniIsla Clarión (Setchell & Gardner 1930, como *Clarionea masonii*).***Pterocladia capillacea*** (S. G. Gmelin) Santelices & HommersandIsla Clarión (Setchell & Gardner 1937, como *Gelidium okamurae*).Isla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Pterocladia pyramidalis*).***Pterocladia musciformis*** (W. R. Taylor) G. H. Boo & K. A. Miller

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

***Pterothamnion pectinatum*** (Kylin) Athanasiadis & KraftIsla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Platythamnion pectinatum* var. *laxum*).***Ramicrusta calcea*** (Heydrich) K.R. Dixon & G.W. SaundersIsla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Peyssonnelia calcea*).***Sahlingia subintegra*** (Rosenvinge) KornmannIsla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Erythrocladia subintegra*).***Smithora naiadum*** (C.L. Anderson) HollenbergIsla San Benedicto: Caletilla Banda (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975, como *Porphyra naiadum*).***Spongites fruticosum*** KütztingIsla Clarión: Bahía Azufre (Taylor 1945, como *Lithothamnion indicum*).Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945, como *Lithothamnion indicum*).***Spyridia filamentosa*** (Wulfen) Harvey

Isla Clarión: Bahía Azufre (Dawson 1962).

***Stenogramma interruptum*** (C. Agardh) Montagne

Islas Revillagigedo (Taylor 1945).

***Stirkia vagans*** (P.C. Silva) Barros-Barreto & MaggsIsla San Benedicto (Dawson 1962, como *Ceramium vagabundum*).***Symphocodiella dendroidea*** (Montagne) Bustamante, B.Y. Won,

S.C. Lindstrom &amp; T. O. Cho

Islas Revillagigedo (Taylor 1945, como *Polysiphonia dendroidea*).***Titanoderma pustulatum*** (J. V. Lamouroux) NägeliIsla San Benedicto (Dawson 1954a, como *Dermatolithon ascripticum*).***Wurdemannia miniata*** (Sprengel) Feldmann & Hamel

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Taylor 1945).

Isla Socorro: Bahía Braithwaite (Huerta-Múzquiz y Garza-Barrientos 1975).

Tabla S4. Taxones de macroalgas identificados en el Archipiélago de Revillagigedo en todos los sitios de muestreo, expedición de abril 2023. Se presentan en orden alfabético dentro de cada Phylum y se indica el nivel de identificación alcanzado.

Phylum	Nivel de identificación			
	Supragenérico	Género	Especie	Variedad
Chlorophyta				
Caulerpa chemnitzia	-	-	X	-
<i>Caulerpa chemnitzia</i> var. <i>laetevirens</i>	-	-	-	X
Caulerpa sertularioides	-	-	X	-
Cladophora	-	X	-	-
Codium	-	X	-	-
Dictyosphaeria australis	-	-	X	-
Halimeda opuntia	-	-	X	-
Halimeda tuna	-	-	X	-
Neomeris vanbosseae	-	-	X	-
Parvocaulis parvulus	-	-	X	-
Siphonocladus tropicus	-	-	X	-
Siphonogramen abbreviatum	-	-	X	-
Siphonogramen parvum	-	-	X	-
Ulva lacunculata	-	-	X	-
Ulvaceae	X	-	-	-
Heterokontophyta				
Colpomenia sinuosa	-	-	X	-

Phylum	Nivel de identificación			
	Supragenérico	Género	Especie	Variedad
Dictyopteris	-	X	-	-
Dictyopteris repens	-	-	X	-
Dictyota	-	X	-	-
Dictyota ceylanica	-	-	X	-
Dictyota crenulata	-	-	X	-
Dictyota humifusa	-	-	X	-
Dictyota sandvicensis	-	-	X	-
Dictyota stolonifera	-	-	X	-
Lobophora canariensis	-	-	X	-
Padina crispata	-	-	X	-
Padina durvillei	-	-	X	-
Padina mexicana	-	-	X	-
<i>Padina mexicana var. erecta</i>	-	-	-	X
Pseudochnoospora implexa	-	-	X	-
Rosenvingea endiviifolia	-	-	X	-
Sargassum	-	X	-	-
Sargassum howellii	-	-	X	-
Sphacelaria	-	X	-	-
Rhodophyta				
Amphiroa	-	X	-	-
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	-	-	X	-
Amphiroa taylorii	-	-	X	-
Asparagopsis taxiformis	-	-	X	-
Centroceras	-	X	-	-
Ceramiaceae	X	-	-	-
Ceramium	-	X	-	-
Ceratodictyon tenue	-	-	X	-
Champia	-	X	-	-
Chondria	-	X	-	-

Phylum	Nivel de identificación			
	Supragenérico	Género	Especie	Variedad
Choreonema thuretii	-	-	X	-
Corallinales	X	-	-	-
<i>Crouania attenuata</i>	-	-	X	-
Dasya sinicola	-	-	X	-
<i>Dasya sinicola var. abyssicola</i>	-	-	-	X
Ganonema farinosum	-	-	X	-
Gelidiella acerosa	-	-	X	-
Herposiphonia	-	X	-	-
Hypnea	-	X	-	-
<i>Izziella orientalis</i>	-	-	X	-
Jania	-	X	-	-
Jania capillacea	-	-	X	-
Jania longiarthra	-	-	X	-
Laurencia aguilar-rosasorum	-	-	X	-
Liagora californica	-	-	X	-
Liagora ceranoides	-	-	X	-
Liagora magniinvolucra	-	-	X	-
Melanothamnus	-	X	-	-
Peyssonnelia	-	X	-	-
Plocamium katinae	-	-	X	-
Polysiphonia	-	X	-	-
Predaea masonii	-	-	X	-
Rhodomelaceae	X	-	-	-
Scinaia johnstoniae	-	-	X	-
Tricleocarpa cylindrica	-	-	X	-

Tabla S5. Listado sistemático de macroalgas identificadas en el Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023.

<b>CHLOROPHYTA</b>
<b>Ulvophyceae</b>
<b>Bryopsidales</b>
<b>Caulerpaceae</b>
<i>Caulerpa chemnitzia</i> (Esper) J. V. Lamouroux
<i>Caulerpa chemnitzia</i> var. <i>laetevirens</i> (Montagne) Fernández-García & Riosmena-Rodríguez
<i>Caulerpa sertularioides</i> (S. G. Gmelin) M. Howe
<b>Codiaceae</b>
<i>Codium</i> Stackhouse
<b>Halimedaceae</b>
<i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux
<i>Halimeda tuna</i> (J. Ellis & Solander) J. V. Lamouroux
<i>Siphonogramen abbreviatum</i> (W. J. Gilbert) I. A. Abbott & Huisman
<i>Siphonogramen parvum</i> (W. J. Gilbert) I. A. Abbott & Huisman
<b>Cladophorales</b>
<b>Cladophoraceae</b>
<i>Cladophora</i> Kützting
<b>Siphonocladaceae</b>
<i>Dictyosphaeria australis</i> Setchell
<i>Siphonocladus tropicus</i> (P. Crouan & H. Crouan) J. Agardh
<b>Dasycladales</b>
<b>Dasycladaceae</b>
<i>Neomeris vanbosseae</i> M. Howe
<b>Polyphysaceae</b>
<i>Parvocaulis parvulus</i> (Solms-Laubach) S. Berger, Fettweiss, Gleissberg, Liddle, U. Richter, Sawitzky & Zuccarello
<b>Ulvales</b>
<b>Ulvaceae</b>
<i>Ulva lacunculata</i> (Kützting) Wittrock

Ulvaceae
<b>HETEROKONTOPHYTA</b>
<b>Phaeophyceae</b>
<b>Dictyotales</b>
<b>Dictyotaceae</b>
<i>Dictyopteris repens</i> (Okamura) Børgesen
<i>Dictyopteris</i> J. V. Lamouroux
<i>Dictyota ceylanica</i> Kützting
<i>Dictyota crenulata</i> J. Agardh
<i>Dictyota humifusa</i> Hörnig, Schnetter & Coppejans
<i>Dictyota sandvicensis</i> Sonder
<i>Dictyota stolonifera</i> E. Y. Dawson
<i>Dictyota</i> J. V. Lamouroux
<i>Lobophora canariensis</i> (Sauvageau) C. W. Vieira, De Clerck & Payri
<i>Padina crispata</i> Thivy
<i>Padina durvillei</i> Bory
<i>Padina mexicana</i> E. Y. Dawson
<i>Padina mexicana</i> var. <i>erecta</i> Avila-Ortíz
<b>Ectocarpales</b>
<b>Scytosiphonaceae</b>
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès & Solier
<i>Pseudochnoospora implexa</i> (J. Agardh) Santiañez, G. Y. Cho & Kogame
<i>Rosenvingea endiviifolia</i> (Martius) M. J. Wynne
<b>Fucales</b>
<b>Sargassaceae</b>
<i>Sargassum howellii</i> Setchell
<i>Sargassum</i> C. Agardh
<b>Sphacelariales</b>
<b>Sphacelariaceae</b>
<i>Sphacelaria</i> Lyngbye
<b>RHODOPHYTA</b>

<b>Florideophyceae</b>
<b>Bonnemaisoniales</b>
<b>Bonnemaisoniaceae</b>
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan
<b>Ceramiales</b>
<b>Callithamniaceae</b>
<i>Crouania attenuata</i> (C. Agardh) J. Agardh
<b>Ceramiaceae</b>
<i>Centroceras</i> Kützinger
<i>Ceramium</i> Roth
Ceramiaceae
<b>Delesseriaceae</b>
<i>Dasya sinicola</i> (Setchell & N. L. Gardner) E. Y. Dawson
<i>Dasya sinicola</i> var. <i>abyssicola</i> (E. Y. Dawson) E. Y. Dawson
<b>Rhodomelaceae</b>
<i>Chondria</i> C. Agardh
<i>Herposiphonia</i> Nägeli
<i>Laurencia aguilar-rosasorum</i> J. N. Norris
<i>Melanothamnus</i> Bornet & Falkenberg
<i>Polysiphonia</i> Greville
Rhodomelaceae
<b>Corallinales</b>
<b>Corallinaceae</b>
<i>Jania capillacea</i> Harvey
<i>Jania longiarthra</i> E. Y. Dawson
<i>Jania</i> J. V. Lamouroux
<b>Lithophyllaceae</b>
<i>Amphiroa beauvoisii</i> J. V. Lamouroux
<i>Amphiroa taylorii</i> E. Y. Dawson
<i>Amphiroa</i> J. V. Lamouroux

<b>Gigartinales</b>
<b>Cystocloniaceae</b>
<i>Hypnea</i> J. V. Lamouroux
<b>Hapalidales</b>
<b>Hapalidiaceae</b>
<i>Choreonema thuretii</i> (Bornet) F. Schmitz
<b>Nemaliales</b>
<b>Galaxauraceae</b>
<i>Scinaia johnstoniae</i> Setchell
<i>Tricleocarpa cylindrica</i> (J. Ellis & Solander) Huisman & Borowitzka
<b>Liagoraceae</b>
<i>Ganonema farinosum</i> (J. V. Lamouroux) K. C. Fan & Y. C. Wang
<i>Izziella orientalis</i> (J. Agardh) Huisman & Schils
<i>Liagora californica</i> Zeh
<i>Liagora ceranoides</i> J. V. Lamouroux
<i>Liagora magniinvolucra</i> E. Y. Dawson
<b>Nemastomatales</b>
<b>Nemastomataceae</b>
<i>Predaea masonii</i> (Setchell & N. L. Gardner) G. De Toni
<b>Peyssonneliales</b>
<b>Peyssonneliaceae</b>
<i>Peyssonnelia</i> Decaisne
<b>Plocamiales</b>
<b>Plocamiaceae</b>
<i>Plocamium katinae</i> J. N. Norris
<b>Rhodymeniales</b>
<b>Champiaceae</b>
<i>Champia</i> Desvaux
<b>Lomentariaceae</b>
<i>Ceratodictyon tenue</i> (Setchell & N. L. Gardner) J. N. Norris
<i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskål) Feldmann & Hamel

Tabla S6. Taxones de macroalgas identificados por Isla del Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023. Se presentan en orden alfabético dentro de cada Phylum y se indica el número de sitios en los que fue encontrado.

Phylum	Número de sitios con presencia del taxón			
	Isla Clarión	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Total general
<b>Chlorophyta</b>				
<i>Caulerpa chemnitzia</i>	4	1	-	5
<i>Caulerpa chemnitzia</i> var. <i>laetevirens</i>	3	3	-	6
<i>Caulerpa sertularioides</i>	-	2	1	3
<i>Cladophora</i>	2	2	-	4
<i>Codium</i>	2	-	-	2
<i>Dictyosphaeria australis</i>	3	5	-	8
<i>Halimeda opuntia</i>	6	-	-	6
<i>Halimeda tuna</i>	5	-	-	5
<i>Neomeris vanbosseae</i>	6	5	1	12
<i>Parvocaulis parvulus</i>	5	1	1	7
<i>Siphonocladus tropicus</i>	5	3	-	8
<i>Siphonogramen abbreviatum</i>	1	-	-	1
<i>Siphonogramen parvum</i>	5	1	-	6
<i>Ulva lacinulata</i>	1	-	-	1
<i>Ulvaceae</i>	-	1	-	1
<b>Heterokontophyta</b>				
<i>Colpomenia sinuosa</i>	2	-	-	2
<i>Dictyopteris</i>	2	-	-	2
<i>Dictyopteris repens</i>	6	4	1	11
<i>Dictyota</i>	4	4	2	10
<i>Dictyota ceylanica</i>	5	5	2	12
<i>Dictyota crenulata</i>	1	1	1	3
<i>Dictyota humifusa</i>	5	1	-	6
<i>Dictyota sandvicensis</i>	6	4	-	10

Phylum	Número de sitios con presencia del taxón			
	Isla Clarión	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Total general
<i>Dictyota stolonifera</i>	5	3	1	9
<i>Lobophora canariensis</i>	6	4	1	11
<i>Padina crispata</i>	6	-	1	7
<i>Padina durvillei</i>	4	5	-	9
<i>Padina mexicana</i>	6	2	-	8
<i>Padina mexicana</i> var. <i>erecta</i>	1	-	-	1
<i>Pseudochnoospora implexa</i>	4	2	2	8
<i>Rosenvingea endiviifolia</i>	1	1	1	3
<i>Sargassum</i>	6	6	1	13
<i>Sargassum howellii</i>	1	2	1	4
<i>Sphacelaria</i>	2	1	-	3
<b>Rhodophyta</b>				
<i>Amphiroa</i>	5	5	1	11
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	1	-	-	1
<i>Amphiroa taylorii</i>	6	1	1	8
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	6	4	2	12
<i>Centroceras</i>	1	-	1	2
<i>Ceramiales</i>	6	-	1	7
<i>Ceramium</i>	3	2	-	5
<i>Ceratodictyon tenue</i>	2	2	-	4
<i>Champia</i>	2	-	-	2
<i>Chondria</i>	3	2	1	6
<i>Choreonema thuretii</i>	3	-	-	3
<i>Corallinales</i>	6	1	1	8
<i>Crouania attenuata</i>	1	4	-	5
<i>Dasya sinicola</i>	3	-	-	3
<i>Dasya sinicola</i> var. <i>abyssicola</i>	-	1	-	1
<i>Ganonema farinosum</i>	1	1	-	2

Phylum	Número de sitios con presencia del taxón			
	Isla Clarión	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Total general
<i>Gelidiella acerosa</i>	-	3	-	3
<i>Herposiphonia</i>	1	-	-	1
<i>Hypnea</i>	4	-	-	4
<i>Izziella orientalis</i>	-	1	-	1
<i>Jania</i>	4	3	1	8
<i>Jania capillacea</i>	5	1	-	6
<i>Jania longiarthra</i>	1	-	-	1
<i>Laurencia aguilar-rosasorum</i>	-	5	-	5
<i>Liagora californica</i>	-	1	-	1
<i>Liagora ceranoides</i>	1	1	-	2
<i>Liagora magniinvolucra</i>	-	1	-	1
<i>Melanothamnus</i>	-	1	-	1
<i>Peyssonnelia</i>	2	-	-	2
<i>Plocamium katinae</i>	2	-	-	2
<i>Polysiphonia</i>	2	3	-	5
<i>Predaea masonii</i>	-	1	-	1
<i>Rhodomelaceae</i>	3	-	-	3
<i>Scinaia johnstoniae</i>	-	3	-	3
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	5	2	1	8

Tabla S7. Ocurrencia de taxones de macroalgas (1) por sitio de muestreo en Isla Clarión, Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023. Se presentan en orden alfabético dentro de cada Phylum. ICBL = Barbas de Bin Laden, ICCN = Caleta Norte, ICPE = Punta Este, ICPF = Herradura Punta Faro, ICPS = Punta Suroeste, ICRC = Roca Cuervo.

Phylum	Sitios de muestreo en Isla Clarión					
	ICBL	ICCN	ICPE	ICPF	ICPS	ICRC
<b>Chlorophyta</b>						
<i>Caulerpa chemnitzia</i>	-	-	1	1	1	1
<i>Caulerpa chemnitzia var. laetevirens</i>	1	-	-	1	-	1
<i>Cladophora</i>	-	-	-	1	-	1
<i>Codium</i>	-	-	1	-	-	1
<i>Dictyosphaeria australis</i>	1	-	1	-	-	1
<i>Halimeda opuntia</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Halimeda tuna</i>	1	-	1	1	1	1
<i>Neomeris vanbosseae</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Parvocaulis parvulus</i>	-	1	1	1	1	1
<i>Siphonocladus tropicus</i>	1	1	1	1	-	1
<i>Siphonogramen abbreviatum</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Siphonogramen parvum</i>	-	1	1	1	1	1
<i>Ulva lacinulata</i>	-	-	1	-	-	-
<b>Heterokontophyta</b>						
<i>Colpomenia sinuosa</i>	1	-	-	-	-	1
<i>Dictyopteris</i>	1	-	-	-	-	1
<i>Dictyopteris repens</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Dictyota</i>	-	1	1	-	1	1
<i>Dictyota ceylanica</i>	-	1	1	1	1	1
<i>Dictyota crenulata</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Dictyota humifusa</i>	1	1	1	1	-	1
<i>Dictyota sandvicensis</i>	1	1	1	1	1	1

Phylum	Sitios de muestreo en Isla Clarión					
	ICBL	ICCN	ICPE	ICPF	ICPS	ICRC
<i>Dictyota stolonifera</i>	1	1	1	-	1	1
<i>Lobophora canariensis</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Padina crispata</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Padina durvillei</i>	1	-	1	-	1	1
<i>Padina mexicana</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Padina mexicana var. erecta</i>	-	-	-	-	-	1
<i>Pseudochnoospora implexa</i>	1	-	-	1	1	1
<i>Rosenvingea endiviifolia</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Sargassum</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Sargassum howellii</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Sphacelaria</i>	-	-	1	-	1	-
<b>Rhodophyta</b>						
<i>Amphiroa</i>	1	1	1	1	-	1
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Amphiroa taylorii</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Centroceras</i>	-	-	-	-	-	1
Ceramiaceae	1	1	1	1	1	1
<i>Ceramium</i>	-	1	1	-	1	-
<i>Ceratodictyon tenue</i>	-	-	1	1	-	-
<i>Champia</i>	-	-	1	-	1	-
<i>Chondria</i>	-	1	-	-	1	1
<i>Choreonema thuretii</i>	1	1	1	-	-	-
Corallinales	1	1	1	1	1	1
<i>Dasya sinicola</i>	-	1	1	-	-	1
<i>Ganonema farinosum</i>	-	-	-	-	1	-
<i>Herposiphonia</i>	-	-	-	-	1	-
<i>Hypnea</i>	-	1	1	1	1	-

Phylum	Sitios de muestreo en Isla Clarión					
	ICBL	ICCN	ICPE	ICPF	ICPS	ICRC
<i>Jania</i>	-	1	1	1	1	-
<i>Jania capillacea</i>	1	1	1	-	1	1
<i>Jania longiarthra</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Liagora ceranoides</i>	-	-	-	-	1	-
<i>Peyssonnelia</i>	-	1	-	-	1	-
<i>Plocamium katinae</i>	-	-	1	-	1	-
<i>Polysiphonia</i>	-	-	1	-	1	-
Rhodomelaceae	-	1	-	-	1	1
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	1	-	1	1	1	1

**Tabla S8.** Ocurrencia de taxones de macroalgas (1) por sitio de muestreo en Isla San Benedicto, Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023. Se presentan en orden alfabético dentro de cada Phylum. IBBO = Boiler, IBCU = Cuevitas, IBFO = Fondeadero, IBLA = Cañón-La Lava, IBPN = Parte Norte, IBZO = Zoológico.

Phylum	Sitios de muestreo en Isla San Benedicto					
	IBBO	IBCU	IBFO	IBLA	IBPN	IBZO
<b>Chlorophyta</b>						
<i>Caulerpa chemnitzia</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Caulerpa chemnitzia</i> var. <i>laetevirens</i>	1	1	-	1	-	-
<i>Caulerpa sertularioides</i>	-	1	-	1	-	-
<i>Cladophora</i>	1	1	-	-	-	-
<i>Dictyosphaeria australis</i>	1	1	1	1	1	-
<i>Neomeris vanbosseae</i>	1	1	1	1	1	-
<i>Parvocaulis parvulus</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Siphonocladus tropicus</i>	-	1	-	1	1	-
<i>Siphonogramen parvum</i>	1	-	-	-	-	-
Ulvaceae	-	1	-	-	-	-
<b>Heterokontophyta</b>						
<i>Dictyopteria repens</i>	1	1	1	-	1	-
<i>Dictyota</i>	1	1	1	-	1	-
<i>Dictyota ceylanica</i>	1	1	1	-	1	1
<i>Dictyota crenulata</i>	-	-	1	-	-	-
<i>Dictyota sandvicensis</i>	1	1	1	-	1	-
<i>Dictyota stolonifera</i>	-	1	1	-	-	1
<i>Lobophora canariensis</i>	1	1	1	-	-	1
<i>Padina durvillei</i>	-	1	1	1	1	1
<i>Padina mexicana</i>	-	-	1	-	1	-
<i>Pseudochnoospora implexa</i>	-	1	1	-	-	-
<i>Rosenvingea endiviifolia</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Sargassum</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Sargassum howellii</i>	-	1	-	1	-	-
<i>Sphacelaria</i>	-	1	-	-	-	-

Phylum	Sitios de muestreo en Isla San Benedicto					
	IBBO	IBCU	IBFO	IBLA	IBPN	IBZO
<b>Rhodophyta</b>						
<i>Amphiroa</i>	1	1	1	1	1	-
<i>Amphiroa taylorii</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	1	1	-	1	1	-
<i>Ceramium</i>	-	-	1	-	1	-
<i>Ceratodictyon tenue</i>	-	1	1	-	-	-
<i>Chondria</i>	1	-	-	-	1	-
Corallinales	-	1	-	-	-	-
<i>Crouania attenuata</i>	-	1	1	1	1	-
<i>Dasya sinicola</i> var. <i>abyssicola</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Ganonema farinosum</i>	-	-	-	1	-	-
<i>Gelidiella acerosa</i>	-	1	1	-	1	-
<i>Izziella orientalis</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Jania</i>	1	1	1	-	-	-
<i>Jania capillacea</i>	-	-	-	1	-	-
<i>Laurencia aguilar-rosasorum</i>	1	1	-	1	1	1
<i>Liagora californica</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Liagora ceranoides</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Liagora magniinvolucra</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Melanothamnus</i>	-	-	-	-	1	-
<i>Polysiphonia</i>	-	1	-	1	1	-
<i>Predaea masonii</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Scinaia johnstoniae</i>	-	1	-	1	1	-
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	-	1	-	1	-	-

Tabla S9. Ocurrencia de taxones de macroalgas (1) por sitio de muestreo en Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023. Se presentan en orden alfabético dentro de cada Phylum. ISAN = Atracadero naval, ISPT = Punta Tosca.

Phylum	Sitios de muestreo en Isla Socorro	
	ISAN	ISPT
<b>Chlorophyta</b>		
<i>Caulerpa sertularioides</i>	-	1
<i>Neomeris vanbosseae</i>	-	1
<i>Parvocaulis parvulus</i>	-	1
<b>Heterokontophyta</b>		
<i>Dictyopteris repens</i>		1
<i>Dictyota</i>	1	1
<i>Dictyota ceylanica</i>	1	1
<i>Dictyota crenulata</i>	-	1
<i>Dictyota stolonifera</i>	-	1
<i>Lobophora canariensis</i>	-	1
<i>Padina crispata</i>	-	1
<i>Pseudochnoospora implexa</i>	1	1
<i>Rosenvingea endiviifolia</i>	1	-
<i>Sargassum</i>	-	1
<i>Sargassum howellii</i>	-	1
<b>Rhodophyta</b>		
<i>Amphiroa</i>	-	1
<i>Amphiroa taylorii</i>	-	1
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	1	1
<i>Centroceras</i>	-	1
Ceramiales	-	1
<i>Chondria</i>	-	1
Corallinales	-	1
<i>Jania</i>	-	1
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	-	1

Tabla S10. Nuevos registros de especies y variedades por isla y para el Archipiélago de Revillagigedo, expedición de abril 2023.

Phylum	Isla Clarión	Isla San Benedito	Isla Socorro	Archipiélago
<b>Chlorophyta</b>				
<i>Caulerpa chemnitzia</i>	X	X	-	-
<i>Caulerpa chemnitzia</i> var. <i>laetevirens</i>	-	X	-	-
<i>Dictyosphaeria australis</i>	-	X	-	-
<i>Neomeris vanbosseae</i>	-	X	-	-
<i>Parvocaulis parvulus</i>	-	X	-	-
<i>Siphonocladus tropicus</i>	X	X	-	-
<i>Siphonogramen abbreviatum</i>	X	-	-	X
<i>Siphonogramen parvum</i>	X	X	-	X
<i>Ulva lacunculata</i>	X	-	-	X
<b>Heterokontophyta</b>				
<i>Dictyopteris repens</i>	X	X	X	X
<i>Dictyota ceylanica</i>	X	X	X	X
<i>Dictyota crenulata</i>	X	-	-	-
<i>Dictyota humifusa</i>	X	X	-	X
<i>Dictyota sandvicensis</i>	X	X	-	X
<i>Dictyota stolonifera</i>	X	X	X	X
<i>Lobophora canariensis</i>	-	X	X	-
<i>Padina crispata</i>	X	-	-	-
<i>Padina durvillei</i>	X	X	-	-
<i>Padina mexicana</i>	X	X	-	X
<i>Padina mexicana</i> var. <i>erecta</i>	X	-	-	X
<i>Pseudochnoospora implexa</i>	X	X	X	X
<i>Rosenvingea endiviifolia</i>	-	X	-	-
<i>Sargassum howellii</i>	-	X	-	-
<b>Rhodophyta</b>				
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	X	-	-	-
<i>Amphiroa taylorii</i>	X	-	-	-
<i>Ceratodictyon tenue</i>	-	X	-	-
<i>Choreonema thuretii</i>	X	-	-	-

Phylum	Isla Clarión	Isla San Benedito	Isla Socorro	Archipiélago
<i>Crouania attenuata</i>	-	X	-	-
<i>Dasya sinicola</i>	X	-	-	X
<i>Ganonema farinosum</i>	X	X	-	X
<i>Gelidiella acerosa</i>	-	X	-	
<i>Izziella orientalis</i>	-	X	-	X
<i>Jania capillacea</i>	X	X	-	-
<i>Jania longiarthra</i>	X	-	-	X
<i>Laurencia aguilar-rosasorum</i>	-	X	-	X
<i>Liagora californica</i>	-	X	-	X
<i>Liagora ceranoides</i>	X	X	-	X
<i>Liagora magniinvolucra</i>	-	X	-	X
<i>Plocamium katinae</i>	X	-	-	X
<i>Predaea masonii</i>	-	X	-	-
<i>Scinaia johnstoniae</i>	-	X	-	X
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	X	X	X	X

Tabla SII. Distribución geográfica de las especies y variedades detectadas por primera vez en el Archipiélago de Revillagigedo.

Taxón por Phylum	Distribución conocida*
Chlorophyta	
<i>Siphonogramen abbreviatum</i>	<b>Océano Pacífico</b> (Hawái; Isla Hainan, China y Polinesia Central)
<i>Siphonogramen parvum</i>	<b>Océano Pacífico</b> (Hawái, Isla Guadalupe México**, Islas Lord Howe y Polinesia Central)
<i>Ulva lacunculata</i>	<b>Océano Atlántico, Mar Adriático y Mediterráneo</b> (Alemania, Bélgica, Bretaña, Cuba, Egipto, España, France, Irlanda, Noruega, Países Bajos, Portugal).  <b>Océano Pacífico</b> (Nueva Zelanda y Japón)
Heterokontophyta	
<i>Dictyopteris repens</i>	<b>Océano Atlántico</b> (Islas Canarias) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (Australia, China, Guam, Hawái, Isla de Pascua, Isla Norfolk, Islas Lord Howe, Islas Marianas, Islas Marshall, Islas Salomón, Japón, México, Micronesia, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Polinesia Central, Polinesia francesa, Queensland, Taiwán) <b>Océano Índico</b> (Archipiélago Chagos, Maldivas)
<i>Dictyota ceylanica</i>	<b>Océano Índico y Mar Rojo</b> (Eritrea, Islas Rodrigues, Islas Seychelles, India, Kenia, Omán, Pakistán, Sudáfrica, Sri Lanka, Tanzania, Yemen) <b>Océano Pacífico</b> (Australia, Filipinas, Hawái, Isla Carolina, Islas Line, Islas Lord Howe, Islas Marianas, Micronesia, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Polinesia Central, Queensland, Sur del mar de China, Tahiti, Tailandia, Vietnam)
<i>Dictyota humifusa</i>	<b>Océano Atlántico</b> (Belice, Bermuda, Cabo Verde, Canarias, Cuba, Florida, Islas salvajes, Madeira, Martinica, México, Puerto Rico) <b>Océano Índico</b> (Kenia, Madagascar, Mozambique, Sudáfrica, Tanzania) <b>Océano Pacífico</b> (Fiyi, Japón, Polinesia Central, Vietnam)
<i>Dictyota sandvicensis</i>	<b>Océano Índico y Mar Rojo</b> (Etiopia) <b>Océano Pacífico</b> (Hawái, Islas Lord Howe, Islas Rangitahua/Kermadec, Polinesia Central, Queensland, Samoa Americana)
<i>Dictyota stolonifera</i>	<b>Océano Atlántico</b> (Puerto Rico) <b>Océano Índico</b> (Madagascar, Reunión, Omán) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (Filipinas, Hawái, Nicaragua, Japón, México)
<i>Padina mexicana</i>	<b>Océano Atlántico</b> (Ghana) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (México)
<i>Padina mexicana</i> var. <i>erecta</i>	<b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (México)

Taxón por Phylum	Distribución conocida*
<i>Pseudochnoospora implexa</i>	<b>Océano Índico y Mar Rojo</b> (India, Isla Rodrigues, Islas Seychelles, Kenia, Mauricio, Reunión, Tanzania) <b>Océano Pacífico o y Golfo de California</b> (Archipiélago Samoano, Australia, China, Colombia, Fiyi, Galápagos, Hawái, Indonesia, Micronesia, México, Myanmar, Nueva Caledonia, Polinesia Central, Polinesia Francesa, Singapur, Taiwán, Vietnam)
Rhodophyta	
<i>Dasya sinicola</i>	<b>Mediterráneo</b> (Turquía) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (Estados Unidos, México, Polinesia central)
<i>Ganonema farinosum</i>	<b>Océano Atlántico, Mediterráneo y Mar Rojo</b> (Bahamas, Barbados, Bermuda, Brasil, Cabo verde, Caimán, Colombia, Cuba, Egipto, España, Florida, Gracia, Israel, Italia, La Española, Siria, Turquía, Venezuela) <b>Océano Índico</b> (Bangladesh, India, Mauricio, Sur Australia) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (China, Filipinas, Fiyi, Hawái, Indonesia, Islas Lord Howe, Islas Marshal, Japón, Micronesia, México, Neymar, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Queensland, Samoa, Taiwán, Vietnam)
<i>Izziella orientalis</i>	<b>Océano Índico</b> (India, Islas Seychelles, Mauricio, Sri Lanka) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (China, Colombia, Filipinas, Hawái, Indonesia, Islas Marshal, Japón, México, Micronesia, Myanmar, Queensland, Taiwán, Vietnam)
<i>Jania longiarthra</i>	<b>Océano Índico</b> (Islas Seychelles, Maldivas) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (China, Costa Rica, Filipinas, México, Taiwán, Vietnam)
<i>Laurencia aguilar-rosasorum</i>	<b>Golfo de California</b> (México)
<i>Liagora californica</i>	<b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (California, México)

Taxón por Phylum	Distribución conocida*
<i>Liagora ceranoides</i>	<b>Océano Atlántico, Mediterráneo y Mar Rojo</b> (Baleares, Barbados, Belice, Bermudas, Brasil, Cabo Verde, Caimán, Canarias, Colombia, Cuba, España, Florida, Francia, Grecia, Haití, Isla Ascensión, Islas Salvajes, Jamaica, Madeira, Martinica, Omán, Trinidad y Tobago, Venezuela) <b>Océano Índico</b> (Archipiélago Chagos, Bangladesh, India, Isla Aldabra, Isla Andamán, Kenia, Madagascar, Mozambique, Reunión, Seychelles, Sri Lanka, Sur de Australia, Tanzania) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (China, Costa Rica, Filipinas, Fiyi, Guam, Hawái, Indonesia, Islas Lord Howe, Islas Marshall, Japón, México, Micronesia, Neymar, Nueva Caledonia, Panamá, Polinesia central, Polinesia francesa, Queensland, Samoa, Samoa Americana, Tailandia, Taiwán, Vietnam)
<i>Liagora magniinvolucra</i>	<b>Golfo de California</b> (México)
<i>Plocamium katiniae</i>	<b>Golfo de California</b> (México)
<i>Scinaia johnstoniae</i>	<b>Océano Atlántico</b> (Gabón, Ghana, Senegal) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (Estados Unidos, México, Corea, Costa Rica, Galápagos, Japón, México, Panamá, Perú)
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	<b>Océano Atlántico, Mediterráneo y Mar Rojo</b> (Barbados, Belice, Bermudas, Brasil, Cabo Verde, Canarias, Colombia, Cuba, Egipto, Estados Unidos, Haití, Islas Salvajes, Islas Vírgenes, Jamaica, Martinica, Puerto Rico, Turquía, Venezuela) <b>Océano Índico</b> (Isla Nicobar, Kenia, Mauricio, Reunión, Somalia, Sur de Australia, Tanzania) <b>Océano Pacífico y Golfo de California</b> (China, Corea, Filipinas, Fiyi, Hawái, Isla Lord Howe, Japón, México, Micronesia, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea, Polinesia francesa, Polinesia central, Salvador, Samoa, Taiwán)

\*Fuente Guiry &amp; Guiry (2024)

\*\*Quiñones-Peyro et al. (2016)

Tabla S12. Lista de especies, nuevos registros y nuevas especies.

Lista de especies de macroinvertebrados de arrecife del Archipiélago de Revillagigedo y por isla (abril 2023). La lista obtenida de las recolectas, fotos submarinas y registros ProMARES.

MACROINVERTEBRADOS CONSPICUOS DE ARRECIFE

Phylum	Taxa1	Taxa2	Taxa3	Familia	Especie	Archipiélago de Revillagigedo									
						San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión						
PORIFERA	Calcareea	Calcinea	Clathrinida	Clathrinidae	<i>Clathrina sp1</i>	■		■	■						
					Demospongiae	<i>Desmospongia sp3</i>	■		■	■					
						<i>Desmospongia sp4</i>	■		■	■					
						<i>Desmospongia sp6</i>	■	■	■	■					
					Heteroscleromorpha	Poecilosclerida	Myxillidae	<i>Myxilla incrustans</i>	■		■	■			
								Keratosa	Dictyoceratida	Irciniidae	<i>Ircinia sp1</i>	■	■	■	
					Verongimorpha	Verongiida	Aplysinidae				<i>Aplysina clathrata</i>	■	■	■	
								<i>Aplysina revillagigedi</i>	■	■	■				
					<i>Aplysina sp8</i>	■	■	■							
					<i>Aplysina sp10</i>	■	■	■							
CNIDARIA	Anthozoa	Hexacorallia	Actiniaria	Andvakiidae	<i>Telmactactis panamensis</i>	■									
					Scleractinia	Agariciidae	<i>Pavona clavus</i>	■	■						
							<i>Pavona duerdeni</i>	■	■						
							<i>Pavona gigantea</i>	■	■	■					
							<i>Pavona varians</i>	■	■	■					
					Dendrophyllidae	<i>Tubastraea coccinea</i>	■	■	■						
						Pocilloporidae	<i>Pocillopora effusa</i>	■	■	■					
					<i>Pocillopora elegans</i>		■	■	■						
					<i>Pocillopora eydouxi</i>		■	■	■						
					<i>Pocillopora meandrina</i>		■	■	■						
					<i>Pocillopora woodjonesi</i>		■	■	■						
					Poritidae		<i>Porites lobata</i>	■	■	■					
						<i>Porites lutea</i>	■	■	■						
						<i>Porites panamensis</i>	■	■	■						
						Psammocoridae	<i>Psammocora stellata</i>	■	■	■					
					Epizoanthidae		<i>Epizoanthus sp1</i>	■	■	■					
						Octocorallia	Malacalcyonacea	Gorgoniidae	<i>Eugorgia wilkiei</i>	■	■				
					<i>Leptogorgia waltonae</i>				■	■					
					<i>Pacifigorgia sp4</i>				■	■					
					<i>Pacifigorgia sp8</i>				■	■					
					<i>Pacifigorgia sp9</i>				■	■					
					Plexauridae				<i>Muricea sp11</i>	■	■	■			
									<i>Muricea sp12</i>	■	■	■			
									<i>Muricea sp15</i>	■	■	■			
									<i>Muricea sp17</i>	■	■	■			
					Hydrozoa				Hydroidolina	Leptothecata	<i>Leptothecata sp1</i>	■			
						<i>Aglaopheniidae</i>	<i>Aglaophenia cf. integriseptata</i>	■			■				
						<i>Clytiidae</i>	<i>Clytia sp1</i>					■			
						Halopterididae	<i>Halopteris sp1</i>					■			
							<i>Monostaechas sp1</i>					■			
						<i>Plumulariidae</i>	<i>Plumularia sp1</i>	■			■				
						Sertulariidae	<i>Sertulariidae sp1</i>					■			
							<i>Sertulariidae sp2</i>					■			
						<i>Tridentata sp1</i>					■				
						Scyphozoa	Discomedusae	Semaestomeae			Pelagiidae	<i>Pelagia noctiluca</i>		■	
					Tentaculata				Cestida	Cestidae		<i>Cestum veneris</i>		■	
						Polycladida	Acotylea	<i>Acotylea sp1</i>			■				
					<i>Acotylea sp2</i>					■					
					<i>Acotylea sp3</i>			■							
					CTENOPHORA PLATYHELMINTHES					<i>Notocomplana mexicana</i>				■	
Leptoplanoidea	Notocomplanidae	<i>Planocera sp1</i>	■												
		Stylochoidea	Stylochidae	<i>Stylochidae sp1</i>						■					
<i>Stylochidae sp2</i>	■														
<i>Stylochidae sp3</i>	■														
<i>Stylochidae sp4</i>	■														
Cotylea										<i>Boninia sp</i>				■	
										<i>Cestoplanidae sp</i>				■	
										<i>Euryleptidae sp1</i>	■				
										Pericelidae	<i>Pericelis sp1</i>	■			■
											<i>Pericelis sp2</i>				■
											<i>Pericelis sp3</i>				■
										Prosthiostomidae	<i>Prosthiostomidae sp1</i>		■		■
											<i>Prosthiostomidae sp2</i>		■		■
											<i>Prosthiostomidae sp3</i>		■		■
										Pseudocerotidae	<i>Phrikoceros sp</i>	■			■
<i>Pseudobiceros bajae</i>		■		■											
<i>Pseudobiceros sp1</i>	■			■											
<i>Pseudobiceros sp2</i>				■											
<i>Pseudoceros sp</i>	■			■											
<i>Thysanozoon sp</i>	■			■											

MACROINVERTEBRADOS CONSPICUOS DE ARRECIFE

Phylum	Taxa1	Taxa2	Taxa3	Familia	Especie	Archipiélago de Revillagigedo							
						San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión				
NEMERTEA					<i>Nemertea sp1</i>	■							
					<i>Nemertea sp2</i>	■							
ANNELIDA	Polychaeta	Sedentaria	Sabellida	Sabellariidae	<i>Idanthyrsus pennatus</i>	■							
					Serpulidae	<i>Spirobranchus spp</i>		■					
MOLLUSCA	Bivalvia				<i>Bivalvia sp1</i>				■				
					Heterodonta	Veneroida	Chamidae	<i>Chama sp1</i>	■	■	■		
								Pteriomorpha	Ostreoida	Gryphaeidae	<i>Hyotissa solida</i>	■	■
					Ostreidae	<i>Ostrea sp1</i>	■				■		
						Pterioidea		Pteriidae	<i>Pinctada mazatlanica</i>	■	■		
					Spondylidae				<i>Spondylus sp1</i>	■	■	■	
					Cephalopoda	Coleoidea	Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus bimaculatus</i>	■	■	■	■
									Gastropoda	Caenogastropoda	Neogastropoda	Conidae	<i>Conus diadema</i>
					<i>Conus purpurascens</i>	■	■	■					
					<i>Conus sp1</i>	■	■	■					
<i>Conus sp2</i>	■	■	■										
<i>Conus sp3</i>	■	■	■										
<i>Conus sp4</i>	■	■	■										
<i>Conus tiaratus</i>	■	■	■										
Fasciariidae	<i>Polygona socorroensis</i>	■	■	■									
Muricidae	<i>Hexaplex princeps</i>	■	■	■									
	<i>Plicopurpura columellaris</i>	■	■	■									
<i>Thais sp2</i>	■	■	■										
Heterobranchia	Cephalaspidea	Agalajidae	<i>Navanax aenigmaticus</i>	■	■	■							
			Nudibranchia	<i>Nudibranchia sp1</i>	■	■	■						
Chromodorididae	<i>Chromolaichma sedna</i>		■		■								
	Doridoidea	<i>Doridoidea sp1</i>			■								
Pleurobranchida	Pleurobranchidae	<i>Berthellina ilisima</i>			■								
		<i>Pleurobranchus sp1</i>			■								
Vetigastropoda	Lepetellida	Fissurellidae	<i>Fissurellidae sp1</i>			■							
			Cirripedia	Thoracica	Balanomorpha	Balanidae	<i>Balanus sp1</i>			■			
<i>Megbalanus sp1</i>							■						
<i>Megbalanus sp2</i>			■										
Decapoda	Pleocyemata				<i>Panulirus inflatus</i>	■	■	■	■				
					<i>Panulirus penicillatus</i>	■	■	■					
					<i>Scyllarides astori</i>	■	■	■					
					Axiidea	Strahlaxiidae	<i>Neaxius sp1</i>	■	■				
							Brachyura	<i>Brachyura sp1</i>	■	■			
					<i>Brachyura sp2</i>	■		■					
					<i>Brachyura sp3</i>	■		■					
					Majidae	<i>Majidae sp1</i>			■				
						Caridea	Percnidae	<i>Percnon gibbesi</i>	■	■			
					<i>Caridea sp1</i>			■	■				
Lysmatidae	<i>Lysmata sp1</i>			■									
	<i>Lysmata sp2</i>			■									
	<i>Lysmata sp3</i>			■									
Stomatopoda	Unipeltata	Gonodactyloidea	<i>Gonodactyloidea sp1</i>	■									
			<i>Gonodactyloidea sp2</i>			■							
ECHINODERMATA	Asterozoa	Asteroidea	Valvatida		<i>Acanthaster solaris</i>	■	■		■				
					<i>Asteropseidae</i>	<i>Asteropsis carinifera</i>	■	■					
					<i>Mithrodiidae</i>	<i>Mithrodia bradleyi</i>	■	■					
					Ophiuroidea	Euryalida	Gorgonocephalidae	<i>Astrocanium spinosum</i>			■		
								Echinozoa	Echinoidea	Camarodonta	<i>Echinometra mathaei</i>	■	■
					<i>Troponeustes depressus</i>	■	■				■		
					Cidaroida	Cidaridae	<i>Eucidaris sp1</i>	■	■	■			
							<i>Eucidaris thouarsii</i>	■	■	■			
					Diadematoidea	Diademataidae	<i>Diadema mexicanun</i>	■	■	■			
							<i>Echinothrix cf. diadema</i>	■	■	■			
Holothuroidea	Apodida	Synaptidae	<i>Euapta godeffroyi</i>	■									
			Aspidochirotida	Holothuriidae	<i>Holothuria coronata</i>	■		■					
<i>Holothuria fuscocinerea</i>	■	■											
<i>Holothuria hilla</i>	■	■											
<i>Holothuria leucospilota</i>	■	■											
<i>Holothuria sp1</i>	■	■											
<i>Holothuria sp2</i>	■	■											
<i>Holothuria sp3</i>	■	■											
Stichopodidae	<i>Isostichopus fuscus</i>	■	■	■									
	Tunicata	Asciacea	<i>Asciacea sp1</i>			■							
<i>Asciacea sp2</i>			■										
<i>Asciacea sp3</i>			■										
Thaliacea	Salpida	<i>Salpida sp1</i>			■								

Tabla S13. Lista de posibles nuevos registros (letra y sombreado verde) y de especies nuevas (letra y sombreado rojo) de macroinvertebrados de arrecife del Archipiélago de Revillagigedo y por isla (abril 2023). Dentro del sombreado el número indica la cantidad de ejemplares registrados.

		ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
		Isla San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión
Phylum Porifera	<i>Clathrina</i> sp. 1	1		1	3
	<i>Myxilla incrustans</i>	1			1
	<i>Aplysina</i> sp. 8	4	1		1
	<i>Aplysina</i> sp. 10			6	
	<i>Aplysina clathrata</i>	1		1	
	<i>Aplysina revillagigedi</i>	4	7	1	3
Phylum Cnidaria	<i>Telmatactis panamensis</i>	1			
	<i>Epizoanthus</i> sp. 1		1		1
	<i>Pacifigorgia</i> sp. 4	1	4		1
	<i>Pacifigorgia</i> sp. 8	1			3
	<i>Pacifigorgia</i> sp. 9				3
	<i>Muricea</i> sp. 11			7	
	<i>Muricea</i> sp. 12	3	4	1	2
	<i>Muricea</i> sp. 15			4	
	<i>Muricea</i> sp. 17			4	
	<i>Leptothecata</i> sp. 1				1
	<i>Sertulariidae</i> sp. 1				1
	<i>Sertulariidae</i> sp. 2				1
	<i>Tridentata</i> sp. 1				2
	Phylum Platyhelminthes	<i>Acotylea</i> sp. 1	1		
<i>Acotylea</i> sp. 2					1
<i>Acotylea</i> sp. 3					1
<i>Planocera</i> sp. 1		3			7
<i>Stylochidae</i> sp. 1		2			4
<i>Stylochidae</i> sp. 2		2			
<i>Stylochidae</i> sp. 3					4
<i>Stylochidae</i> sp. 4					1
<i>Boninia</i> sp. 1					3
<i>Cestoplanidae</i> sp. 1					1
<i>Euryleptidae</i> sp. 1		2			
<i>Pericelis</i> sp. 1		1			2
<i>Pericelis</i> sp. 2					3
<i>Pericelis</i> sp. 3			1		18
<i>Prosthiostomidae</i> sp. 1					1
<i>Prosthiostomidae</i> sp. 2					3
<i>Prosthiostomidae</i> sp. 3					1
<i>Phrikoceros</i> sp. 1		3			2
<i>Pseudobiceros</i> sp. 1		1			9
<i>Pseudobiceros</i> sp. 2					1
<i>Pseudoceros</i> sp. 1				1	
<i>Thysanozoon</i> sp. 1	1				
Phylum Nemertea	<i>Nemertea</i> sp. 1	1			
	<i>Nemertea</i> sp. 2	1			
Phylum Mollusca	<i>Spondylus</i> sp. 1	4	1		6
Phylum Annelida	<i>Idanthyrsus pennatus</i>	1			
Phylum Echinodermata	<i>Eucidaris</i> sp. 1	6	1	2	11
	<i>Echinothrix</i> cf. <i>diadema</i>				4

Tabla S14. Lista de especies de macroinvertebrados de arrecife del Archipiélago de Revillagigedo y por isla (abril 2023). La lista obtenida de las recolectas, fotos submarinas y registros ProMARES. Color verde indica especies e islas con registros nuevos y color rojo especies e islas de probable nuevas especies. Dentro del sombreado el número indica la cantidad de ejemplares registrados.

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión
<b>Phylum Porifera</b>				
Clase Calcarea				
Subclase Calcinea				
Orden Clathrinida				
Familia Clathrinidae				
<i>Clathrina sp. 1</i>	1		1	3
Clase Demospongiae				
<i>Desmospongia sp. 3</i>	1		1	2
<i>Desmospongia sp. 4</i>	1			1
<i>Desmospongia sp. 6</i>	2	1	1	1
Subclase Heteroscleromorpha				
Orden Poecilosclerida				
Familia Myxillidae				
<i>Myxilla incrustans</i>	1			1
Subclase Keratosa				
Orden Dictyoceratida				
Familia Irciniidae				
<i>Ircinia sp. 1</i>	2	2	1	
Subclase Verongimorpha				
Orden Verongiida				
Familia Aplysinidae				
<i>Aplysina sp. 8</i>	4	1		1
<i>Aplysina sp. 10</i>			6	
<i>Aplysina clathrata</i>	1		1	
<i>Aplysina revillagigedi</i>	4	7	1	3

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión
<b>Phylum Cnidaria</b>				
Subphylum Anthozoa				
Clase Hexacorallia				
Orden Actiniaria				
Familia Andvakiidae				
<i>Telmatactis panamensis</i>	1			
Orden Zoantharia				
Familia Epizoanthidae				
<i>Epizoanthus sp. 1</i>		1		1
Orden Scleractinia				
Familia Agariciidae				
<i>Pavona clavus</i>	1	1		
<i>Pavona duerdeni</i>	1	1		
<i>Pavona gigantea</i>	2	1		1
<i>Pavona varians</i>		1		
Familia Pocilloporidae				
<i>Pocillopora damicornis</i>				1
<i>Pocillopora effusa</i>	2	1	1	3
<i>Pocillopora elegans</i>	1	1	1	1
<i>Pocillopora eydouxi</i>	1	1	1	1
<i>Pocillopora meandrina</i>	1	1	1	1
<i>Pocillopora woodjonesi</i>	1	1		2
Familia Poritidae				
<i>Porites lobata</i>	3	1	1	1
<i>Porites lutea</i>	1	1		
<i>Porites panamensis</i>	1	1		1
Familia Psammocoridae				
<i>Psammocora stellata</i>	2	1		1
Familia Dendrophyllidae				
<i>Tubastraea coccinea</i>	2	1	4	
Clase Octocorallia				
Orden Malacalcyonacea				
Familia Gorgoniidae				
<i>Eugorgia wilkiei</i>	2	1		
<i>Leptogorgia waltonae</i>	1	1		

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San	Isla	Roca	Isla Clarión
	Benedicto	Socorro	Partida	
<i>Pacifigorgia sp. 4</i>	1	4		1
<i>Pacifigorgia sp. 8</i>	1			3
<i>Pacifigorgia sp. 9</i>				3
Familia Plexauridae				
<i>Muricea sp. 11</i>			7	
<i>Muricea sp. 12</i>	3	4	1	2
<i>Muricea sp. 15</i>			4	
<i>Muricea sp. 17</i>			4	
Subphylum Medusozoa				
Clase Scyphozoa				
Orden Semaestomeae				
Familia Pelagiidae				
<i>Pelagia noctiluca</i>			5	
Clase Hydrozoa				
Orden Leptothecata				
<i>Leptothecata sp. 1</i>				1
Familia Aglaopheniidae				
<i>Aglaophenia cf. integriseptata</i>	1	1		6
Familia Clytiidae				
<i>Clytia sp. 1</i>				1
Familia Halopterididae				
<i>Halopteris sp. 1</i>				2
<i>Monostaechas sp. 1</i>				1
Familia Plumulariidae				
<i>Plumularia sp. 1</i>	1		2	
Familia Sertulariidae				
<i>Sertulariidae sp. 1</i>				1
<i>Sertulariidae sp. 2</i>				1
<i>Tridentata sp. 1</i>				2
<b>Phylum Ctenophora</b>				
Clase Tentaculata				
Orden Cestida				
Familia Cestidae				
<i>Cestum veneris</i>			5	

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San	Isla	Roca	Isla Clarión
	Benedicto	Socorro	Partida	
<b>Phylum Platyhelminthes</b>				
Orden Polycladida				
Suborden Acotylea				
<i>Acotylea sp. 1</i>	1			
<i>Acotylea sp. 2</i>				1
<i>Acotylea sp. 3</i>				1
Superfamilia Leptoplanoidea				
Familia Notocomplanidae				
<i>Notocomplana mexicana</i>				2
Superfamilia Stylochoidea				
Familia Planoceridae				
<i>Planocera sp. 1</i>	3			7
Familia Stylochidae				
<i>Stylochidae sp. 1</i>	2			4
<i>Stylochidae sp. 2</i>	2			
<i>Stylochidae sp. 3</i>				4
<i>Stylochidae sp. 4</i>				1
Suborden Cotylea				
Familia Boniniidae				
<i>Boninia sp. 1</i>				3
Familia Cestoplanidae				
<i>Cestoplanidae sp. 1</i>				1
Familia Euryleptidae				
<i>Euryleptidae sp. 1</i>	2			
Familia Pericelidae				
<i>Pericelis sp. 1</i>	1			2
<i>Pericelis sp. 2</i>				3
<i>Pericelis sp. 3</i>		1		18
Familia Prosthlostomidae				
<i>Prosthlostomidae sp. 1</i>				1
<i>Prosthlostomidae sp. 2</i>				3
<i>Prosthlostomidae sp. 3</i>				1
Familia Pseudocerotidae				
<i>Phrikoceros sp. 1</i>	3			2
<i>Pseudobiceros sp. 1</i>	1			9

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión
<i>Pseudobiceros sp. 2</i>				1
<i>Pseudobiceros bajae</i>		1		1
<i>Pseudoceros sp. 1</i>				1
<i>Thysanozoon sp. 1</i>	1			
<b>Phylum Nemertea</b>				
<i>Nemertea sp. 1</i>	1			
<i>Nemertea sp. 2</i>	1			
<b>Phylum Mollusca</b>				
Clase Gastropoda				
Subclase Caenogastropoda				
Orden Neogastropoda				
Familia Conidae				
<i>Conus sp. 1</i>	1	1		
<i>Conus sp. 2</i>	1			
<i>Conus sp. 3</i>	1			
<i>Conus sp. 4</i>				1
<i>Conus diadema</i>	1	1	1	
<i>Conus purpurascens</i>	1	1	1	1
<i>Conus tiaratus</i>	1	1		
Familia Fasciariidae				
<i>Polygona socorroensis</i>	1	1	1	1
Familia Muricidae				
<i>Hexaplex princeps</i>	1	1	2	2
<i>Plicopurpura columellaris</i>		1	1	
<i>Thais sp. 2</i>	4	2	2	1
Subclase Heterobranchia				
Orden Cephalaspidea				
Familia Aglajidae				
<i>Navanax aenigmaticus</i>	1			2
Orden Nudibranchia				
<i>Nudibranchia sp. 1</i>	1			
Familia Chromodorididae				
<i>Chromolaichma sedna</i>		2		5
Familia Doridoidea				
<i>Doridoidea sp. 1</i>				1
Orden Pleurobranchida				

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión
Familia Pleurobranchidae				
<i>Berthellina ilisima</i>				1
<i>Pleurobranchus sp. 1</i>	1			
Subclase Vetigastropoda				
Orden Lepetellida				
Familia Fissurellidae				
<i>Fissurellidae sp. 1</i>			1	
Clase Bivalvia				
<i>Bivalvia sp. 1</i>				2
Infraclase Heteroconchia				
Orden Venerida				
Familia Chamidae				
<i>Chama sp. 1</i>	1	1	1	
Infraclase Pteriomorpha				
Orden Ostreida				
Familia Gryphaeidae				
<i>Hyotissa hyotis</i>	1	1	1	
Familia Ostreidae				
<i>Ostrea sp. 1</i>	1	1		
Familia Margaritidae				
<i>Pinctada mazatlanica</i>		1		
Order Pectinida				
Familia Spondylidae				
<i>Spondylus sp. 1</i>	4	1		6
Clase Cephalopoda				
Subclase Coleoidea				
Orden Octopoda				
Familia Octopodidae				
<i>Octopus bimaculatus</i>	2	1	1	1
<b>Phylum Annelida</b>				
Clase Polychaeta				
Subclase Sedentaria				
Orden Sabellida				
Familia Sabellariidae				
<i>Idanthyrus pennatus</i>	1			
Familia Serpulidae				
<i>Spirobranchus spp.</i>		1		

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión
<b>Phylum Echinodermata</b>				
Subphylum Asterozoa				
Clase Asteroidea				
Orden Valvatida				
Familia Acanthasteridae				
<i>Acanthaster solaris</i>	3	8		10
Familia Asteropseidae				
<i>Asteropsis carinifera</i>	3	1		
Familia Mithrodiidae				
<i>Mithrodia bradleyi</i>	3	1		
Clase Ophiuroidea				
Orden Euryalida				
Familia Gorgonocephalidae				
<i>Astrocaneum spinosum</i>			1	
Subphylum Echinozoa				
Clase Echinoidea				
Orden Camarodonta				
Familia Echinometridae				
<i>Echinometra mathaei</i>		1	1	
Familia Toxopneustidae				
<i>Tripneustes depressus</i>	2	1	1	1
Orden Cidaroida				
Familia Cidaridae				
<i>Eucidaris sp. 1</i>	6	1	2	11
<i>Eucidaris thouarsii</i>	1			
Orden Diadematoidea				
Familia Diadematidae				
<i>Diadema mexicanum</i>	1	1	2	1
<i>Echinothrix cf. diadema</i>				4
Clase Holothuroidea				
Orden Apodida				
Familia Synaptidae				
<i>Euapta godeffroyi</i>	1			1
Orden Holothuriida				
Familia Holothuriidae				
<i>Holothuria sp. 1</i>	1			4

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San Benedicto	Isla Socorro	Roca Partida	Isla Clarión
<i>Holothuria sp. 2</i>				2
<i>Holothuria coronata</i>	2			1
<i>Holothuria fuscocincta</i>	1	1		
<i>Holothuria hilla</i>	2	1		3
<i>Holothuria leucospilota</i>	3	1		3
Orden Synallactida				
Familia Stichopodidae				
<i>Isostichopus fuscus</i>	16	15	3	41
<b>Phylum Artropoda</b>				
<b>Subphylum Crustacea</b>				
Clase Thecostraca				
Subclase Cirripedia				
Orden Balanomorpha				
Familia Balanidae				
<i>Balanus sp. 1</i>			3	
<i>Megabalanus sp. 1</i>			1	
<i>Megabalanus sp. 2</i>			3	
Clase Malacostraca				
Subclase Hoplocarida				
Orden Stomatopoda				
<i>Stomatopoda sp. 1</i>	2			
<i>Stomatopoda sp. 2</i>				1
Subclase Eumalacostraca				
Superorden Eucarida				
Orden Decapoda				
Infraorden Caridea				
<i>Caridea sp. 1</i>	1			
Familia Lysmatidae				
<i>Lysmata sp. 1</i>			1	
<i>Lysmata sp. 2</i>			2	
<i>Lysmata sp. 3</i>			1	
Infraorden Achelata				
Familia Palinuridae				
<i>Panulirus inflatus</i>	2			

	ARCHIPIÉLAGO DE REVILLAGIGEDO			
	Isla San	Isla	Roca	Isla Clarión
	Benedicto	Socorro	Partida	
<b><i>Panulirus penicillatus</i></b>	3	1	1	1
Familia Scyllaridae				
<b><i>Scyllarides astori</i></b>	2			
Infraorden Axiidea				
Familia Strahlaxiidae				
<b><i>Neaxius sp. 1</i></b>	2	1		
Infraorden Brachyura				
<b><i>Brachyura sp. 1</i></b>	1			
<b><i>Brachyura sp. 2</i></b>	1			
<b><i>Brachyura sp. 3</i></b>	1			
Familia Majidae				
<b><i>Majidae sp. 1</i></b>				1
Familia Percnidae				
<b><i>Percnon gibbesi</i></b>	1	1		
<b>Phylum Chordata</b>				
Subphylum Tunicata				
Clase Ascidiacea				
<b><i>Ascidiacea sp. 1</i></b>				1
<b><i>Ascidiacea sp. 2</i></b>	1			
<b><i>Ascidiacea sp. 3</i></b>	1			
Clase Thaliacea				
Orden Salpida				
<b><i>Salpida sp. 1</i></b>			3	

## DIVERSIDAD DE BACTERIAS Y POTENCIAL MICROBIOLÓGICO ASOCIADA A ESPONJAS MARINAS Y CORALES ABANICOS DE MAR

Tabla S15. Descripción de bacterias aisladas de sistemas coralinos y poríferos.

Sitio de muestreo	Organismo	Tipo de organismo	Cepa	Tamaño	Forma
Isla Socorro	<i>Pacifigorgia et. agazizi</i>	Octocoral	1.1	Mediana	circular
Isla Socorro	<i>Pacifigorgia et. agazizi</i>	Octocoral	1.2	mediana	irregular
Isla Socorro	<i>Pacifigorgia et. agazizi</i>	Octocoral	1.3	Puntiforme	Circular
Isla Socorro	<i>Pacifigorgia et. agazizi</i>	Octocoral	1.4	Grande	Irregular
Isla Socorro	<i>Aplysina n sp.</i>	Esponja	2.1	Mediana	Circular
Isla Socorro	<i>Aplysina n sp.</i>	Esponja	2.2	Grande	Irregular
Isla Socorro	<i>Aplysina n sp.</i>	Esponja	2.3	Mediana	Irregular
Isla Socorro	<i>Aplysina n sp.</i>	Esponja	2.4	Mediana	Irregular
Isla Socorro	<i>Muricea et austera</i>	Octocoral	3.1	pequeña	circular
Isla Socorro	<i>Muricea et austera</i>	Octocoral	3.2	Grande	Irregular
Isla Socorro	<i>Muricea et austera</i>	Octocoral	3.3	mediana	circular
Isla Socorro	<i>Muricea et austera</i>	Octocoral	3.4	mediana	circular
Isla Socorro	<i>Muricea et austera</i>	Octocoral	3.5	Grande	Filamentosa
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.1	Grande	Irregular
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.2	Pequeña	Circular
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.2B	Pequeña	Circular
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.3	Puntiforme	Circular
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.4	Pequeña	irregular
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.5	Mediana	irregular
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.6	grande	irregular
Isla Socorro	<i>Aplysina revillagigensis</i>	Esponja	4.7	mediana	circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.1	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.2	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.3	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.4	Mediana	Irregular

Borde	Transparencia	Brillo	Color
entero	opaca	sin brillo	blanca
risado	opaca	sin brillo	blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	blanca
Lobulado	Opaca	Sin brillo	
Entero	Opaca	Sin brillo	Rosa muy claro
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Beige
Rizado	Opaca	Con brillo	Amarillo
Rizado	Opaca	Con brillo	Amarillo
ondulado	opaca	sin brillo	beige
Ondulado	Transparente	Sin brillo	Blanco
entero	transparente	sin brillo	cafe con un halo blanco
entero	opaca	con brillo	amarilla
Filamentoso	Opaca	Sin brillo	Beige
Lobulado	Opaca	Sin brillo	Beige
Entero	Opaca	Con brillo	Rosa muy claro
Entero	Opaca	Con brillo	Blanca
Entero	Tranparente	Sin brillo	Salmón
Ondulado	opaca	con brillo	rosa
ondulado	opaca	sin brillo	blanca
lobulado	opcaca	sin brillo	salmon
entero	opaca	con brillo	blanca
Entero	Transparente	Con brillo	Rosa
Rizado	Transparente	Con brillo	Blanca
Entero	Opaca	Con brillo	Amarilla
Rizado	Opaca	Con brillo	Amarilla

Sitio de muestreo	Organismo	Tipo de organismo	Cepa	Tamaño	Forma
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.5	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.6	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.7	Grande	Rizoide
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.8	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.9	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.10	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.11	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.12	Pequeña	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.13	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.14	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.15	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.16	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.17	Mediana	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.18	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.19	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5.20	Grande	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.1	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.2	Pequeña	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.3	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.4	Grande	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.5	Grande	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.6	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.7	Grande	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.8	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.9	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.10	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.11	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.12	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.13	Pequeña	Irregular

Borde	Transparencia	Brillo	Color
Rizado	Opaca	Sin brillo	Naranja
Entero	Transparente	Con brillo	Blanca
Rizoide	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Amarillo claro
Entero	Opaca	Sin brillo	Muy amarillo
Entero	Transparente	Con brillo	Blanca
Rizado	Opaca	Sin brillo	Naranja pastel
Entero	Transparente	Con brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Rosa*
Entero	Opaca	Sin brillo	Rosa/roja
Entero	Opaca	Con brillo	Blanca
Rizado	Opaca	Sin brillo	Muy amarilla
Entero	Transparente	Con brillo	Blanca
Lobulado	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Transparente	Con brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Beige
Ondulado	Transparente	Con brillo	Blanca/Transparente
Entero	Opaca	Con brillo	Amarillo/Naranja
Entero	Transparente	Con brillo	Beige/Transparente
Entero	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Lobulado	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Beige
Ondulado	Transparente	Con brillo	Verde/amarillo
Entero	Transparente	Con brillo	Rosa
Entero	Opaca	Sin brillo	Rosa
Entero	Transparente	Con brillo	Beige
Ondulado	Transparente	Con brillo	Rosa
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Muy amarilla

Sitio de muestreo	Organismo	Tipo de organismo	Cepa	Tamaño	Forma
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.14	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.15	Grande	Circular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.16	Mediana	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.17	Mediana	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.18	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea partidensis</i>	Octocoral	5A.19	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.1	Puntiforme	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.2	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.3	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.4	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.5	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.6	Mediana	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.7	Pequeña	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.8	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.9	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.10	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.11	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.12	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.13	Grande	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.14	Pequeña	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.15	Puntiforme	Circular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.16	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.17	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.18	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Aplysina partidensis</i>	Esponja	6.19	Grande	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.1	Pequeña	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.2	Grande	Fusiforme
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.3	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.4	Puntiforme	Circular

Borde	Transparencia	Brillo	Color
Rizada	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Transparente	Con brillo	Beige
Rizado	Opaca	Sin brillo	Rosa
Rizado	Opaca	Sin brillo	Blanca
Ondulado	Transparente	Con brillo	Verde
Entero	Opaca	Sin brillo	Blanca
Rizada	Opaca	Sin brillo	Beige naranja
Ondulado	Transparente	Sin brillo	Beige
Rizado	Transparente	Con brillo	Blanco
Entero	Opaco	Con brillo	Beige
Entero	Opaco	Con brillo	Amarillo pastel
Rizado	Transparente	Con brillo	Blanca
Rizado	Transparente	Con brillo	Rosa
Entero	Opaco	Con brillo	Amarillo pastel
Rizado	Opaca	Con brillo	Amarilla
Entero	Opaca	Con brillo	Amarilla
Entero	Opaca	sin brillo	Rosa
Entero	Transparente	Con Brillo	Salmón
Entero	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Rizada	Transparente	Con brillo	Beige
Entero	Opaca	Sin brillo	Beige
Rizada	Opaca	Sin brillo	Blanca
Rizada	Opaca	Sin brillo	Beige
Rizada	Transparente	Con brillo	Beige
Ondulado	Transparente	Sin brillo	Blanca
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Rosa
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Amarillo
Entero	Opaca	Sin brillo	Blanco amarillo
Entero	Opaca	Con brillo	Blanca

Sitio de muestreo	Organismo	Tipo de organismo	Cepa	Tamaño	Forma
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.5	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.6	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.7	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.8	Pequeña	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.9	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.10	Grande	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.11	Mediana	Irregular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.12	Mediana	Circular
Roca Partida	<i>Muricea plantaginea</i>	Octocoral	7.13	Grande	Rizoide
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.1	pequeña	circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.2	mediana	entero
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.3	mediana	circulo
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.4	mediana	circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.5	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.6	Pequeña	Fusiforme
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.7	Mediana	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.8	Grande	Circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.9	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.10	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.11	Grande	Filamentosa
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.12	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.13	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.14	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.15	Puntiforme	Circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.16	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.17	Mediana	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.18	Puntiforme	Circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.19	Pequeña	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.20	Mediana	Irregular

Borde	Transparencia	Brillo	Color
Entero	Opaca	Con brillo	Salmón
Entero	Transparente	Con brillo	Blanco
Entera	Transparente	Con brillo	Blanco
Entera	Opaca	Con brillo	Blanco
Entero	Transparente	Con brillo	Blanco
Entero	Opaca	Sin brillo	Beige
Rizado	Opaca	Con brillo	Beige
Entero	Opaca	Sin brillo	Blanca
Rizoide	Muy transparente	Con brillo	Blanca/Transparente
entero	opaca	sin brillo	amarillo cafésoso
opaca	opaca	con brillo	blanca
entero	opaca	con brillo	rosa
entero	opaca	con brillo	Amarilla
Rizado	Transparente	Con brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Naranja
Ondulado	Transparente	Sin brillo	Amarilla
Entero	Transparente	Con brillo	Blanca
Ondulado	Opaca	Con brillo	Beige
Rizada	Transparente	Con brillo	Blanca
Filamentosa	Transparente	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Rizada	Transparente	Con brillo	Beige
Rizada	Transparente	Con brillo	Amarilla
Entero	Opaca	Con brillo	Beige
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Rizada	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Con brillo	Beige
Rizado	Transparente	Sin brillo	Blanca
Rizada	Opaca	Sin brillo	Café claro

Sitio de muestreo	Organismo	Tipo de organismo	Cepa	Tamaño	Forma
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.21	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.22	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.23	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.24	Grande	Circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia clarion roja</i>	Octocoral	8.25	Grande	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.1	Puntiforme	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.2	Grande	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.3	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.4	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.5	Puntiforme	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.6	Pequeña	Irregular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.7	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.8	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.9	Pequeña	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.10	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.11	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.12	Puntiforme	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.13	Pequeña	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.14	Pequeña	Irregular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.15	Pequeña	Circular
Isla Clarion	<i>Aplysina clarion</i>	Esponja	9.16	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.1	Pequeña	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.2	Mediana	Irregular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.3	Pequeña	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.4		Irregular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.5	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.6	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.7	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.8	Grande	Irregular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.9	Pequeña	Circular

Borde	Transparencia	Brillo	Color
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Transparente	Con Brillo	Blanca
Rizado	Transparente	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Beige
Entero	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Entero	Opaca	Sin brillo	Roja
Entero	Transparente	Sin brillo	Naranja
Entero	Opaca	Sin brillo	Beige
Entero	Transparente	Con brillo	Beige/Café
Entero	Opaca	Sin brillo	Beige
Rizada	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Beige
Rizado	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Naranja pastel
Ondulado	Transparente	Sin brillo	Blanca
Rizada	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Con brillo	Naranja
Entero	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Entero	Transparente	Con brillo	Blanca
Entero	Opaca	Sin brillo	Rosa
Entero	Opaca	Con brillo	Amarilla
Lobulado	Transparente	Con brillo	Rosa salmón
Entero	Transparente	Con brillo	Amarilla
Ondulado		Con brillo	Amarilla
Entero	Opaca	Sin brillo	Amarillo blanquesino
Entero	Opaca	Con brillo	Blanca
Rizado	Transparente	Con brillo	Blanco transparentoso
Ondulado	Opaca	Sin brillo	Amarilla
Entero	Opaca	Sin brillo	Blanca

Sitio de muestreo	Organismo	Tipo de organismo	Cepa	Tamaño	Forma
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.10	Pequeña	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.11	Mediana	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.12	Pequeña	Circular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.13	Puntiforme	Irregular
Isla Clarion	<i>Muricea austera</i>	Octocoral	10.14	Puntiforme	Irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.1	median	irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.2	grande	circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.3	grande	irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.4	pequeña	circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.5	mediana	irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.6	mediana	circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.7	grande	circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.8	pequeña	circular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.9	median	curcilar
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.10	grande	irregular
Isla Clarion	<i>Pacifigorgia amarilla clarion</i>	Octocoral	11.11	pequeña	circular

Borde	Transparencia	Brillo	Color
Entero	Opaca	Sin brillo	Blanca
Entero	Opaca	Con brillo	
Entero	Opaca	Con brillo	Naranja
Rizado		Con brillo	Blanca
Rizado		Con brillo	Blanca
rizado	transparente	sin brillo	blanca/beige
entero	opaca	sin brillo	mostaza
rizado	opaca	con brillo	blanca/beige
andulado	opaca	sin brillo	naranja
andulado	opaca	con brillo	blanca
entero	transparente	con brillo	amarillenta
ondulada	opaca	sin brillo	beige
entero	opaca	con brillo	salmon
entero	opaca	con brillo	naranja oscuro
andulado	transparente	con brillo	blanquecino
entero	transparente	con brillo	amarillenta

## DIATOMEAS EPIFITAS DEL PARQUE NACIONAL REVILLAGIGEDO PARA LA GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE

Anexo 14. Ver: Catálogo iconográfico diatomeas epifitas del PNR.

Tabla S16. Lista sistemática de diatomeas epifitas de macroalgas del Parque Nacional Revillagigedo (PNR), México. NR = Nuevos registros.

**Reino:** Chromista  
**Filo:** Heterokontophyta  
**Clase:** Coscinodiscophyceae  
**Subclase:** Coscinodiscophycidae  
**Orden:** Asterolamprales  
**Familia:** Asterolampraceae  
**Género:** *Asterolampra*  
*Asterolampra marylandica* Ehrenberg 1844 (Fig. 7, a-f) NR  
**Género:** *Asteromphalus*  
*Asteromphalus arachne* (Brébisson) Ralfs 1861 (Fig. 8, a-d) NR  
**Orden:** Coscinodiscales  
**Familia:** Aulacodiscaceae  
**Genero:** *Aulacodiscus*  
*Aulacodiscus margaritaceus* Ralfs 1861 (Fig. 9, a-g) NR  
**Familia:** Coscinodiscaceae  
**Género:** *Coscinodiscus*  
*Coscinodiscus curvatulus* Grunow 1878 (Fig. 36, a-l) NR  
*Coscinodiscus hauckii* var. *mesoleius* (Cleve) Hustedt 1928 (Fig. 17, a-f) NR  
**Familia:** Hemidiscaceae  
**Género:** *Actinocyclus*  
*Actinocyclus crassus* (W. Smith) Ralfs ex Pritchard 1861 (Fig. 2, a-f) NR  
*Actinocyclus cuneiformis* (Wallich) F. Gómez, Lu Wang & Senjie Lin 2017 (Fig. 3, a-h) NR  
*Actinocyclus octonarius* var. *ralfsii* (W. Smith) Hendey 1954 (Fig. 4, a-f) NR  
*Actinocyclus octonarius* var. *sparsus* (Gregory) Hendey 1954 (Fig. 5, a-h) NR  
*Actinocyclus subtilis* (W. Gregory) Ralfs 1861 (Fig. 6, a-i)  
**Género:** *Azpeitia*  
*Azpeitia apiculata* P.A. Sims 1989 (Fig. 10, a-f) NR  
*Azpeitia neocrenulata* (VanLandingham) Fryxell & T.P. Watkins 1986 (Fig. 10, g-l, Fig. 11, a-k)  
*Azpeitia nodulifera* (A.W.F. Schmidt) G.A. Fryxell & P.A. Sims 1986 (Fig. 12, a-x, Fig. 13, a-l)

**Género:** *Roperia*  
*Roperia tessellata* (Roper) Grunow ex Pelletan 1889 (Fig. 34, a-l)  
**Orden:** Stellarimales  
**Familia:** Trigoniumaceae  
**Género:** *Trigonium*  
*Trigonium diaphanum* A. Mann 1925 (Fig. 39, a)  
**Orden:** Stictodiscales  
**Familia:** Chrysanthemodiscaceae  
**Género:** *Chrysanthemodiscus*  
*Chrysanthemodiscus floratus* A. Mann 1925 (Fig. 16, a-f) NR  
**Subclase:** Melosirophyceae  
**Orden:** Melosirales  
**Familia:** Hyalodiscaceae  
**Género:** *Hyalodiscus*  
*Hyalodiscus radiatus* (O'Meara) Grunow 1879 (Fig. 19, a-f) NR  
**Género:** *Margaritum*  
*Margaritum terebro* (Leuduger-Fortmorel) Moreira Filho 1968 (Fig. 20, a-q)  
**Género:** *Podosira*  
*Podosira hormoides* (Montagne) Kützing 1844 (Fig. 25, a-l) NR  
*Podosira montagnei* Kützing 1844 (Fig. 25, m-n) NR  
*Podosira variegata* A.W. F. Schmidt 1889 (Fig. 26, a-i) NR  
**Familia:** Melosiraceae  
**Género:** *Melosira*  
*Melosira nummuloides* C. Agardh 1824 (Fig. 21, a-d) NR  
**Subclase:** Paraliophycidae  
**Orden:** Paraliales  
**Familia:** Paraliaceae  
**Género:** *Paralia*  
*Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve 1873 (Fig. 23, a-l)  
**Clase:** Mediophyceae  
**Subclase:** Biddulphiophycidae  
**Orden:** Ardissonaeales  
**Familia:** Ardissonaceae  
**Género:** *Ardissona*  
*Ardissona formosa* (Hantzsch) Grunow 1880 (Fig. 41, a-e)  
*Ardissona robusta* (Ralfs) De Notaris 1871 (Fig. 43, a-e)  
*Ardissona* sp. (Fig. 44, a-d)  
**Género:** *Climacosphenia*  
*Climacosphenia elongata* Bailey 1854 (Fig. 47, a-b) NR  
*Climacosphenia moniligera* Ehrenberg 1843 (Fig. 48, a-f, Fig. 49, a-c)  
**Género:** *Synedrosphenia*  
*Synedrosphenia cuneata* (Grunow) Azpeitia 1911 (Fig. 68, a-c)  
*Synedrosphenia fulgens* (Greville) Lobban & Ashworth 2022 (Fig. 66, a-c)  
**Género:** *Toxarium*

*Toxarium hennedyanum* (W. Gregory) Pelletan 1889 (Fig. 70, a-e)

*Toxarium undulatum* Bailey 1854 (Fig. 71, a-c)

**Orden:** Biddulphiales

**Familia:** Biddulphiaceae

**Género:** *Biddulphia*

*Biddulphia biddulphiana* (J.E. Smith) Boyer 1900 (Fig. 14, a-j)

*Biddulphia spinosa* (Bailey) Boyer, nom. illeg. 1901 (Fig. 15, a) NR

**Género:** *Pseudotriceratium*

*Pseudotriceratium punctatum* Simonsen 1974 (Fig. 32, a-f)

**Subclase:** Chaetocerotophycidae

**Orden:** Anaulales

**Familia:** Anaulaceae

**Género:** *Eunotogramma*

*Eunotogramma marinum* (W. Smith) Grunow 1908 (Fig. 50, a-e) NR

**Subclase:** Thalassiosirophycidae

**Orden:** Eupodiscales

**Familia:** Eupodisceae

**Género:** *Zygoceros*

*Zygoceros rhombus* Ehrenberg 1839 (Fig. 40, a) NR

**Familia:** Odontellaceae

**Género:** *Odontella*

*Odontella aurita* (Lyngbye) C. Agardh 1832 (Fig. 22, a-f)

**Género:** *Pseudictyota*

*Pseudictyota dubia* (Brightwell) P.A. Sims & D.M. Williams 2018 (Fig. 29, a-l)

*Pseudictyota plana* (A.W.F. Schmidt) P.A. Sims & D.M. Williams 2018 (Fig. 30, a-f) NR

*Pseudictyota reticulata* (Roper) P.A. Sims & D.M. Williams 2018

(Fig. 31, a-h) NR

**Orden:** Stephanodiscales

**Familia:** Stephanodisceae

**Género:** *Cyclostephanos*

*Cyclostephanos dubius* (Hustedt) Round 1988 (Fig. 18, a-d) NR

**Orden:** Thalassiosirales

**Familia:** Thalassiosiraceae

**Género:** *Planktoniella*

*Planktoniella sol* (G.C. Wallich) Schütt 1892 (Fig. 24, a-b) NR

**Género:** *Shionodiscus*

*Shionodiscus oestrupii* (Ostenfeld) A.J. Alverson, S.-H. Kang & E.C. Theriot 2006 (Fig. 35, a-f)

**Género:** *Thalassiosira*

*Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve 1904 (Fig. 36, m-t)

*Thalassiosira nanolineata* (A. Mann) Fryxell & Hasle 1977 (Fig. 37, a-f) NR

**Orden:** Triceratiales

**Familia:** Triceratiaceae

**Género:** *Triceratium*

*Triceratium biquadratum* Janisch 1886 (Fig. 38, a-x)

**Clase:** Bacillariophyceae

**Subclase:** Bacillariophycidae

**Orden:** Achnanthales

**Familia:** Achnanthaceae

**Género:** *Achnanthes*

*Achnanthes pseudogroenlandica* Hendeby 1964 (Fig. 122, l-o)

**Familia:** Achnanthidiaceae

**Género:** *Schizostauron*

*Schizostauron citronella* (A. Mann) Górecka, Riaux-Gobin & Witkowski 2021 (Fig. 195, a-i) NR

*Schizostauron trachyderma* (F. Meister) Górecka, Riaux-Gobin & Witkowski 2021 (Fig. 196, a-t)

**Familia:** Cocconeidaceae

**Género:** *Amphicocconeis*

*Amphicocconeis cf. debesii* (Hustedt) De Stefano 2006 (Fig. 101, d-g)

*Amphicocconeis disculoides* (Hustedt) Stefano & Marino 2003 (Fig. 101, a-c)

**Género:** *Cocconeis*

*Cocconeis convexa* Giffen 1967 (Fig. 102, a-l, Fig. 107, i-o)

*Cocconeis dirupta* W. Gregory 1857 (Fig. 104, a-f)

*Cocconeis diruptoides* Hustedt 1933 (Fig. 109, u-v)

*Cocconeis distans* W. Gregory 1855 (Fig. 101, h-l) NR

*Cocconeis heteroidea* Hantzsch 1863 (Fig. 103, a-l, Fig. 107, c-h, Fig. 108, d-j)

*Cocconeis krammeri* Lange-Bertalot & Metzeltin 1996 (Fig. 104, g-i)

*Cocconeis molesta* var. *crucifera* Grunow 1880 (Fig. 104, j-m) NR

*Cocconeis molesta* var. *molesta* Kützing 1844 (Fig. 107, u-x)

*Cocconeis pediculus* Ehrenberg 1838 (Fig. 107, p-t) NR

*Cocconeis pinnata* W. Gregory ex Greville 1859 (Fig. 105, a-l)

*Cocconeis pseudodiruptoides* Foged 1975 (Fig. 110, w-bb)

*Cocconeis pseudomarginata* W. Gregory 1857 (Fig. 106, a-k, Fig. 107, a-b, Fig. 108, a-c) NR

*Cocconeis scutellum* var. *minutissima* Grunow 1880 (Fig. 109, v-aa, Fig. 110, a-t) NR

*Cocconeis scutellum* var. *scutellum* Ehrenberg 1838 (Fig. 109, a-u)

**Orden:** Bacillariales

**Familia:** Bacillariaceae

**Género:** *Alveus*

*Alveus marinus* (Grunow) Kaczmarek & Fryxell 1996 (Fig. 41, a-d)

**Género:** *Bacillaria*

*Bacillaria socialis* (W. Gregory) Ralfs 1861 (Fig. 176, k)

**Género:** *Homoeocladia*

*Homoeocladia angularis* (W. Smith) Kuntze 1898 (Fig. 175, a-d)

*Homoeocladia distans* (W. Gregory) Kuntze 1898 (Fig. 176, i)

*Homoeocladia martiana* C. Agardh 1827 (Fig. 176, b) NR

**Género:** *Nitzschia*

*Nitzschia cf. dissipata* (Kützing) Rabenhorst 1860 (Fig. 176, h)  
*Nitzschia costata* Pantocsek 1892 (Fig. 176, j) NR  
*Nitzschia fusiformis* Grunow 1880 (Fig. 177, b-d) NR  
*Nitzschia insignis* W. Gregory 1857 (Fig. 176, d)  
*Nitzschia longissima* (Brébisson ex Kützing) Grunow 1862 (Fig. 177, a) NR  
*Nitzschia nienhuisii* F.A.S. Sterrenburg & F.J.G. Sterrenburg 1990 (Fig. 178, c-d)  
*Nitzschia scabra* Cleve 1883 (Fig. 177, e-g) NR  
*Nitzschia sigma* (Kützing) W. Smith 1853 (Fig. 176, a, c, e, f)  
*Nitzschia subacuta* Hustedt 1922 (Fig. 176, g)

**Género:** *Psammodictyon*

*Psammodictyon panduriforme* var. *continuum* (Grunow) Snoeijs 1998 (Fig. 205, q-s)  
*Psammodictyon panduriforme* var. *panduriforme* (W. Gregory) D.G. Mann 1990 (Fig. 205, a-g)  
*Psammodictyon pustulatum* (F. Meister) Lobban 2015 (Fig. 206, a-f)

**Género:** *Tryblionella*

*Tryblionella coarctata* (Grunow) D.G. Mann 1990 (Fig. 205, n-p, t)  
*Tryblionella didyma* (Hustedt) D.G. Mann 1990 (Fig. 205, h-i)  
*Tryblionella marginulata* f. *parva* (Grunow) I. Louvrou & A. Economou-Amilli 2015 (Fig. 205, j-m) NR

**Orden:** Cymbellales**Familia:** Anomoeoneidaceae**Género:** *Staurophora*

*Staurophora salina* (W. Smith) Mereschkowsky 1903 (Fig. 174, a-c) NR

**Familia:** Rhoicospheniaceae**Género:** *Rhoicosphenia*

*Rhoicosphenia genuflexa* (Kützing) Medlin 1984 (Fig. 194, a-i)

**Orden:** Lyrellales**Familia:** Lyrellaceae**Género:** *Lyrella*

*Lyrella abrupta* (W. Gregory) D.G. Mann 1990 (Fig. 122, j-k)  
*Lyrella clavata* var. *caribaea* (Cleve) Siqueiros Beltrones 2020 (Fig. 130, a-d)  
*Lyrella clavata* var. *elongata* (H. Peragallo) Díaz-Ramos 2000 (Fig. 131, a-d, Fig. 132, a-d) NR  
*Lyrella crebra* (Hustedt) D.G. Mann 1990 (Fig. 133, a-i) NR  
*Lyrella exsul* (A.W.F. Schmidt) D.G. Mann 1990 (Fig. 134, a-d) NR  
*Lyrella impercepta* (Hustedt) J.L. Moreno 1996 (Fig. 135, a-d) NR  
*Lyrella lyra* var. *subcarinata* (Grunow ex A.W.F. Schmidt) Moreno 1996 (Fig. 136, a-b) NR  
*Lyrella perplexa* (H. Peragallo & M. Peragallo) L.I. Ryabushko ex P.M. Tsarenko 2015 (Fig. 137, a-d) NR

**Orden:** Mastogloiales**Familia:** Mastogloiaceae**Género:** *Mastogloia*

*Mastogloia achnanthioides* var. *elliptica* Hustedt 1933 (Fig. 138, a-i) NR

*Mastogloia acutiuscula* var. *elliptica* Hustedt 1933 (Fig. 139, a-d)  
*Mastogloia affirmata* (Leudiger-Fortmorel) Cleve 1892 (Fig. 140, a-i)  
*Mastogloia asperula* Grunow ex Cleve 1892 (Fig. 141, a-f) NR  
*Mastogloia asperuloides* Hustedt 1933 (Figura 142, a-f)  
*Mastogloia binotata* (Grunow) Cleve 1895 (Fig. 143, a-l)  
*Mastogloia borneensis* Hustedt 1933 (Fig. 144, a-g)  
*Mastogloia cannii* Kemp & Paddock 1990 (Fig. 145, a-f)  
*Mastogloia ciskeiensis* Giffen 1967 (Fig. 146, a-f)  
*Mastogloia cocconeiformis* A. Grunow 1860 (Fig. 147, a-f)  
*Mastogloia corsicana* (Grunow) H. Peragallo & M. Peragallo 1897 (Fig. 148, a-d)  
*Mastogloia cribrosa* Grunow 1860 (Fig. 149, a-d)  
*Mastogloia crucicula* (Grunow) Cleve 1895 (Fig. 150, a-f)  
*Mastogloia cuneata* (F. Meister) Simonsen 1990 (Fig. 151, d-g)  
*Mastogloia cyclops* Voigt 1942 (Fig. 152, a-f, Fig. 165, a, f)  
*Mastogloia elegans* Lewis 1865 (Fig. 153, a-d, Fig. 167, a-d)  
*Mastogloia emarginata* Hustedt 1933 (Fig. 154, a-i)  
*Mastogloia fimbriata* (T. Brightwell) Grunow 1863 (Fig. 155, a-l)  
*Mastogloia horvathiana* Grunow 1860 (Fig. 156, a-d)  
*Mastogloia inaequalis* Cleve 1895 (Fig. 157, a-f)  
*Mastogloia labuensis* var. *lanceolata* Hustedt 1933 (Fig. 151, a-c)  
*Mastogloia lacrimata* Voigt 1963 (Fig. 158, a-i)  
*Mastogloia lineata* Cleve & Grove 1891 (Fig. 159, a-f)  
*Mastogloia ovalis* A.W.F. Schmidt 1893 (Fig. 160, a-f)  
*Mastogloia ovata* Grunow 1860 (Fig. 161, a-f)  
*Mastogloia ovum-paschale* (A.W.F. Schmidt) A. Mann 1925 (Fig. 162, h-l)  
*Mastogloia punctatissima* (Greville) Ricard 1975 (Fig. 162, a-g)  
*Mastogloia quinquecostata* Grunow 1860 (Fig. 163, a-g)  
*Mastogloia strigilis* Hustedt 1933 (Fig. 164, a-f) NR  
*Mastogloia sublatericia* Hustedt 1933 (Fig. 166, a-f)  
*Mastogloia varians* Hustedt 1933 (Fig. 168, a-f) NR

**Género:** *Tetramphora*

*Tetramphora decussata* (Grunow) Stepanek & Kociolek 2016 (Fig. 199, a-b) NR  
*Tetramphora intermedia* (Cleve) Stepanek & Kociolek 2016 (Fig. 200, a-c) NR  
*Tetramphora lineolata* (Ehrenberg) Mereschkowsky 1903 (Fig. 201, a-d) NR  
*Tetramphora securicula* (Peragallo & Peragallo) Stepanek & Kociolek 2016 (Fig. 201, e) NR

**Orden:** Naviculales**Suborden:** Naviculineae**Familia:** Naviculaceae**Género:** *Caloneis*

*Caloneis elongata* (Grunow) Boyer 1927 (Fig. 93, m-n)  
*Caloneis liber* var. *umbilicata* (Grunow) Cleve 1894 (Fig. 93, l) NR  
*Caloneis linearis* (Cleve) Boyer 1927 (Fig. 93, b-k)

*Caloneis robusta* Cleve 1894 (Fig. 93, a) NR

**Género:** *Cymatoneis*

*Cymatoneis sulcata* (Greville) Cleve 1894 (Fig. 111, a-i) NR

**Género:** *Gyrosigma*

*Gyrosigma tenuissimum* (W. Smith) J.W. Griffith & Henfrey 1856 (Fig. 127, a-c)

**Género:** *Navicula*

*Navicula (Lyrella) applicita* Hustedt 1964 (Fig. 128, a-i) NR

*Navicula (Lyrella) approximata* var. *schleinitzii* (Janisch) Hustedt 1964 (Fig. 129, a-b) NR

*Navicula arenaria* Donkin 1861 (Fig. 169, a-d) NR

*Navicula cancellata* Donkin 1872 (Fig. 170, a-f) NR

*Navicula cincta* (Ehrenberg) Ralfs 1861 (Fig. 169, e)

*Navicula digitoconvergens* Lange-Bertalot 1999 (Fig. 171, j-k)

*Navicula digitoradiata* (W. Gregory) Ralfs 1861 (Fig. 168, l)

*Navicula directa* (W. Smith) Brébisson 1854 (Fig. 171, f) NR

*Navicula johanrossii* Giffen 1967 (Fig. 171, i)

*Navicula longa* var. *irregularis* Hustedt 1955 (Fig. 172, a-d) NR

*Navicula longa* var. *longa* (W. Gregory) Ralfs 1861 (Fig. 171, a-e, g-h)

*Navicula plicatula* Grunow 1894 (Fig. 173, a-f) NR

**Género:** *Seminavis*

*Seminavis basilica* Danielidis 2003 (Fig. 197, a-d)

*Seminavis delicatula* Wachnicka & Gaiser 2007 (Fig. 197, e-g)

**Familia:** Plagiotropidaceae

**Género:** *Plagiotropis*

*Plagiotropis lepidoptera* var. *proboscidea* (Cleve) Reimer 1975 (Fig. 180, a-g) NR

*Plagiotropis pusilla* (W. Gregory) Kuntze 1898 (Fig. 180, h)

*Plagiotropis vitrea* (W. Smith) Grunow 1880 (Fig. 181, a-j)

**Familia:** Pleurosigmataceae

**Género:** *Pleurosigma*

*Pleurosigma affine* Grunow 1880 (Fig. 182, a-c, Fig. 183, a-c, Fig. 184, a-e) NR

*Pleurosigma barbadense* Grunow 1880 (Fig. 185, a-c)

*Pleurosigma formosum* W. Smith 1852 (Fig. 186, a-c, Fig. 187, a-f) NR

*Pleurosigma inflatum* Shadbolt 1853 (Fig. 188, a-f) NR

*Pleurosigma intermedium* W. Smith 1853 (Fig. 189, a-c)

*Pleurosigma obscurum* var. *diminuta* H. Peragallo 1891 (Fig. 190, f-g) NR

*Pleurosigma obscurum* var. *macilentum* H. Peragallo in H. Peragallo & M. Peragallo 1898 (Fig. 190, a-e) NR

*Pleurosigma rigidum* W. Smith 1853 (Fig. 191, a-d) NR

**Género:** *Rhoicosigma*

*Rhoicosigma oceanicum* H. Peragallo 1891 (Fig. 192, a-e, Fig. 193, a-e) NR

**Género:** *Trachyneis*

*Trachyneis aspera* var. *aspera* (Ehrenberg) Cleve 1894 (Fig. 203, a-b, g, i-j)

*Trachyneis aspera* var. *oblonga* (J.W. Bailey) Cleve (Fig. 203, c-d)

*Trachyneis intermedium* (Grunow ex A.W.F. Schmidt) L.W. Bailey 1924 (Fig. 203, f) NR

*Trachyneis velata* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 203, k-l)

*Trachyneis vulgaris* (Cleve) Bailey 1924 (Fig. 203, e, h) NR

**Suborden:** Neidiineae

**Familia:** Amphipleuraceae

**Género:** *Halamphora*

*Halamphora* cf. *cuneata* (Cleve) Levkov 2009 (Fig. 92, j-m) NR

*Halamphora costata* (W. Smith) Levkov 2009 (Fig. 78, a-h) NR

*Halamphora cymbifera* (W. Gregory) Levkov 2009 (Fig. 92, a-d) NR

*Halamphora yundangensis* W.W. Wu, C.P. Chen & Y.H. Gao 2020 (Fig. 92, e-i) NR

**Familia:** Berkeleyaceae

**Género:** *Berkeleya*

*Berkeleya scopulorum* (Brébisson ex Kützing) E.J. Cox 1979 (Fig. 46, a-c) NR

**Género:** *Parlibellus*

*Parlibellus cruciculoides* (C. Brockmann) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin 2000 (Fig. 204, a-f)

*Parlibellus* sp. (Fig. 204, g-i)

**Suborden:** Diploneidinae

**Familia:** Diploneidaceae

**Género:** *Diploneis*

*Diploneis bombus* (Ehrenberg) Ehrenberg 1853 (Fig. 116, a-c)

*Diploneis campylodiscus* (Grunow) Cleve 1894 (Fig. 114, g) NR

*Diploneis chersonensis* (Grunow) Cleve 1892 (Fig. 115, a)

*Diploneis coffeiformis* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 114, h) NR

*Diploneis crabro* var. *crabro* (Ehrenberg) Ehrenberg 1854 (Fig. 112, a-g)

*Diploneis crabro* var. *dirrhombus* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 113, a-f, Fig. 115, f-i)

*Diploneis crabro* var. *omearae* Grunow 1894 (Fig. 114, a) NR

*Diploneis decipiens* var. *parallela* A. Cleve 1915 (Fig. 116, q-v) NR

*Diploneis didyma* (Ehrenberg) Ehrenberg 1839 (Fig. 117, a-d, Fig. 118, d-e)

*Diploneis didymus* (Ehrenberg) Ehrenberg 1845 (Fig. 118, a-c) NR

*Diploneis fusca* var. *major* (H. Peragallo & M. Peragallo) F.W. Mills 1934 (Fig. 119, a-d) NR

*Diploneis gruendleri* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 118, f) NR

*Diploneis incurvata* f. *stricta* Hustedt 1937 (Fig. 120, a-i) NR

*Diploneis incurvata* var. *dubia* Hustedt 1937 (Fig. 121, a-d) NR

*Diploneis littoralis* var. *clathrata* (Østrup) Cleve 1896 (Fig. 122, a-c)

*Diploneis littoralis* var. *littoralis* (Donkin) Cleve 1894 (Fig. 116, f-p)

*Diploneis nitescens* (W. Gregory) Cleve 1894 (Fig. 123, a-l) NR

*Diploneis papula* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 122, g)

*Diploneis parca* (A.W.F. Schmidt) Boyer 1927 (Fig. 116, d-e)

*Diploneis serratula* (Grunow) Hustedt 1937 (Fig. 114, b) NR

*Diploneis smithii* (Brébisson) Cleve 1894 (Fig. 114, c-f)

*Diploneis splendida* Cleve 1894 (Fig. 124, a-f) NR

*Diploneis subadvena* Hustedt 1937 (Fig. 115, b-c, e) NR

*Diploneis subcincta* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 125, a-d) NR

*Diploneis vacillans* var. *renitens* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 122, d)

*Diploneis vacillans* var. *vacillans* (A.W.F. Schmidt) Cleve 1894 (Fig. 122, e-f)

**Suborden:** Sellaphorineae

**Familia:** Sellaphoraceae

**Género:** *Fallacia*

*Fallacia biocolata* (Grunow ex A.W.F. Schmidt) D.G. Mann 1990 (Fig. 122, h-i) NR

**Orden:** Rhopalodiales

**Familia:** Rhopalodiaceae

**Género:** *Epithemia*

*Epithemia guettingeri* (Krammer) Lobban & J.S. Park 2018 (Fig. 126, a-g) NR

**Género:** *Rhopalodia*

*Rhopalodia musculus* (Kützing) O. Müller 1900 (Fig. 126, h-k) NR

**Orden:** Surirellales

**Familia:** Auriculaceae

**Género:** *Auricula*

*Auricula pulchra* (Greville) Cleve 1894 (Fig. 91, a-d) NR

**Familia:** Entomoneidaceae

**Género:** *Entomoneis*

*Entomoneis punctulata* (Grunow) K. Osada & H. Kobayasi 1990 (Fig. 178, a)

**Familia:** Surirellaceae

**Género:** *Campylodiscus*

*Campylodiscus brightwellii* Stodder 1861 (Fig. 94, a-b) NR

*Campylodiscus incertus* A.W.F. Schmidt 1875 (Fig. 96, a-d) NR

*Campylodiscus neofastuosus* Ruck & Nakov 2016 (Fig. 97, a-c)

*Campylodiscus ralfsii* W. Smith 1853 (Fig. 97, d)

*Campylodiscus simulans* W. Gregory 1857 (Fig. 94, c-f)

*Campylodiscus subangularis* Cleve & Möller 1891 (Fig. 98, a-d) NR

*Campylodiscus thuretii* Brébisson 1854 (Fig. 95, a-d, Fig. 99, a-g)

**Género:** *Coronia*

*Coronia ambigua* (Greville) Ruck & Guiry 2016 (Fig. 100, a-d)

**Género:** *Plagiodiscus*

*Plagiodiscus nervatus* Grunow 1867 (Fig. 179, a-f)

**Género:** *Surirella*

*Surirella lata* W. Smith 1853 (Fig. 198, a-d) NR

*Surirella recedens* A.W.F. Schmidt 1875 (Fig. 198, e-h) NR

**Orden:** Thalassiophysales

**Familia:** Catenulaceae

**Género:** *Amphora*

*Amphora arcuata* A.W.F. Schmidt 1875 (Fig. 72, a-h) NR

*Amphora arcus* W. Gregory 1855 (Fig. 73, a-f) NR

*Amphora bigibba* var. *bigibba* Grunow 1875 (Fig. 74, a-d)

*Amphora bigibba* var. *interrupta* (Grunow) Cleve 1895 (Fig. 75, a-d)

*Amphora biundulata* Bérard-Therriault, Cardinal & Poulin 1986 (Fig. 75, e-h)

*Amphora cingulata* Cleve 1875 (Fig. 76, a-f) NR

*Amphora contracta* Grunow 1875 (Fig. 77, a-h) NR

*Amphora costata* var. *inflata* (Grunow) H. Peragallo & M. Peragallo 1899 (Fig. 79, a-f) NR

*Amphora crassa* var. *campechiana* Grunow 1875 (Fig. 80, a-f)

*Amphora crassa* var. *crassa* W. Gregory 1857 (Fig. 81, a-j) NR

*Amphora egregia* Ehrenberg 1861 (Fig. 82, a-h) NR

*Amphora holsaticoides* T. Nagumo & H. Kobayasi 1990 (Fig. 83, a-h) NR

*Amphora immarginata* Nagumo 2003 (Fig. 86, a-n)

*Amphora maletractata* var. *constricta* (Heiden) Simonsen 2000 (Fig. 75, i-n)

*Amphora obtusa* var. *oceanica* (Castracane) Cleve 1895 (Fig. 85, a-b) NR

*Amphora ovalis* (Kützing) Kützing 1844 (Fig. 86, a-d) NR

*Amphora peragalloi* var. *balearica* H. Peragallo & M. Peragallo 1898 (Fig. 87, a-h) NR

*Amphora proteus* W. Gregory 1857 (Fig. 86, e-h)

*Amphora spectabilis* W. Gregory 1857 (Fig. 88, a-j) NR

*Amphora spriggerica* A.H. Wachnicka & E.E. Gaiser 2007 (Fig. 89, a-d) NR

*Amphora vaughanii* Giffen 1980 (Fig. 90, a-d) NR

**Familia:** Thalassiophysaceae

**Género:** *Thalassiophysa*

*Thalassiophysa hyalina* (Greville) Paddock & P.A. Sims 1981 (Fig. 202, a-b) NR

**Subclase:** Fragilariophycidae

**Orden:** Cyclophorales

**Familia:** Cyclophoraceae

**Género:** *Cyclophora*

*Cyclophora tenuis* Castracane 1878 (Fig. 50, f-j) NR

**Familia:** Entopylaceae

**Género:** *Gephyria*

*Gephyria media* Walker-Arnott 1860 (Fig. 53, a-j) NR

**Orden:** Licmophorales

**Familia:** Licmophoraceae

**Género:** *Licmophora*

*Licmophora clevei* (Mereschkowsky) Car & Herwig 2015 (Fig. 61, a-e) NR

*Licmophora debilis* (Kützing) Grunow 1881 (Fig. 62, f-g)

*Licmophora flabellata* var. *flabellata* (Greville) C. Agardh 1831 (Fig. 62, d-e)

*Licmophora flabellata* var. *splendida* (Greville; W. Smith) Peragallo & Peragallo 1901

(Fig. 62, a) NR

*Licmophora gracilis* (Ehrenberg) Grunow 1867 (Fig. 62, j-l)

*Licmophora paradoxa* (Lyngbye) C. Agardh 1828 (Fig. 62, i)

*Licmophora remulus* (Grunow) Grunow 1867 (Fig. 62, h)

*Licmophora tinctoria* (C. Agardh) Grunow 1868 (Fig. 62, b-c) NR

**Género:** *Podocystis*

*Podocystis adriatica* (Kützing) Ralfs 1861 (Fig. 64, b, e, f, i) NR

*Podocystis javanica* Reinhold 1937 (Fig. 64, d, g, h, j-l) NR

*Podocystis spathulata* (Shadbolt) Van Heurck 1896 (Fig. 64, a-c)

**Familia:** Ulnariaceae

**Género:** *Falcula*

*Falcula media* Voigt 1960 (Fig. 51, a-d)

*Falcula paracelsiana* Voigt 1961 (Fig. 52, a-c) NR

**Género:** *Hyalosynedra*

*Hyalosynedra laevigata* (Grunow) D.M. Williams & Round 1986 (Fig. 59, a-j)

**Género:** *Tabularia*

*Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijs 1992 (Fig. 69, a-g) NR

**Orden:** Rhabdonematales

**Familia:** Grammatophoraceae

**Género:** *Grammatophora*

*Grammatophora caribaea* Cleve 1878 (Fig. 55, a-d, j, o-q) NR

*Grammatophora gallopagensis* Grunow 1881 (Fig. 56, d-h, Fig. 57, a-i, n-q)

*Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing 1844 (Fig. 56, i-p)

*Grammatophora merletta* Hanna & Grant 1926 (Fig. 55, k-n, Fig. 56, a-c)

*Grammatophora oceanica* var. *oceanica* Ehrenberg 1840 (Fig. 55, g, h, i, r-x)

*Grammatophora oceanica* var. *subtilissima* (Bailey) Grunow 1881 (Fig. 58, o-t)

*Grammatophora serpentina* Ehrenberg 1844 (Fig. 57, j-m)

*Grammatophora undulata* Ehrenberg 1840 (Fig. 58, a-n)

**Género:** *Hyalosira*

*Hyalosira tropicalis* J.N. Navarro 1992 (Fig. 204, j)

**Familia:** Rhabdonemataceae

**Género:** *Rhabdonema*

*Rhabdonema adriaticum* Kützing 1844 (Fig. 65, a-h)

**Familia:** Tabellariaceae

**Género:** *Asterionella*

*Asterionella bleakeleyi* W. Smith 1856 (Fig. 45, a-e) NR

**Subclase:** Urneidophycidae

**Orden:** Koernerellales

**Familia:** Koernerellaceae

**Género:** *Koernerella*

*Koernerella recticostata* (Körner) Ashworth, Lobban & E.C. Theriot 2011 (Fig. 60, a-c) NR

**Orden:** Plagiogrammales

**Familia:** Plagiogrammaceae

**Género:** *Glyphodesmis*

*Glyphodesmis williamsonii* f. *lanceolata* (H. Peragallo & M. Peragallo) Hustedt 1931 (Fig.

54, a-i) NR

**Género:** *Plagiogramma*

*Plagiogramma validum* Greville 1859 (Fig. 63, a-h) NR

**Género:** *Talaroneis*

*Talaroneis* sp. (Fig. 66, h-l)

**Orden:** Rhaphoneidales

**Familia:** Psammodiscaceae

**Género:** *Psammodiscus*

*Psammodiscus calceatus* T. Watanabe, T. Nagumo & J. Tanaka 2013 (Fig. 27, a-l) NR

*Psammodiscus nitidus* (W. Gregory) Round & D.G. Mann 1980 (Fig. 28, a-l)

**Familia:** Rhaphoneidaceae

**Género:** *Delphineis*

*Delphineis minutissima* (Hustedt) Simonsen 1987 (Fig. 66, o-p)

**Género:** *Neodelphineis*

*Neodelphineis silenda* (M.H. Hohn & J. Hellerman) N. Desianti & M. Potapova 2015 (Fig.

66, m-n)

**Género:** *Rhaphoneis*

*Rhaphoneis amphiceros* var. *amphiceros* (Ehrenberg) Ehrenberg 1844 (Fig. 66, d-g)

*Rhaphoneis amphiceros* var. *tetragona* Grunow 1882 (Fig. 67, a-f) NR

**Clase:** Bacillariophyceae *incertae sedis*

**Orden:** Bacillariophyceae ordo *incertae sedis*

**Familia:** Bacillariophyceae familia *incertae sedis*

**Género:** *Ralfsiella*

*Ralfsiella smithii* (Ralfs) P.A. Sims, D.M. Williams & Ashworth 2018 (Fig. 33, a-f) NR



Foto por: Ramiro Arcos

